



Studio di Geologia **Calderini**

di Dott. Geol. Francesco Calderini
via Cairoli, 3 - studio piazza Giacconi, 16
56040 Castellina M.ma (PI)

RELAZIONE GEOLOGICA

Allegati: A5, A15, A16 per deposito Genio Civile

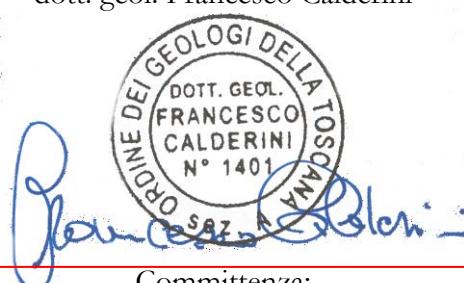
A SUPPORTO DEL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DEL PALAZZO COMUNALE DI BARBERINO DI MUGELLO

REGIONE TOSCANA
CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE
COMUNE DI BARBERINO DI
MUGELLO
loc. capoluogo
via della Repubblica, 24



novembre 2018

dott. geol. Francesco Calderini



Committenza:
Comune di Barberino di Mugello

Ordine dei Geologi della Toscana n° 1401

Polizza assicurativa professionale Unipol n. 122/048856122

E.P.A.P. matricola n. 022360 U

Codice Fiscale: CLDFNC72R03G702I

Partita I.V.A.: 01992410504

mob.: +39.349.6359175

PEC: francescocalderini.geologia@epap.sicurezzapostale.it

www.geologiacalderini.com

info@geologiacalderini.com

geologiacalderini@gmail.com

INDICE

PARAGRAFI

RELAZIONE GEOLOGICA (A5)

1. Premessa	pg. 3
1.1. Quadro normativo	3
1.2. Obiettivi dello studio	4
1.3. Ubicazione	4
1.4. Inquadramento vincolistico	5
1.5. Inquadramento pianificatorio e urbanistico	5
1.6. Classe e metodologia d'indagine	10
2. Inquadramento geologico e strutturale	11
3. Aspetti geomorfologici	15
4. Aspetti idraulici	16
5. Aspetti idrogeologici	16
6. Modello geologico	17
7. Modellazione geotecnica	17
7.1. Indagini geognostiche	17
7.2. Parametrizzazione geotecnica e modello geotecnico	22

RELAZIONE SISMICA (A15)

8. Pericolosità ed azione sismica	24
9. Analisi di risposta sismica locale (RSL)	31
10. Verifica della suscettibilità di liquefazione	36
11. Osservazioni conclusive	38

ALLEGATI

INDAGINI GEOLOGICHE (A16)

- A) Elaborati indagine sismica a rifrazione d'archivio ST14
- B) Elaborati sondaggio d'archivio S5
- C) Elaborati analisi di laboratorio d'archivio sui campioni C1S5 e C2S5
- D) Elaborati indagine sismica in foro (down hole) d'archivio DHS5
- E) Elaborati nuova prova penetrometrica DPSH1

- F) Elaborati analisi di Risposta Sismica Locale (RSL)
- G) Sezione geologica-sismica-geotecnica interpretativa A-A'
- H) Sezione geologica-sismica-geotecnica interpretativa B-B'

RELAZIONE GEOLOGICA

1. Premessa

Su incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Barberino di Mugello (Determinazione del Responsabile Settore Lavori Pubblici n. 682 del 21/09/2016) è stata condotta un'indagine geologico-sismica nel Comune di Barberino di Mugello (FI), nel capoluogo, dove è in progetto il miglioramento sismico del Palazzo Comunale, edificio strategico.

La presente relazione è stata condotta ai sensi del d.m. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) in quanto, come ammesso dalle più recenti NTC 2018 (d.m. 17 gennaio 2018), il progetto è stato avviato in vigenza della norma del 2008.

Rispetto alla relazione geologica del 2009, redatta dallo scrivente per le verifiche sismiche ai sensi del O.P.C.M. 3362/04, in osservanza alle indicazioni del d.m. 14/09/2005, in questa occasione sono state condotte ulteriori indagini geognostiche in grado di estendere ed affinare i parametri geotecnici utilizzati al tempo e nuove elaborazioni di risposta sismica locale (RSL) previste dallo strumento urbanistico vigente.

Attualmente l'edificio scolastico risulta costituito come dalla seguente scheda del Settore Sismica della Regione Toscana.

PALAZZO COMUNALE			SCHEDA Nº4	
VIALE DELLA REPUBBLICA	LOC. CAPOLUOGO	ENTE PROPRIETARIO: COMUNE		
Il complesso edilizio è un aggregato strutturale composto da due edifici: ed 1 palazzo comunale in muratura edificio n. 2 edificio privato	SUPERFICIE TOTALE MQ 975	FINANZIAMENTI PER INDAGINI € 29.780,00 (PRAA 2004-06-OPCM 3362/04 PV)		
	VOLUME TOTALE MC 3.960	FINANZIAMENTI PER INTERVENTI € 498.120,00 (OPCM 4007/2012)		
EDIFICIO 1	MURATURA	<p>Si procederà alla descrizione dell'edificio n.1 oggetto della verifica, omettendo l'edificio n.2 di proprietà privata.</p> <p>Il palazzo Comunale in muratura è costruito in aderenza (su una porzione del lato tergale) con un altro edificio, sempre in muratura, più basso di proprietà privata. L'edificio presenta una copertura a padiglione in legno. Le strutture portanti verticali, sono costituite da murature a doppio paramento in pietrame arrotondato di fiume con elementi di pezzatura disomogenea.</p> 	EPOCA DI COSTRUZIONE 1900	TIPO DI INTERVENTO:
		NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO NESSUNA	SUPERFICIE EDIFICO MQ 975	
		VOLUME EDIFICO MC 3.960	INDAGINI REGIONALI	STATO ATTUALE: Valutazione delle verifiche tecniche sismiche.
		<input checked="" type="checkbox"/> VSM VULNERAB. PREL.	<input type="checkbox"/> VSCA	
		<input checked="" type="checkbox"/> VEL SUOLO CAT E		

Fig. 1 – Scheda dell'aggregato strutturale in oggetto (fonte: Edifici pubblici strategici e rilevanti nelle aree soggette a rischio sismico, 2016, Regione Toscana, Settore Sismica)

Per dettagli tecnici più specifici riguardanti l'intervento si rimanda ai corrispondenti elaborati progettuali

1.1. Quadro normativo

Lo studio effettuato trova i presupposti nella normativa di seguito sinteticamente elencata:

- l. 2 febbraio 1974, n. 64;
- d.p.r. 6 giugno 2001, n. 380 e ss.mm.ii.: Testo Unico sull'Edilizia;
- Eurocodice 7.1 (2005) – Progettazione geotecnica (Parte I) – Regole Generali (UNI EN 1997-1:2005);
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica (Parte II) – Progettazione assistita da prove di laboratorio (UNI EN 1997-2:2002);
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica (Parte III) – Progettazione assistita da prove in situ(UNI EN 1997-3:2002);
- Eurocodice 8 (2005) “Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (UNI EN 1998-5:2005);
- d.m. 14 gennaio 2008: Norme Tecniche per le Costruzioni (in quanto progetto avviato in vigenza di tale norma);
- Circolare “finalissima” M.I.T.- C.S.L.P. del 2 febbraio 2009, n. 617;
- Circolare M.I.T. 11 dicembre 2009;
- d.lgs 152/2006 e ss.mm.ii.: “Norme in materia ambientale”;
- l. 221/2015;

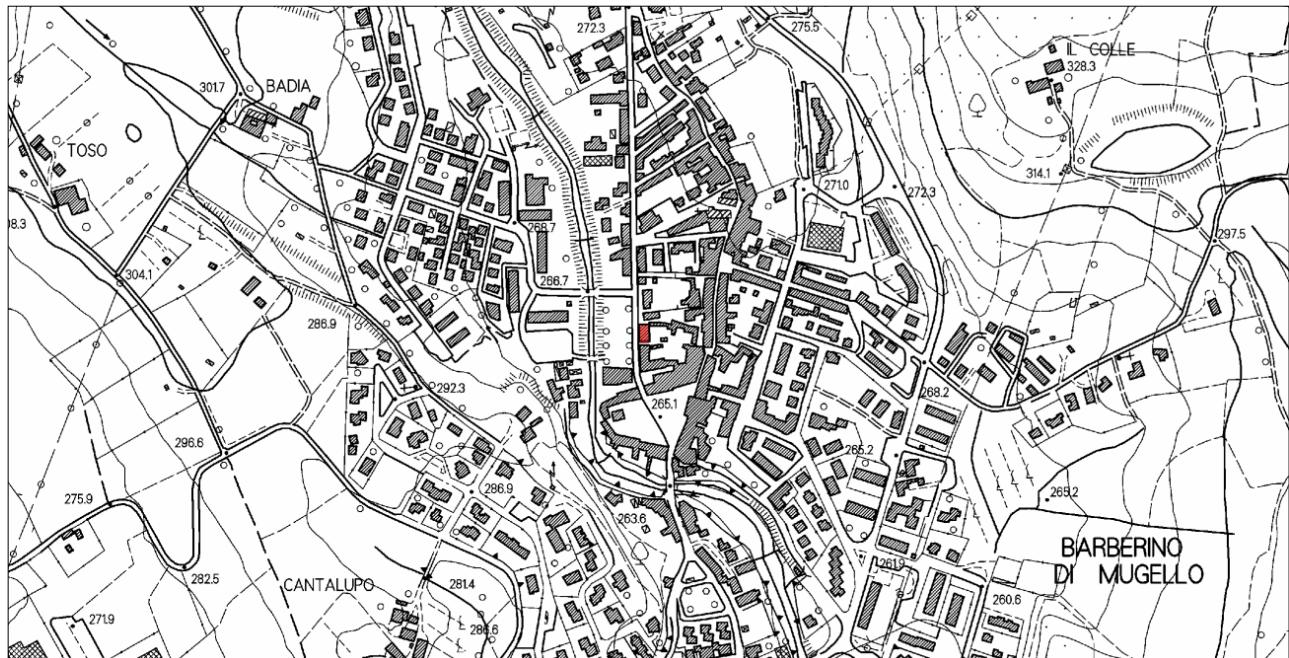
- d.m. 294/2016: istituzione delle autorità di bacino distrettuali;
- direttiva 2007/60/CE: "Direttiva alluvioni";
- d.lgs. 49/2010: "decreto di recepimento della Direttiva Alluvioni";
- d.p.c.m. 27 ottobre 2016: (P.G.R.A.) Approvazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale, pubblicato in G.U. n. 28 del 03/02/2017;
- l.r. 41/2018: "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua.....";
- d.p.c.m. 06 maggio 2005: Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Arno;
- d.c.r.t. 24 luglio 2007, n. 72: Piano di Indirizzo Territoriale; art. 36;
- d.c.r.t. 27 marzo 2015, n. 37: Piano di Indirizzo Territoriale con valenza di Piano Paesaggistico (PIT-PPT);
- d.p.g.r. 09 febbraio 2007, n. 2/R, artt. 16 e 17;
- d.p.g.r. del 25 ottobre 2011, n. 53/R;
- d.p.g.r.t. 09 luglio 2009, n. 36/R: Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2 della l.r. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;
- d.g.r.t. 26 maggio 2014, n. 421: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'o.p.c.m. 3519/2006 ed ai sensi del d.m. 14/01/2008;
- d.p.g.r. del 22 ottobre 2012, n. 58/R;
- del.c.p. n. 1 del 10/01/2013 (PTCP Provincia di Firenze, Variante di adeguamento);
- l.r. 65/2014 e ss.mm.ii.: Norme per il governo del territorio;
- strumenti della pianificazione territoriale e atti di governo del territorio comunali vigenti;
- Relazione geologica inerente le indagini geognostiche VEL per il Palazzo Comunale (F. Calderini, 2007);
- Relazione geologica inerente le verifiche sismiche (O.P.C.M. 3362/04, in osservanza alle indicazioni del d.m. 14/09/2005) per il Palazzo Comunale (F. Calderini, 2009).

1.2. Obiettivi dello studio

Il presente studio si propone lo scopo di effettuare una caratterizzazione geologica, idrogeologica, idraulica, sismica e geotecnica del sottosuolo di fondazione relativamente all'intervento in progetto al fine di fornire i parametri sismici e geotecnici caratteristici, necessari alla progettazione dell'intervento.

1.3. Ubicazione

L'edificio in oggetto, individuato nella sezioni 252150 10k e 21k12-liv.3-2001 2k della C.T.R., è situato nel settore centro-settentrionale dell'abitato di Barberino di Mugello (FI), sul lato orientale di viale della Repubblica, al civico 24.



Le coordinate catastali dell'area in oggetto sono le seguenti: Foglio 96; Particella 226, del N.C.E.U. del Comune di Barberino di Mugello.

Le coordinate in gradi decimali (WGS 84), riferite circa al baricentro piano dell'edificio, risultano le seguenti:

latitudine	44.000395°
longitudine	11.238581°

Le coordinate in gradi decimali (ED 50), riferite circa al baricentro piano dell'edificio, risultano le seguenti:

latitudine	44,001347°
longitudine	11,239568°

Tali coordinate sono definite con maggiore accuratezza rispetto a quelle individuate nelle verifiche sismiche del 2009, e sostanzialmente non hanno riflessi significativi sugli aspetti numerici dei parametri sismici.

1.4. Inquadramento vincolistico

L'edificio di cui trattasi risulta soggetto al vincolo paesaggistico-ambientale (d.lgs. 42/04).

L'area indagata non risulta perimettrata dal vincolo idrogeologico (r.d. 3267/1923 e l.r. 39/00).

L'area indagata non risulta perimettrata da vincolo archeologico esteso (lett. m, comma 1, art. 142 del d.lgs. 42/04).

L'area indagata non risulta inserita nella zona di rispetto per pozzi di captazione di acque idropotabili (d.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. art. 94, d.p.r. 236/88 art. 6).

L'area in esame risulta distante circa 60 m lineari dalla sponda sinistra del Torrente Stura (FI2879), corso d'acqua inserito nel reticolo idrografico regionale di cui alla l.r. 79/2012 e ss.mm.ii., pertanto non è soggetta alle misure di salvaguardia derivanti dall'art. 96.f del r.d. 523/1904.

Analogamente non risulta soggetta alle misure dell'art. 3 (Tutela dei corsi d'acqua) della l.r. 41/2018 (“Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua.....”).

1.5. Inquadramento pianificatorio e urbanistico

In riferimento alla pericolosità idraulica, ai sensi del vigente Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) Appennino Settentrionale, l'area in oggetto **risulta classificata a pericolosità elevata P3** (*alluvioni frequenti*, la classe più alta).

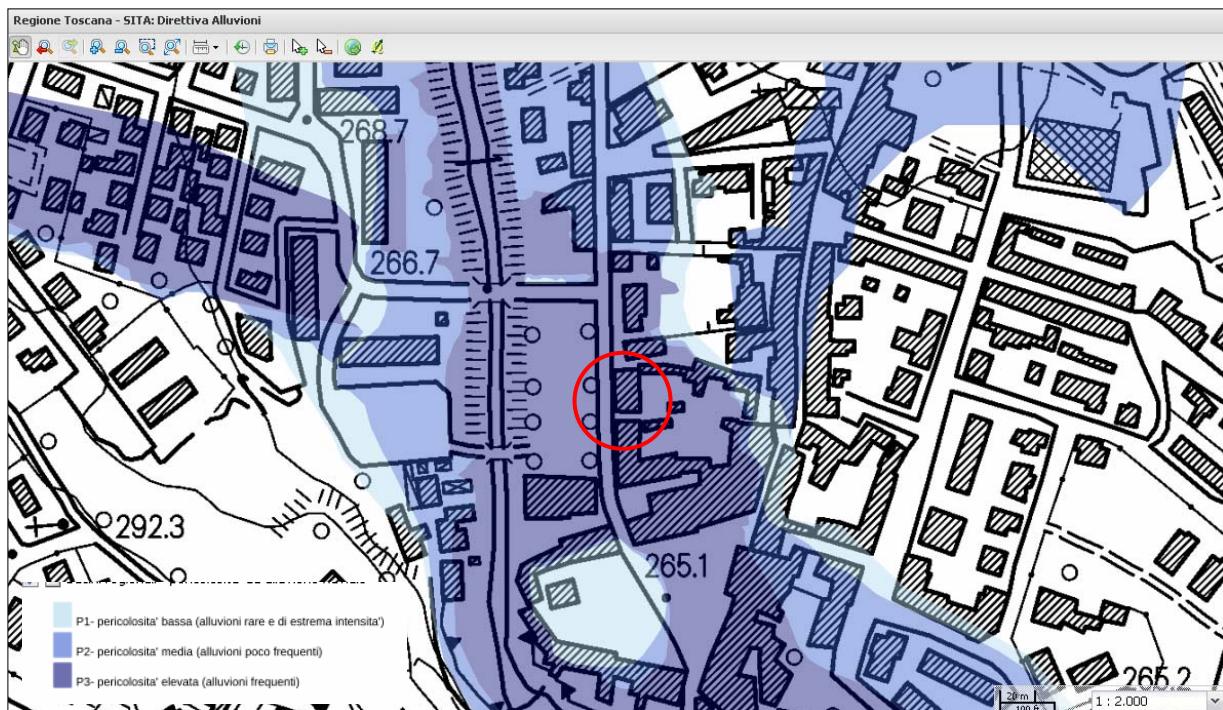


Fig. 3 – Pericolosità idraulica del PGRA vigente (in rosso l'area di interesse, non in scala)

Nella Carta di pericolosità idraulica del RUC vigente l'area in oggetto ricade in: **Pericolosità idraulica molto elevata - classe I.4** – “*aree interessate da allagamenti per eventi con $T_r \leq 30$ anni*”.

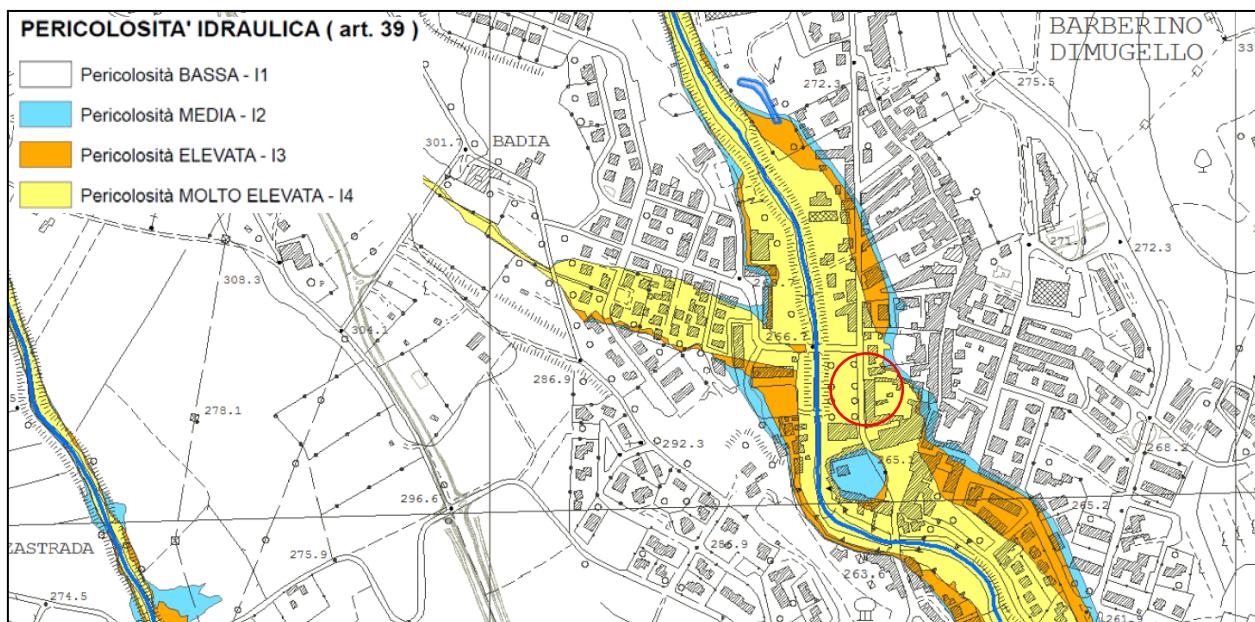


Fig. 4 – Pericolosità idraulica del RUC vigente (in rosso l'area di interesse, non in scala)

Dal punto di vista della pericolosità geomorfologica il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Arno (d.p.c.m. 06 maggio 2005, stralcio 25k n. 9, mod. con decc. nn. 61/12, 50/14, stralcio 10k n. 40, mod. con decc. nn. 61/12) classifica questo settore in pericolosità geomorfologica moderata - **P.F.1**, corrispondente ad *aree apparentemente stabili ed interessate da litologie con caratteri favorevoli alla stabilità dei versanti che, talora, possono essere causa di rischio reale o potenziale moderato*. Tale classificazione è relativa solo, per la cartografia 25k, al settore orientale dell'edificio, la porzione occidentale del fabbricato non risulta classificata. Nella cartografia 10k l'area intera risulta non classificata.

Nella carta di pericolosità geomorfologica del RUC vigente, l'area ricade in **pericolosità geologica medio-bassa - Classe G.2a** – “*aree a bassa pendenza su depositi alluvionali*” (ex d.p.g.r. 53/R/2009).

Nell'area in esame non insistono perimetrazioni di pericolosità geologica per presenza di ex aree minerarie (art. 39 delle NTA del RUC).

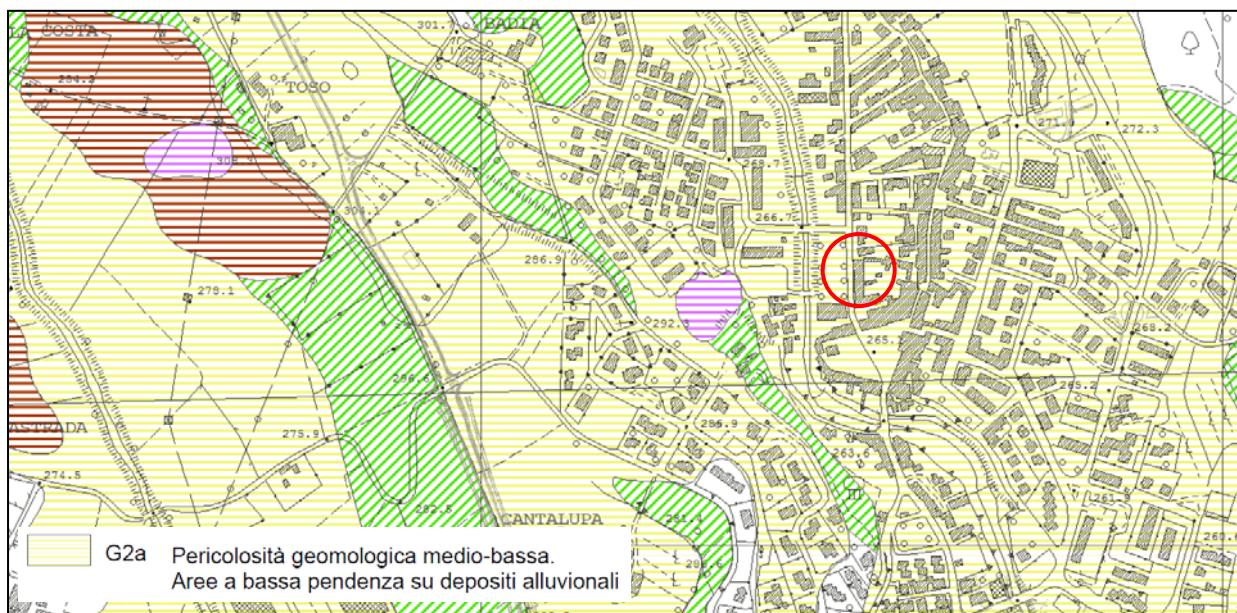


Fig. 4 – Pericolosità geologica del RUC vigente (in rosso l'area di interesse, non in scala)

Il PTCP della Provincia di Firenze (approvata la Variante di revisione ed adeguamento con del.c.p. n. 1 del 10/01/2013, v. Carta del grado di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento) individua per l'area in esame una vulnerabilità alta (classe A) in corrispondenza delle litologie alluvionali granulari. Per le aree in classe A costituite da depositi alluvionali terrazzati come nel caso in esame valgono le prescrizioni della classe superiore E (elevata): “*Nelle aree in classe E deve essere evitato l'insediamento di infrastrutture e/o attività potenzialmente inquinanti, ad es.: discariche di R.S.U., stoccaggio di sostanze inquinanti, depuratori, depositi di carburanti, pozzi neri a dispersione, spandimenti di liquami, etc. Le fognature devono essere alloggiate in manufatti impermeabili. Deroghe a queste limitazioni possono essere ammesse solo in seguito a specifiche indagini geognostiche ed idrogeologiche che accertino situazioni locali di minore vulnerabilità intrinseca delle falde: a tal fine deve essere misurata la permeabilità di livelli posti al di sopra dell'acquifero, calcolando sperimentalmente il "tempo di arrivo" di un generico inquinante idroveicolato*”.

Nella **Carta idrogeologica** e della vulnerabilità facente parte dello Studio Geologico di supporto al Piano Strutturale comunale (2005), l'area ricade totalmente in **Vulnerabilità potenziale alta - VE** - “*Il rischio effettivo è legato ad attività agricolo-zootecniche, alla dispersione degli scarichi civili nel suolo e nel sottosuolo, alle perdite accidentali di reflui industriali, fognari, eluati di discariche di RSU, ed abusivi, dove i fattori predisponenti risultano essere la bassa pendenza dei terreni e la presenza di pozzi non protetti*”.

Alle classi di vulnerabilità si applicano integralmente le corrispondenti norme del PTC vigente.

Per le zone del territorio interessate dalla redazione della “Carta di Microzonazione sismica di livello 3” condotto nell’ambito della Variante al RUC 2/2012 (aggiornamento del dicembre 2013, approvazione febbraio 2014), questa rappresenta la cartografia di pericolosità sismica di cui al regolamento regionale 53/R/2011 che permette di individuare le condizioni di fattibilità sismica degli interventi.

L'area è interessata da tale cartografia e ricade in zona F di amplificazione sismica (fattore di amplificazione di Housner-fH compreso tra 1,5 e 2 Hz).

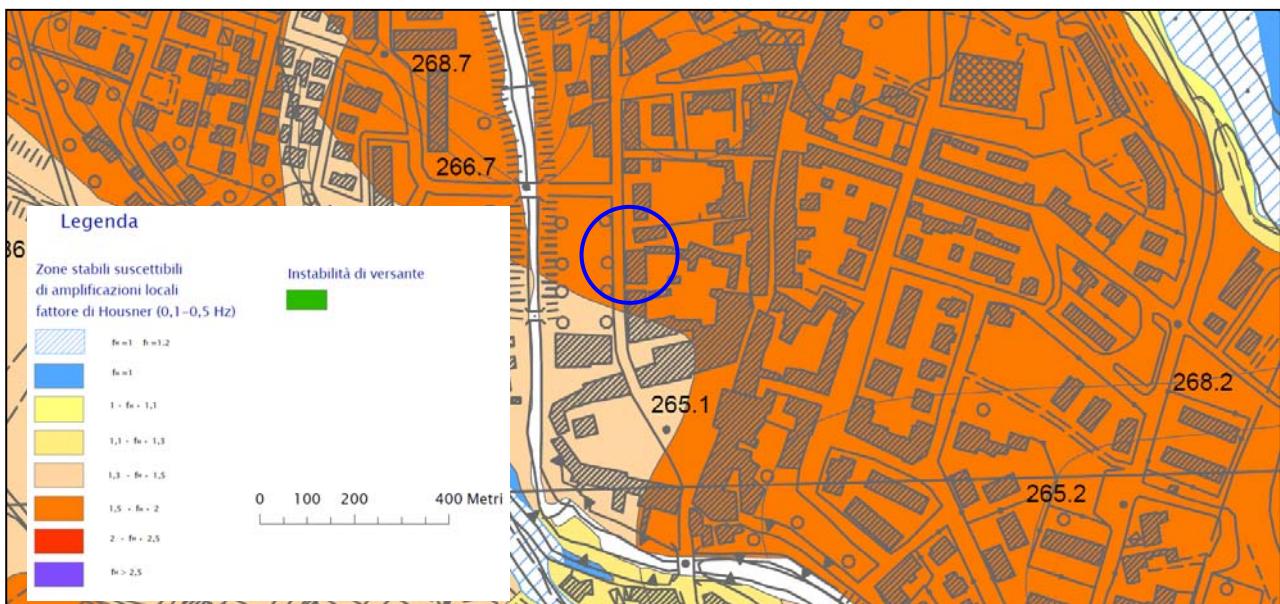


Fig. 6 – Microzona sismica di livello 3 del RUC vigente (in blu l'area di interesse, non in scala)

Alla zona F, secondo lo studio geologico di supporto al RUC, corrisponde la **pericolosità sismica locale elevata S3**: “zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-mecaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri” (ex d.p.g.r. 53/R/2009).

Siamo nell’UTOE n. 1 Barberino.

Ai sensi della NTA del RUC vigente (Tabelle A, B per interventi minori su patrimonio edilizio esistente di cui alla Relazione Geologica di supporto al RUC), in riferimento al presente intervento assimilabile a **manutenzione straordinaria** (art. 135 comma 2, lettera b della l.r. 65/2014), si esprimono le seguenti condizioni di fattibilità.

Fattibilità idraulica

In conseguenza dell’attribuzione di pericolosità idraulica molto elevata I.4, in relazione agli aspetti idraulici, si attribuisce per l’intervento in esame una **Fattibilità con normali vincoli - F.I.2**. “Non sono dettate particolari condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico a meno delle seguenti:

- deve essere garantita la continuità del reticolo idraulico esistente, compresi i fossi poderali e quelli intubati; nel caso di interventi che modifichino l’organizzazione del drenaggio dovrà essere assicurata uguale capacità di invaso e di funzionalità della rete; devono pertanto essere svolte verifiche idrauliche sul reticolo minore qualora presente e definiti i relativi interventi di messa in sicurezza qualora necessari.
- devono essere individuati i necessari accorgimenti per limitare l’impermeabilizzazione del suolo, anche al fine di non gravare sul sistema fognario esistente”.

Fattibilità geologica

In conseguenza dell’attribuzione di pericolosità geologica medio-bassa G.2a, di cui ai paragrafi relativi, in relazione agli aspetti geomorfologici e geotecnici, si attribuisce per l’intervento in esame una **Fattibilità senza particolari limitazioni - F.G.1**.

Gli interventi di manutenzione straordinaria previsti sono realizzabili senza condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico.

Fattibilità sismica

In conseguenza dell'attribuzione di pericolosità sismica elevata S.3, di cui ai paragrafi relativi, in relazione agli aspetti sismici di amplificazione locale, si attribuisce per l'intervento in esame una **Fattibilità condizionata - F.S. 3.**

“- nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geologica, devono essere realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell’azione sismica. Si consiglia l’utilizzo di metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello 2D del sottosuolo al fine di ricostruire l’assetto sepolto del fenomeno gravitativo. E’ opportuno che tali indagini siano tarate mediante prove geognostiche dirette con prelievo di campioni su cui effettuare la determinazione dei parametri di rottura anche in condizioni dinamiche e cicliche. Tali indagini sono in ogni caso da rapportare al tipo di verifica (analisi pseudostatica o analisi dinamica), all’importanza dell’opera e al meccanismo del movimento del corpo franoso;

- nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, devono essere realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alle verifiche dei sedimenti;

- in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse e in presenza di aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, è realizzata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l’entità del contrasto di rigidità sismica; è opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche dirette;

- nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, è realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l’entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico. Nelle zone di bordo della valle, per quanto attiene alla caratterizzazione geofisica, è preferibile l’utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo (sismica a rifrazione/riflessione) orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico e/o sismico.

Per le aree ricadenti in “Zona 8b” e “Zona 9b” delle MOPS di livello 1 associate ad una pericolosità sismica S.3, la fattibilità F.S.3 permane qualora lo spessore delle coperture non superi i m 30; in caso contrario si rimanda alla categoria di fattibilità sismica F.S.2.

Per le aree classificate come zone E, F, G e H dallo studio di microzonazione sismica di livello 3 -corrispondenti ad un livello di pericolosità sismica elevata F.S.3- si ritiene obbligatorio che la progettazione di edifici strategici e/o rilevanti ricadenti in classi di indagine 3 e 4 (di cui al reg. regionale 36R/2009) sia effettuata mediante l’ausilio di analisi di risposta sismica locale di sito, adottando le condizioni più cautelative tra quelle ricavate dall’analisi di sito e quelle ottenute mediante la definizione delle categorie di sottosuolo di cui alle NTC 2008”.

Prescrizioni generali per aspetti idrogeologici (aree VE): in fase di cantiere tutte le operazioni dovranno essere accompagnate da misure di prevenzione nei confronti di inquinanti accidentali sul suolo e in scavi aperti

Si riassumono di seguito le classificazioni di fattibilità.

	Grado di pericolosità		
	Classe di Pericolosità Idraulica	Classe di Pericolosità Geologica	Classe di Pericolosità Sismica
	I.4 – molto elevata	G.2a – medio bassa	S.3 - elevata
Classe di fattibilità	F.I.2	F.G.1	F.S.3

1.6. Classe e metodologia d'indagine

Ai sensi e per i fini del regolamento 36/R di cui al d.p.g.r. del 09 luglio 2009, art. 7 comma 4 in quanto edificio strategico, l'intervento in progetto ricade in:

Classe d'indagine (ex 36/R/2009)	descrizione
4	<p>riferita ad opere di volume lordo superiore a seimila metri cubi o, in ogni caso, se l'altezza in gronda è superiore a venti metri. Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante prove sismiche in foro. In presenza di problematiche di versante sono altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici, attrezzati con inclinometri ove si ricada nella zona classificata dal piano strutturale o dal regolamento urbanistico di pericolosità geomorfologica molto elevata (G4), secondo la definizione di cui all'allegato A, paragrafo c, del d.p.g.r.26/R/2007</p>

Il programma di indagine, definito in funzione delle problematiche in oggetto e dell'assetto geomorfologico e logistico del lotto è stato articolato secondo le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica preliminare sulle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni affioranti in loco;
- consultazione della cartografia geologica C.A.R.G.;
- consultazione della cartografia di pericolosità idraulica del PGRA;
- consultazione della cartografia di pericolosità da frana del PAI Arno;
- consultazione degli Studi Geologici redatti a supporto degli strumenti urbanistici comunali vigenti;
- consultazione ed acquisizione delle cartografie e dei dati delle indagini realizzate in loco nell'ambito dei programmi regionali VEL e DOCUP della regione Toscana (in particolare **ST14**, **S5** con relative prove geotecniche e di laboratorio, **DHS5**);
- consultazione dei dati delle indagini di misura passiva del rumore sismico realizzati dal Laboratorio di Geofisica Sperimentale del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze nell'ambito della Microzonazione Sismica Strumentale del Comune di Barberino di Mugello commissionato dalla Regione Toscana;
- rilevamento diretto dell'area e di un suo congruo intorno;
- realizzazione n. 1 prova penetrometrica dinamica **DPSH1** in prossimità dello spigolo nord-occidentale dell'edificio;
- n. 2 analisi di risposta sismica locale (**RSL**) monodimensionale su due verticali ubicate a nord e a sud dell'edificio per tempi di ritorno (101 e 949 anni) richiesti dal Progettista dell'intervento;
- n. 2 ulteriori analisi di risposta sismica locale (**RSL**) monodimensionale sulla verticale più conservativa (settore sud) per tempi di ritorno (35 e 77 anni) richiesti dal Progettista ai fini della richiesta di finanziamento pubblico;
- elaborazione ed interpretazione di tutti i dati acquisiti.

2. Inquadramento geologico e strutturale

Da un punto di vista geologico regionale, siamo in piena catena orogenica appenninica, caratterizzata da falde e sovrascorimenti, dovuti a tettonichepressive con vergenza nord orientale. L'edificio strutturale che ne consegue risulta costituito dalla sovrapposizione di successioni di domini paleogeografici di provenienza progressivamente più "esterna" rispetto alla catena. A partire dal Miocene medio (in un regime tettonico prevalentemente estensionale secondo il modello classico, oppure in un ambito prevalentemente compressivo secondo modelli più recenti - Boccaletti *et alii*, 1995), si determina il collasso dell'edificio strutturale, con la formazione di fosse tettoniche nelle quali si instaurano bacini che, riempiti dalle acque, divengono sede di sedimentazioni marine (Toscana occidentale) e fluvio-lacustri (Bacino del Mugello). Successivamente, dal Pleistocene inferiore, la sedimentazione acquista caratteri esclusivamente fluviali.

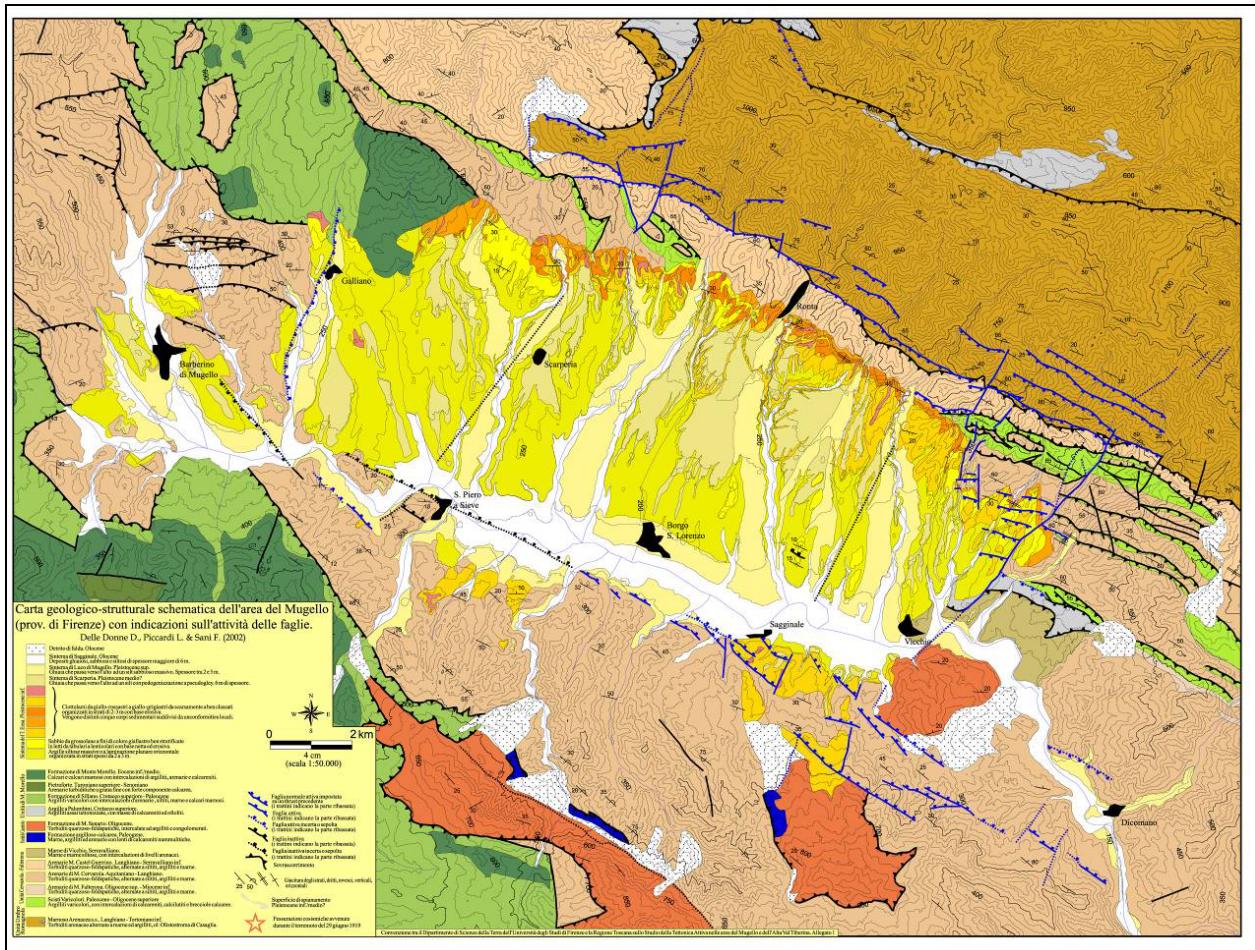


Fig. 7 – Inquadramento geologico e tettonico dell'area del Mugello (Delle Donne, Piccardi, Sani, 2002).

Nel Comune di Barberino del Mugello affiorano litologie appartenenti ad unità tettoniche diverse, sovrascorse le une sulle altre. Le più interne e geometricamente più alte sono le Unità tettoniche Liguri che si sovrappongono alle Unità tettoniche del Dominio Toscano. Nel settore meridionale del Comune di Barberino di Mugello (frazioni di Cavallina e Latera) l'Unità tettonica Morello è sovrascorsa sull'Unità tettonica Falterona. La superficie di accavallamento tra le due Unità è rappresentata da un *thrust* ubicato in questa zona a quote diverse, presumibilmente per la presenza di faglie sepolte che ne interrompono la continuità. La Formazione di Sillano (che qui rappresenta l'Unità tettonica Morello) si presenta con assetto scompaginato e giaciture degli strati mal riconoscibili. Rispettivamente a SE di Barberino di Mugello e a NW di San Piero a Sieve, in corrispondenza dell'invaso del Bilancino, è presente una strettoia morfologica costituita dal substrato roccioso che separa il bacino principale ad est da quello minore, comprendente Barberino e Cavallina, ad ovest (vedi Fig. 7).

Il sistema di faglie presente nell'area, detto anche Sistema della Sieve, è ritenuto da alcuni Autori (Maertinini & Sagri, 1993; Benvenuti, 1996) il *master fault system* del bacino e, nei confini del Comune di Barberino di Mugello, non mostra evidenze di attività recente (a parte un segmento lungo il Fiume Sieve nei pressi di Cafaggiolo).

Nel settore oggetto di studio, al di sotto dei sedimenti fluviali e fluviolacustri, è presente un'unità tettonica riferibile al Dominio Toscano, l'unità tettonica Acquerino.

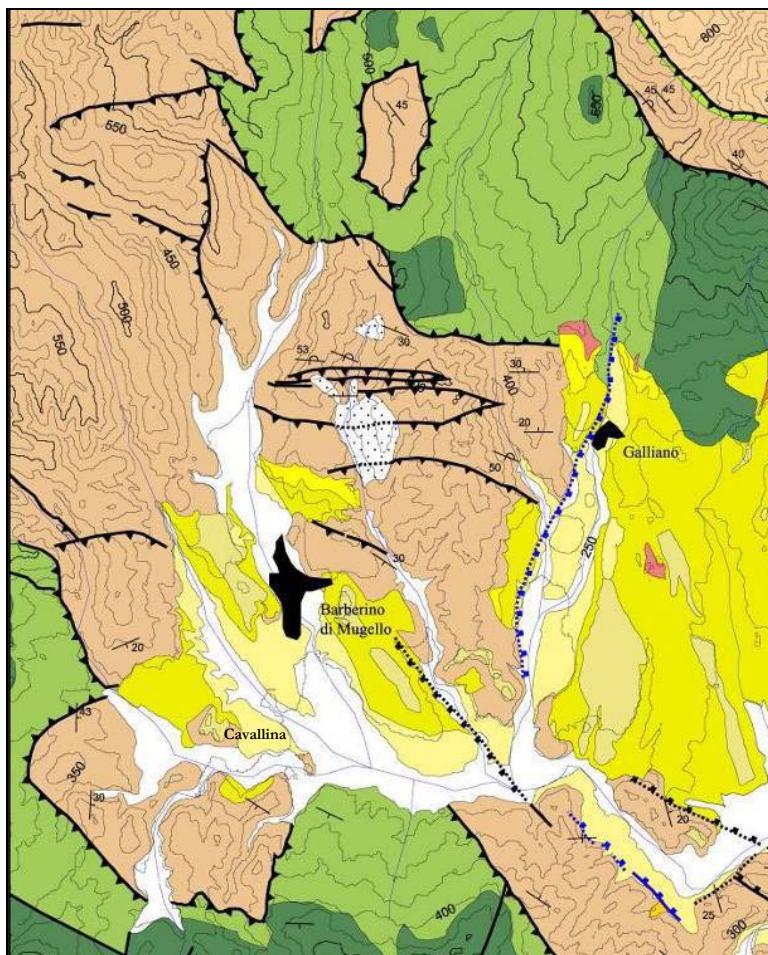


Fig. 8 – Particolare della geologia dell'area presso Barberino di Mugello (Delle Donne, Piccardi, Sami, 2002).

La carta geologica seguente mette in evidenza la distribuzione delle unità litostratigrafiche e le geometrie dei loro rapporti, in riferimento al territorio indagato e ad un suo vasto intorno. La carta geologica è stata mutuata dalla cartografia VEL, ritenuta la più aggiornata in relazione al dettaglio di studio.

L'edificio in oggetto poggia direttamente sui depositi fluviali del Bacino del Mugello: in parte sull'**Unità di Sagginale (SIV 3a)** - settore centro settentrionale dell'edificio) ed in parte sull'**Unità di Luco di Mugello (SIV 2b)** - settore meridionale dell'edificio). Trattasi di coperture fluviali attuali e/o recenti deposte nel corso di eventi di piena eccezionali; litologicamente risultano costituite da granulometrie prevalentemente grossolane, ovvero da ghiaie in matrice sabbioso-limosa con spessori complessivi fino a 5 metri. In parte tali litologie possono risultare rimaneggiate e mescolate con riporto (**hr**), probabilmente a seguito di una rettifica del corso del Torrente Stura avvenuta in epoca storica, successiva al 1835, come si evince dalla figura successiva.

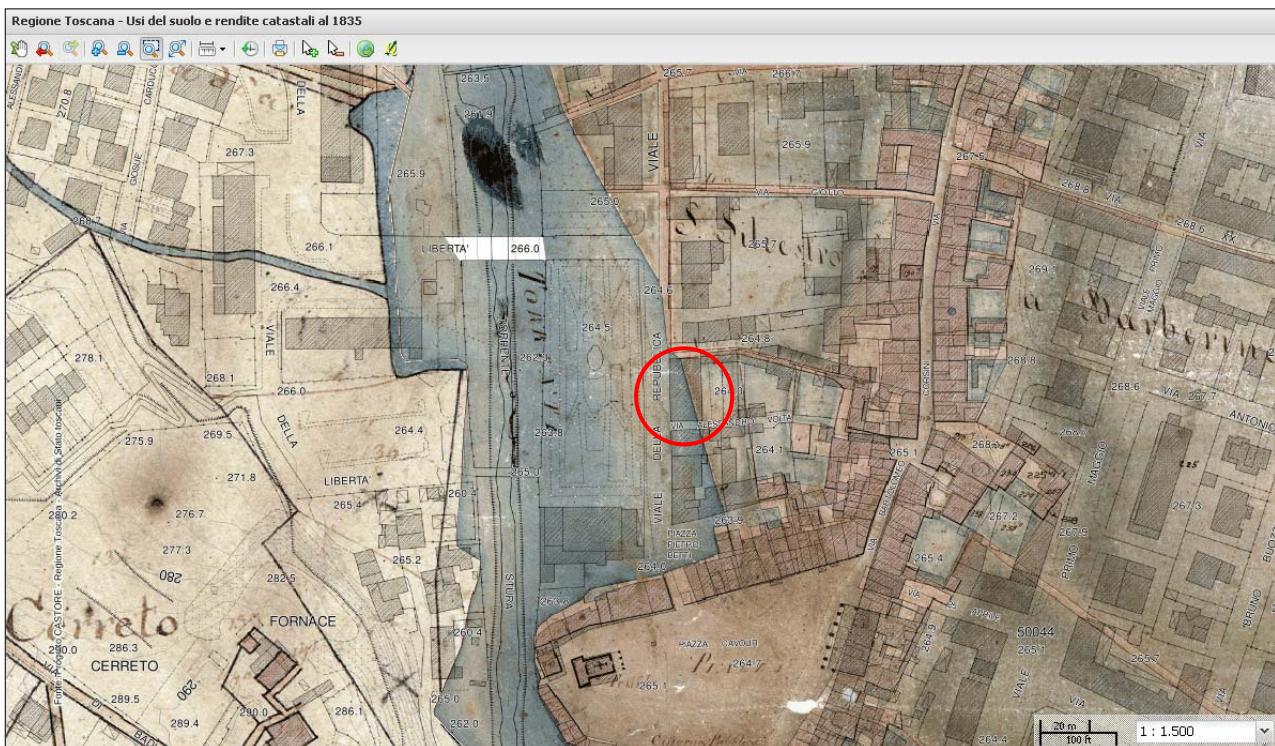


Fig. 9 – Cartografia storica al 1835 sovrapposta al data base topografico regionale (in rosso l'area in esame, non in scala)

I depositi fluviali poggiano sull'Unità **MGO1** appartenente ai depositi fluvio-lacustri pleistocenici del Bacino del Mugello, a loro volta giacenti in discordanza sul substrato pre-pliocenico (**AQR** - Formazione dell'Acquerino del Dominio Toscano). L'Unità MGO1 è costituita dai ciottoli, sabbie e argille con rapporti eteropici e con frequenti passaggi latero-verticali; i depositi grossolani sono ubicati prevalentemente ai bordi del bacino ed immergono verso il centro. I materiali più fini (MGO1a1) sono prevalenti verso il centro del bacino, con giaciture suborizzontali. Sporadica la presenza di materiale organico (torba e lignite), oggetto in passato di coltivazione mineraria. La potenza complessiva è variabile, approfondendosi verso il centro del bacino dove è stimata intorno ai 600 metri.

Si riportano di seguito le formazioni di interesse per l'area in esame, per le quali sono sintetizzate le principali caratteristiche stratigrafiche e litologico-tecniche.

SUCCESSIONE DEL MUGELLO, DEPOSITI FLUVIALI

Sono i depositi attuali e terrazzati depositi dal Fiume Sieve e dai suoi affluenti dal Pleistocene inferiore finale all'Olocene entro il Bacino del Mugello. Vengono suddivisi in tre unità che poggiano in discordanza sia sul substrato pre-Pliocenico che sui depositi fluvio-lacustri. Presentano una caratteristica diminuzione granulometrica verso l'alto stratigrafico: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto.

Unità di Sagginale, SIV3 (=bIII)

È costituita da depositi alluvionali: ciottolami bruno-grigiastri eterometrici e poligenici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da clasto a matrice sostenuta; sabbie giallastre medio-finì a stratificazione inclinata piana; silt sabbiosi grigiastri massicci; argille siltose grigiastre laminate. Questi depositi presentano generalmente una tripartizione granulometrica: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto. Questa unità affiora lungo tutti i fondo valle e lo spessore è valutabile entro i 5-6m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura” – Regione Toscana (Ferrini e Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed. 2002), questa unità è riferibile all’U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

Pleistocene superiore?-Olocene

Unità di Luco di Mugello, SIV2 (=bII)

È costituita da depositi alluvionali: ciottoli bruno-giallastri eterometrici e poligenici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da clasto a matrice sostenuta; sabbie giallastre medio-finì a stratificazione inclinata piana; silt sabbiosi massicci; argille siltose grigiastre laminate. Presentano generalmente una tripartizione granulometrica: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto. Questi depositi possono presentare al tetto una debole pedogenesi. L'Unità di Luco di Mugello affiora diffusamente in tutta l'area oggetto di studio e il suo spessore è valutabile intorno a 8-10m. Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura” – Regione Toscana (Ferrini e Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed. 2002), questa unità è riferibile all’U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

Pleistocene medio-superiore

DEPOSITI QUATERNARI, DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI

Sono i depositi di riempimento del Bacino fluvio-lacustre del Mugello, accumulati tra il Pliocene sup? ed il Pleistocene inferiore. Sono stati divisi in tre unità (MGO1, MGO2 ed MGO3) ed in ogni unità sono state distinte varie associazioni di litofacies caratterizzate da frequenti passaggi lateroverticali. Nell'area in esame affiora esclusivamente l'unità MGO1

Unità MGO1

Nell'area oggetto di studio affiora esclusivamente la litofacies **a1=arg**: argille siltoso-sabbiose grigiastre, talora marnose e lignitifere, lacustri e di fronte deltizio. Possono essere massive o presentare laminazione piano-parallela orizzontale. Contengono resti di vegetali e molluschi dulcicoli. Queste argille presentano al loro interno livelli lignitiferi generalmente di piccolo spessore (da 1 a 4m) che sono stati a lungo sfruttati soprattutto durante la Prima Guerra Mondiale con miniere a cielo aperto o per pozzi e gallerie. Esistevano numerose miniere in tutto il territorio di Barberino e Galliano (De Castro e Pillotti, 1933). In quest'area del Bacino del Mugello il substrato pre-lacustre presenta una morfologia molto articolata da mettere in relazione non solo con la tettonica, ma piuttosto con incisioni del substrato precedenti alla deposizione lacustre. Ne consegue che lo spessore di questa unità presenta una variabilità notevole anche a breve distanza.

Pleistocene inferiore

SUBSTRATO PRE-QUATERNARIO, UNITÀ TETTONICA ACQUERINO

Formazione dell'Acquerino (AQR)

Alternanze da arenaceo-pelitiche a pelitico-arenacee fino a peliti prevalenti, in strati gradati. Le arenarie hanno colore grigio, composizione feldspatolitica e sono molto ben cementate. Le peliti sono anch'esse grigie e molto indurite. Paleocorrenti con provenienze dei flussi da WNW. La formazione è stata interamente suddivisa in 3 membri con tendenza fining and thinning upward. Contatto inferiore netto sulle Marne Varicolori di Villrose (MVV). La potenza complessiva rilevata a scala regionale è di oltre 1000 metri. Depositi di un singolo sistema torbiditico. Chattiano?-Burdigaliano (MNN1a-MNN3b)

Membro pelitico-arenaceo (AQR2)

Alternanze pelitico-arenacee in strati gradati prevalentemente da sottili a medi e, subordinatamente, spessi. Geometria degli strati piano-parallela. Le arenarie hanno grana fine. Rapporto A/P da << a < 1 con tendenza ad aumentare verso il basso, insieme allo spessore degli strati. Presenza a vari livelli di selce nera in liste di pochi centimetri. La potenza massima rilevata a scala regionale è di circa 600 m. Contatto inferiore graduale con AQR1. Depositi torbiditici di frangia di lobo e di lobo arenaceo. Affiora a Barberino (Fig. 6) ed a Galliano. 13 Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura" –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all'U.L.T. B4.r1/4.d4/5.c4/5. Aquitaniano-Burdigaliano (MNN1d-MNN2a)

Maggiori informazioni litologico-tecniche emerse dalle indagini eseguite sono riportate nel capitolo dedicato.

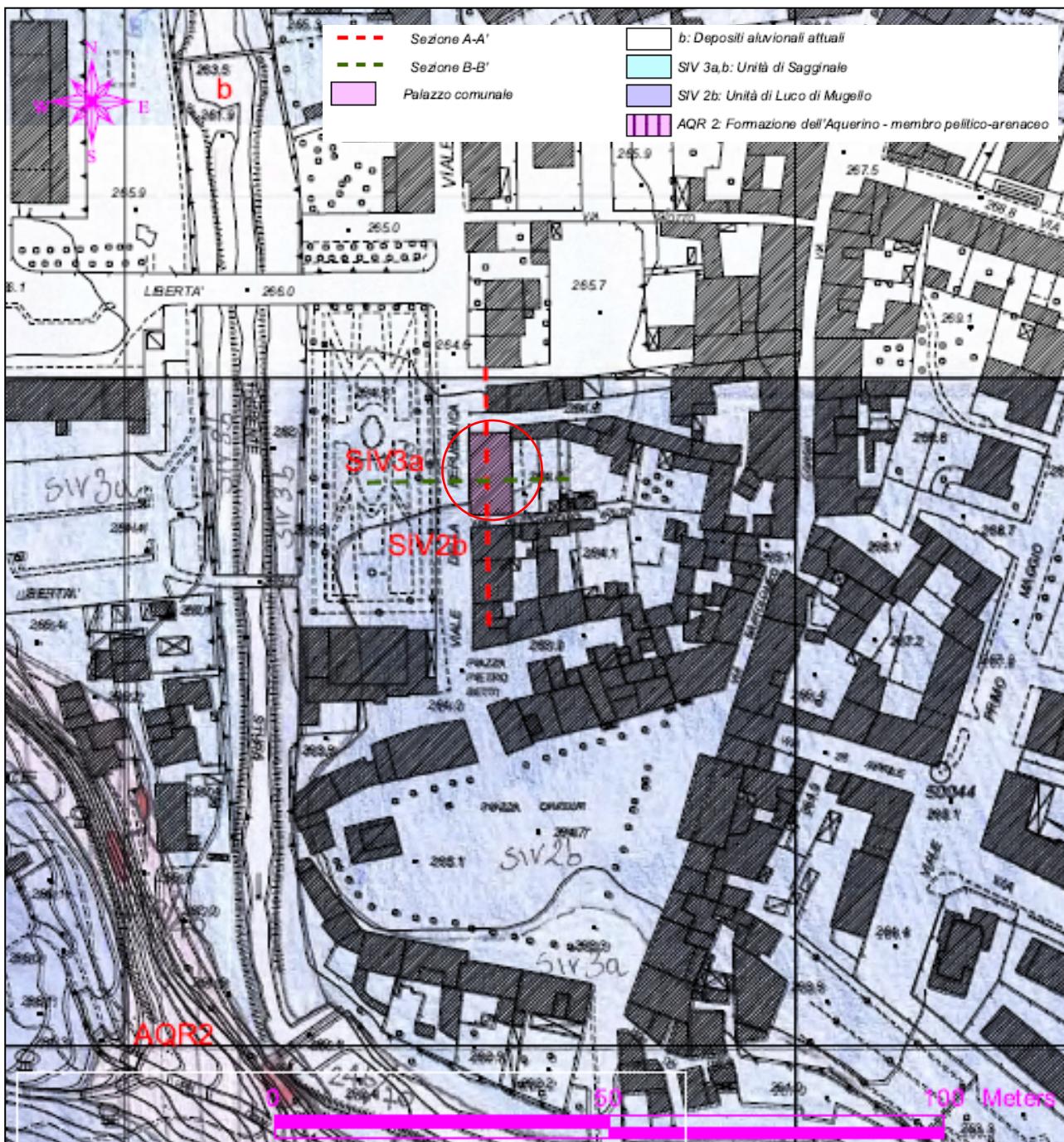


Fig. 10 – Carta Geologica (in rosso l'area in esame, non in scala)

3. Aspetti geomorfologici

L'area in esame è ubicata in una zona sub-pianeggiante di fondovalle del bacino del Mugello-sottobacino di Barberino, presso il centro di Barberino di Mugello, in un ambito di stretta valle fluviale, in sinistra idrografica del Torrente Stura.

Siamo circa alla seguente quota.

Quota	264,0 m slm
-------	-------------

L'inclinazione generale di questo settore specifico di fondovalle si attesta circa ai seguenti valori.

Inclinazione media	1°
--------------------	----

Nel tratto considerato la valle, rispetto alla quale il Torrente Stura scorre in maniera asimmetrica spostato sul settore occidentale, si presenta allungata in direzione N-S, con il suo fianco occidentale che inizia a salire in maniera graduale a partire da 80 metri di distanza dall'edificio.

In merito alla eventuale presenza di riporti si è già descritto nel paragrafo precedente.

Il rilevamento e le indagini eseguiti non hanno evidenziato, nella zona interessata, l'esistenza di forme o movimenti attribuibili a ruscellamenti, collassi, cedimenti o fenomeni gravitativi in atto.

Considerazioni in merito alla potenziale liquefabilità dei terreni in caso di sisma, rischio potenziale peraltro segnalato nella carta geomorfologica del PS per le litologie alluvionali, sono affrontate secondo le indicazioni del d.m. 14/01/08 nel paragrafo dedicato.

4. Aspetti idraulici

L'area in oggetto, situata all'interno del centro abitato di Barberino, drena le acque superficiali attraverso il reticolo fognario urbano esistente. Essa dista circa 60 m lineari dal ciglio della sponda e 48 m dal ciglio della gola sinistra del Torrente Stura, rispetto al quale si mantiene ad una quota di almeno circa 1,7 metri più alta.

Sulla base della Carta dei battenti idraulici delle aree allagabili con Tempo di ritorno 200 anni (di supporto al RU vigente) l'area in esame prevede dei battenti statici massimi da 1 a 1,5 m.

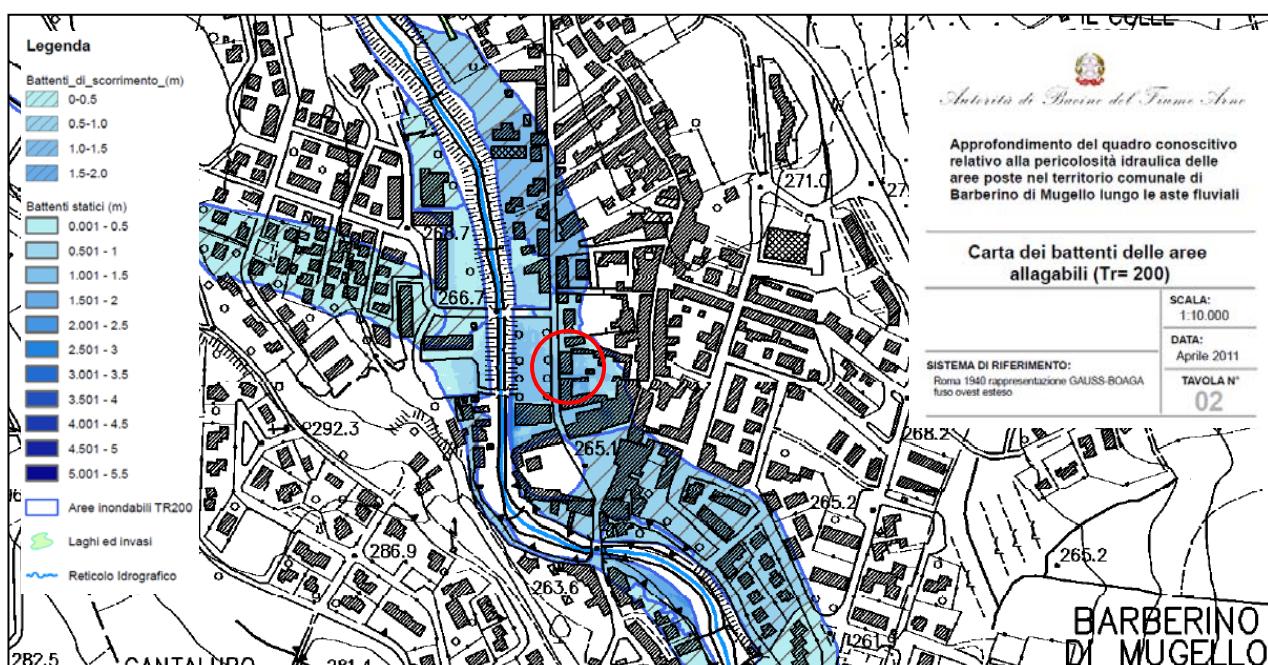


Fig. 11 – Carta Geologica (in rosso l'area in esame, non in scala)

Gli interventi in oggetto non apporteranno alcuna modifica rispetto all'entità ed alle direzioni del deflusso idrico superficiale e alle condizioni di pericolosità idraulica, non costituiranno ostacolo al deflusso delle acque, non sottrarranno volume di laminazione e non aggraveranno le condizioni di rischio in altre aree.

5. Aspetti idrogeologici e relative problematiche

L'idrogeologia dell'area del Mugello è strettamente legata all'architettura stratigrafica dei sedimenti relativi all'omonimo bacino plio-pleistocenico ed a quelli recenti del fiume Sieve. Si distinguono quindi due principali domini idrogeologici: quello costituito dalle alluvioni recenti oloceniche del fiume Sieve e quello dei depositi fluvio-lacustri, oltre quello legato alle litologie permeabili del substrato (AQR).

Il primo dominio occupa una fascia a cavallo del corso del fiume Sieve e dei suoi affluenti, i cui depositi, sebbene con grado diverso, sono caratterizzati da una permeabilità primaria legata alla porosità interstiziale. Questi sedimenti alluvionali sono costituiti da ciottolami, talvolta ben classati, intercalati a

sabbie medio-finì e limi sabbiosi; sono presenti anche livelli e lenti di argille limose che aumentano (unitamente a tutto il materiale fine) allontanandosi dall'alveo della Sieve. I ciottolami in rapporto diretto con il F. Sieve possono dare luogo ad una falda libera o ad un acquifero semiconfinato qualora i ciottolami siano sormontati dai limi sabbiosi. I cambiamenti di spessore e di permeabilità determinano variazioni laterali di trasmissività. L'asse drenante principale sia rappresentato dal Fiume Sieve.

Nel secondo dominio i depositi lacustri sono costituiti da argille e limi pseudo-coerenti che risultano praticamente impermeabili per l'alta capacità di ritenzione. Depositi a grana più grossolana, sino a livelli conglomeratici, caratterizzano invece le facies fluviali del bacino plio-pleistocenico determinando localmente zone a più alta permeabilità.

Dalla situazione geologica si deduce che la riserva permanente non è elevata poiché, infatti, le ghiaie alluvionali non superano lo spessore di circa 4–6 metri e la ricarica avviene soprattutto dall'infiltrazione di subalveo della Sieve e dei suoi affluenti. Questo rende la falda strettamente dipendente dal regime pluviometrico e dei deflussi, con riduzione delle riserve nel periodo estivo.

Il sottosuolo in esame è interessato da un settore marginale dell'acquifero del fiume Sieve.

I depositi alluvionali (SIV3 e SIV2) possono ritenersi, dal punto di vista idrogeologico, generalmente a permeabilità per porosità medio-alta; per tali litologie si rileva una vulnerabilità potenziale alta (VE), con un rischio effettivo legato alla dispersione degli scarichi civili nel suolo e nel sottosuolo, alle perdite accidentali di reflui fognari ed abusivi, dove i fattori predisponenti risultano essere la bassa pendenza dei terreni e la presenza di pozzi non protetti. La sottostante formazione fluvio-lacustre (MGO1), vista la sua cospicua frazione argillosa, può essere invece considerata a permeabilità bassa.

Le acque meteoriche si infiltrano dunque all'interno del deposito alluvionale superficiale, dando luogo ad una circolazione di tipo libero all'interno dello stesso (acquifero), contenuta dai sottostanti litotipi limo-argilosì.

Durante il sondaggio S5 è stato rilevato un livello piezometrico alla profondità di -3,10 metri dal piano campagna (mese di dicembre 2006).

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica DPSH1 non è stata rilevata la presenza di acqua.

In ogni caso gli interventi in oggetto non apporteranno alcuna modifica rispetto all'entità e alle direzioni del deflusso idrico sotterraneo, oltre a non presentare elementi di rischio.

6. Modello geologico

Sulla base dell'analisi bibliografica e dal rilevamento eseguito l'intervento in progetto insiste su di un area subpianeggiante di fondovalle montano caratterizzata da un modesto spessore di depositi alluvionali pleistocenici prevalentemente granulari (SIV3/SIV2) sovrastanti un deposito fluvio-lacustre plio-pleistocenico (MGO1a1) prevalentemente coesivo; il substrato, riferibile alla Formazione dell'Acquerino (AQR2), si individua a circa 11m di profondità dal p.c. nel settore centro-meridionale del fabbricato per approfondirsi rapidamente verso nord.

L'area risulta a pericolosità idraulica molto elevata.

Non sono state rilevati forme o movimenti attribuibili a collassi, sedimenti o fenomeni gravitativi in atto.

I dati delle indagini eseguite evidenziano la presenza di acqua a circa 3,10 m dal p.c.

Il modello geologico elaborato si ritiene di buona affidabilità nei confronti del progetto di miglioramento sismico in essere ed è sintetizzato graficamente congiuntamente ai modelli geotecnico e sismico nelle sezioni A-A' e B-B' allegate.

7. Modellazione geotecnica

7.1 Indagini geognostiche

Implementando le indagini pregresse significative (ricordate in premessa e riportate in allegato), con l'esecuzione di indagini geotecniche integrative, eseguite sulla base del programma di indagine redatto dallo scrivente, è stato ricostruito il modello geologico dell'area, con la definizione delle caratteristiche geotecniche dei primi 20 m circa di sottosuolo e la definizione del contrasto di impedenza sismica tra coperture e substrato. Si illustra di seguito una sintesi significativa delle indagini eseguite. Per tali

indagini e per quelle pregresse, si riporta l'ubicazione e, in allegato, gli elaborati tecnici, unitamente alle caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati.

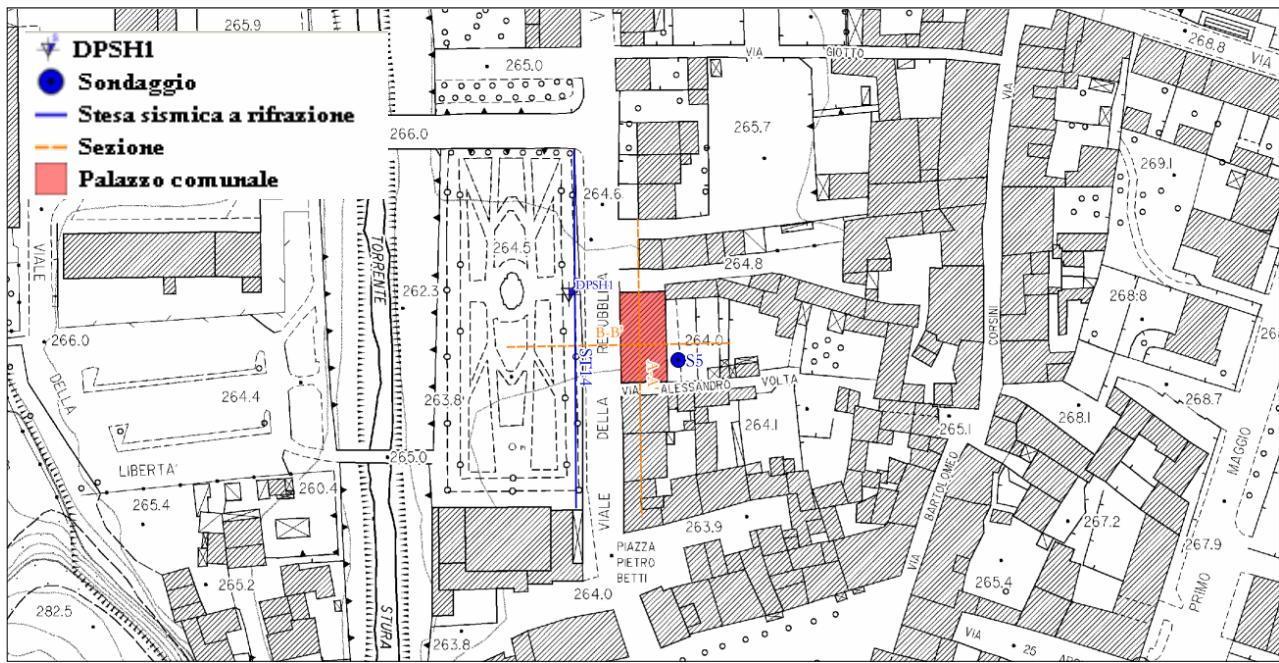


Fig. 12 – Carta delle indagini di riferimento

- N. 1 *Prospettazione geofisica di sismica di superficie con tecnica a rifrazione con onde P e SH da 96 m (ST14 – Luglio 2006)*

La linea è stata ubicata ad ovest dell'edificio (sul lato opposto di Viale della Repubblica) con andamento N - S come riportato nella planimetria allegata; la distanza tra la linea e l'edificio è di circa 12 m.

Le prospezioni sismiche di superficie sono state programmate con l'obiettivo di parametrizzare il sottosuolo in termini di V_p e V_{sh} ed individuare l'eventuale presenza del bedrock sismico, la sua profondità e la sua geometria.

L'indagine, i cui risultati sono riportati in allegato, ha messo in evidenza (in seguito alla revisione del Servizio Sismico Regionale) la presenza di tre sismostrati. Il più superficiale, corrispondente ai depositi fluviali, ha uno spessore medio di circa 5 metri ed è caratterizzato da valori di V_{sh} compresi fra 330 e 500 m/s e di V_p fra 570-800 m/s (nella porzione più superficiale) e 1800-1830 m/s (nella porzione più profonda). Al di sotto, in corrispondenza della formazione fluvio-lacustre, i valori di V_{sh} oscillano fra 370 e 500 m/s mentre V_p fra 1800 e 1830 m/s. Nella porzione sud della stessa questo strato ha uno spessore di circa 7/8 metri, sotto il quale compare un substrato caratterizzato da $V_{sh} = 980$ m/s e $V_p = 2460$ m/s. Nella porzione nord invece, il substrato non compare (ipotizzabile a circa 47 m di profondità), probabilmente a causa di un lineamento tettonico sepolto che ha determinato un deciso approfondimento del bacino di sedimentazione dei depositi fluvio-lacustri.

- N. 1 *Sondaggio a carotaggio continuo fino ad una profondità di 20 m, con esecuzione n.1 SPT, prelievo n.2 campioni indisturbati (S5 – dicembre 2006)*

Il sondaggio è stato programmato con l'obiettivo di:

- fornire il profilo stratigrafico dei depositi superficiali sino al substrato roccioso (bedrock sismico), attraversandolo per uno spessore significativo di almeno 5m;
- caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico i litotipi attraversati;
- effettuare rilievi e misure sulle falde acquifere;
- effettuare un'adeguata cementazione del foro in modo da permettere l'esecuzione della prova down-hole.

Il sondaggio geognostico, identificato con la sigla S5, è stato effettuato a rotazione a carotaggio continuo (\varnothing mm 101) in data 13-14.12.2006. Il sondaggio ha raggiunto la profondità di ml 20.00 dal p.c.

Nel corso del sondaggio è stata effettuata n° 1 prova penetrometrica dinamica tipo SPT a punta conica, che ha fornito i seguenti risultati:

N	data	Profondità in m	tipo di punta	SPT	Formazione
N _{SPT1}	13.12.2006	4,00 – 4,45	Punta conica chiusa	11-19-18	SIV2

La prova SPT, eseguita in corrispondenza di depositi alluvionali caratterizzati da granulometrie ghiaioso sabbioso-limose (Unità SIV 2), ha fatto registrare un valore di 37, indice di una litologia granulare addensata.

Durante il carotaggio sono stati inoltre prelevati n. 2 campioni indisturbati:

N	data	Profondità in m	SPT
S5 C1 SH1	13.12.2006	7,50÷7,80 dal p.c.	concordato con il Servizio Sismico Regionale in corso di esecuzione del sondaggio
S5 C2 SH2	13.12.2006	10,00÷10,34 dal p.c.	concordato con il Servizio Sismico Regionale in corso di esecuzione del sondaggio

Su tali campioni sono state effettuate le seguenti analisi:

CANTIERE	Sondaggio	Campione	Profondità	Apertura	W	γ	G_s	GR Vagliatura	GR Sedimentazione	LL/LP	RIC	EDO/CRS	DS/RS	CIU	CD	RC	VTL	Ciclica	LOCALI
BARBERINO	S5	SH1	7.50-8.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		2			2		
BARBERINO	S5	SH2	10.0-10.34	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1		1	

dove:

D C	Apertura e descrizione campione
W	Contenuto d'acqua
γ_u	Peso divolume
G_s	Peso specifico dei grani
GR vaglio	Granulometria per vagliatura
GR sedim	Granulometria per sedimentazione
LL/P	Liquidi e plastiche
EDO	Eddometro ad incremento di carico (IL) o a velocità di deformazione costante (CRS)
CRS	Eddometro a velocità di deformazione costante (CRS)
DS/RS	Taglio diretto (DS) o taglio anulare (RS)
UU	Triassiale non consolidata e rottura non drenata
CIU-CK0U	Prova triassiale consolidata isotropicamente/ anisotropicamente e rottura non drenata
CID-CK0D	Prova triassiale consolidata isotropicamente/ anisotropicamente e rottura drenata
RC	Colonna risonante
TS	Taglio torsionale ciclico
TX_CICLICA	Prova triassiale ciclica
VTL	Misura del tempo della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs
TX_LOCALI	Prova triassiale consolidata isotropicamente/ anisotropicamente, rottura drenata/ non drenata con

Nel corso della perforazione sono state effettuate misurazioni della falda con utilizzo di scandaglio elettrico (freatimetro). I risultati delle rilevazioni sono stati riportati nella tabella seguente:

Durante la perforazione				
Data	Ora	Livello (m dal p.c.)	Rivestimento (m dal p.c.)	
14/12/2006	7:30	3,10	4,50	

L'indagine, i cui risultati sono riportati in allegato, ha messo in evidenza la presenza di una litologia costituita da ghiaia e ciottoli sabbioso limoso fino a 6,05 m dal p.c., una sottostante litologia prevalentemente argilloso limosa con locale tracce di materiali organici fino a 10,90 m dal p.c., per passare ad un sottostante substrato roccioso dominato da fasce cataclasitiche a spese di litologie silítico-arenitiche fino alla quota di interruzione del sondaggio.

Nella tabella seguente è stata riportata la successione litostratigrafica di dettaglio rilevata:

Profondità metri dal p.c.	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA
0,00 – 2,10	Riporto (Ghiaia e ciottoli in matrice limoso-sabbiosa, presenti clasti di laterizio anche delle dimensioni di ciottoli)
2,10 – 6,05	Ghiaia e ciottoli sabbioso limoso, addensati, parzialmente saturi (fino a 3,10 m dal p.c.), colore da marrone rosso fino a 3,80 m, verso il basso passa a marrone beige, reazione ad HCl nulla, clasti da subangolosi ad arrotondati, scarsamente selezionati, poligenici, di natura prevalentemente arenitica, calcitica, subordinatamente ofiolitica (solo ghiaie minute arrotondate).
6,05 – 10,90	Argilla da debolmente limosa a limosa, localmente limoso sabbiosa, presenza di livelli con materiali organici scuri da 6,80m a 7,50 m, presenza di fantasmi di clasti silíticos e areniticos da 10,50 a 10,90 m, colore da grigio-verde con livelli grigio scuri per passare, sotto 7,50 m, a grigio medio localmente avana, reazione nulla ad HCl, da consistente a molto consistente
10,90 – 20,00	Alternanze di silíticos, arenitos finos, marinas e argillitas e fasces cataclasiticas (prevalecentes sulla roccia sana) individuadas alle quote: 11,30-12,30; 15,20-18,05; 18,80-20,00, colore grigio medio, generale forte reazione ad HCl, non se riconosce l'assetto giacituralre. Presenza di arenitos a profondità di 14,30m e da 18,20m a 18,70m.

I terreni attraversati dal sondaggio tra il piano di campagna e la profondità di 2,10 m dal p.c. sono attribuibili a **Terreni di riporto** (**h**). Sottostanti fino a 6,05 m, sono presenti granulometrie prevalentemente grossolane riferibili all'**Unità di Luco di Mugello** (**SIV 2**), un deposito fluviale del Bacino del Mugello datato al *Pleistocene Medio-Superiore*. Da 6,05 a 10,90 m si attraversano depositi a prevalenza argillosa limosa da riferire all'Unità **MGO1-a1**, un Deposito fluvio-lacustre del Bacino del Mugello datati al *Pliocene Superiore?-Pleistocene Inferiore*.

Da 10,90 m fino a fondo foro la perforazione incontra un substrato litoide riferibile alla Formazione dell'Acquerino riconducibile ad un singolo sistema torbiditico e data al *Chattiano?-Burdigaliano* (*MNN1a-MNN3b*). Premesso che lo spessore della formazione attraversata rende arbitraria qualsiasi attribuzione ai membri della formazione, si rileva che la distribuzione granulometrica all'interno degli strati attraversati, contrariamente a quanto si può desumere dalla cartografia geologica del Programma VEL della Regione Toscana (scala 1:2000), porta ad attribuire le litologie incontrate al **Membro pelítico-arenaceo (AQR 2)** della **Formazione dell'Acquerino**. Si rileva inoltre come la presenza pervasiva di fasce cataclasitiche nella roccia torbiditica appaia di particolare interesse per le conseguenti interpretazioni tettoniche e anche nell'ottica della valutazione degli effetti sismici locali.

- N. 1 Prospettiva geofisica di sismica a rifrazione nel foro di sondaggio con tecnica down hole con onde P e SH per la profondità di 20 m (**DHS5** – gennaio 2007)

Le prove down hole sono state programmate con l'obiettivo di tarare i dati ottenuti dalla sismica di superficie e di dettagliare le informazioni relative alle Vp e Vsh.

L'indagine, i cui risultati sono riportati in allegato, ha messo in evidenza la presenza di quattro sismostrati così caratterizzati:

DHS5			
Profondità dal p.c. (m)	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde Sh (m/s)	Formazione
0,0-2,0	800	240	hr
2,0-7,0	930	310	SIV2
7,0-10,0	1780	340	MGO1a1
10,0-20,0	2260	790	AQR2

Tale indagine ha ampiamente verificato i risultati del sondaggio.

- N. 1 prova penetrometrica dinamica (**DPSH1** - 10 novembre 2016).

La prova è stata programmata al fine di caratterizzare la litologia presente nel settore settentrionale dell'edificio. L'ubicazione finale della prova penetrometrica è stata condizionata dalla logistica del sito, che in corrispondenza dello spigolo nord occidentale dell'edificio vede la presenza di una moltitudine di sottoservizi per i quali non si è ritenuto opportuno rischiare un eventuale danneggiamento. L'attrezzatura utilizzata è un penetrometro modello TG 63-200, prodotto dalla ditta PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT, in grado di eseguire sia prove dinamiche che statiche, per queste ultime le caratteristiche del mezzo consentono una spinta di 20 t.

La prova penetrometrica dinamica (DPSH – Dynamic Penetrometer Super Heavy; ISSMFE, 1988; EN ISO-2003) consiste nell'infissione, mediante una massa battente, di una batteria di aste munita all'estremità di una punta conica e nella registrazione del numero di colpi (N₂₀) necessari all'approfondimento di tratti consecutivi di 20 cm.

I risultati delle prove effettuate permettono di elaborare i grafici del numero di colpi (N₂₀) registrati durante l'infissione della punta e di ricavare da essi il corrispondente valore di N_{SPT} da utilizzare poi nella caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo secondo abachi e formule esistenti in letteratura, mediante la seguente cautelativa relazione: N_{SPT} = N₃₀ = 1,5 N₂₀.



Fig. 13 – Realizzazione della prova penetrometrica DPSH1 (novembre 2016)

Si riporta di seguito una sintesi stratigrafica e litotecnica significativa dell'indagine eseguita.

Strato	Profondità	Spessore (m)	Descrizione	Addensamento/consistenza
A	da -0,00 a -1,60 m dal p.c.	1,60	Riporto	Moderatamente addensato (Nspt=18,16)
B	da -1,60 a -5,40 m dal p.c.	3,80	Sabbia ghiaiosa	Moderatamente addensato (Nspt= 27,53)
C	da -5,40 a -8,80 m dal p.c.	3,40	Limo argilloso	Molto consistente (Nspt= 16,44)
D	da -8,80 a -9,40? m dal p.c.	0,60?	Limo sabbioso	Addensato (Nspt= 48,65)

Non è stata rilevata la presenza di acqua nel foro della prova.

Tabella n. 1 - Sintesi della stratigrafia derivata dalla DPSH1

In allegato si riportano l'ubicazione e gli elaborati tecnici di tali indagini, unitamente alle caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati.

7.2. Parametrizzazione geotecnica e modello geotecnico

In relazione alla caratterizzazione del deposito alluvionale l'impossibilità di campionare una litologia su cui eseguire gran parte delle opportune prove di laboratorio ne rende estremamente difficile la caratterizzazione geotecnica. Generalmente, oltre alle informazioni ricavate dalle prove di laboratorio, si procede attraverso correlazioni empiriche derivate dai risultati delle prove penetrometriche (in questo caso le sole SPT) che permettono di stimare i parametri geotecnici del deposito. Le prove penetrometriche dinamiche SPT rappresentano l'unica concreta possibilità di ottenere dei dati validi per la caratterizzazione di materiali a grana grossa.

Come indicato dal d.m. 14/01/08, i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni di fondazione sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in situ, ricordando che “*per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato*”.

A questo scopo sono stati utilizzati i dati provenienti dalle indagini eseguite.

Nel caso della prova penetrometrica dinamica DPSH l'individuazione dei parametri geotecnici è stata condotta a giudizio dello scrivente raggruppando i singoli livelli in strati dalle caratteristiche omogenee e stimando i parametri geotecnici secondo i metodi di correlazione più diffusi in letteratura.

I dati ottenuti hanno permesso di giungere ad un significativo quadro geotecnico espresso in termini di **valori medi**. Ricordando che secondo la Circ. M.I.T.- C.S.L.P. n. 617 del 02/02/2009 per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti, nel caso specifico trattandosi di fondazioni superficiali, in analogia ai valori medi, i **valori caratteristici**, sintetizzati nel modello geotecnica di riferimento, sono risultati:

Unità litotecnica	Formazione	da m	a m	Spessore	Nspt	Litologia	Addensamento / consistenza/ fratturazione	γ'_k (peso di volume, saturo) kN/m ³	Cu_k (coesione non drenata) kN/m ²	ϕ'_k (angolo di resistenza al taglio)
A	hr	-1,45	-2,10	0,65	18,16	Riporto	Moderatamente addensato	- -	-	-
B	SIV2/ SIV3	-2,10	-6,05	3,95	27,53	Sabbia ghiaiosa	Moderatamente addensato	20,50 20,69	-	34,87
C	MGO1	-6,05	-10,90	4,85	16,44	Limo argilloso	Molto consistente	19,25	201,53	-
D	AQR2	-10,90	>-20,00	-	-	Alternanze pelitico-arenacee	Litoide	-	-	-

Tabella n. 2 – Parametri geotecnici caratteristici e modello geotecnico

L'implementazione dei dati del rilevamento con i dati delle indagini pregresse ed i risultati delle nuove indagini geognostiche evidenzia che l'intervento in progetto insiste su di un area caratterizzata da uno spessore di circa 4 m di depositi alluvionali pleistocenici prevalentemente granulari (SIV3/SIV2) di

caratteristiche geotecniche medie, sovrastanti un deposito fluvio-lacustre plio-pleistocenico (MGO1a1) prevalentemente coesivo e di buone caratteristiche geotecniche; il substrato, riferibile alla Formazione dell'Acquerino (AQR2), si individua a circa 11m di profondità dal p.c. nel settore centro-meridionale del fabbricato per approfondirsi rapidamente verso nord. Tale andamento si ritiene trascurabile ai fini del modello geotecnico.

Si precisa che il livello superficiale, attribuibile a riporto, presenta per quanto di interesse, sulla base delle indagini svolte, caratteristiche geotecniche confrontabili con il sottostante deposito alluvionale ed è a questo assimilabile.

Rispetto al modello geotecnico delle “verifiche” del 2009 le nuove indagini hanno comportato esclusivamente una modifica cautelativa al valore di angolo di resistenza la taglio per l’unità B, mentre il relativo peso di volume è rimasto invariato sempre in ragione di un approccio conservativo.

L’area risulta a pericolosità idraulica molto elevata per quanto appaia opportuno ricordare che gli interventi in progetto non apporteranno alcuna modifica rispetto all’entità ed alle direzioni del deflusso idrico superficiale e sotterraneo.

Non sono state rilevate forme o movimenti attribuibili a collassi, cedimenti o fenomeni gravitativi in atto.

I dati delle indagini eseguite evidenziano la presenza di acqua a circa 3,10 m dal p.c.

Per le verifiche geotecniche è possibile utilizzare i dati dell’unità litotecnica B.

Per le verifiche geotecniche si consiglia di considerare cautelativamente la falda a piano campagna.

Il modello geotecnico elaborato si ritiene di buona affidabilità nei confronti del progetto di miglioramento sismico in essere ed è sintetizzato graficamente congiuntamente ai modelli geologico e sismico nelle sezioni A-A’ e B-B’ allegate.

RELAZIONE SISMICA

8. Pericolosità ed azione sismica

Nella provincia sismica appenninica centro-settentrionale la tettonica distensiva, a direzione SW-NE, ha originato sistemi di faglie normali ad alto e a basso angolo di inclinazione. Alle prime viene riferita l'origine e la presente configurazione dei graben plio-quaternari; alle seconde, si associano le elisioni che portano i termini più alti della serie stratigrafica (successioni torbiditiche mioceniche) e della pila tettonica (Unità Liguri) a diretto contatto sulle evaporati triassiche e/o sulle rocce del basamento s.l.

Un sistema regionale di faglie normali est-immergenti, che si estende per circa 350 km dalla Toscana nord-occidentale fino all'Umbria meridionale, ben individuabile sul profilo CROP03 e su altre linee sismiche commerciali, denominato *Etrurian Fault System* (EFS) (Boncio *et alii*, 2000), ha originato, dal Pliocene superiore ad oggi, una serie di bacini allineati NW-SE dalla Lunigiana-Garfagnana, al Mugello, all'Alta Val Tiberina. Il sistema più esterno di faglie ovest-immergenti, antitetiche dell'EFS, corrisponde alle strutture di Gubbio, Colfiorito e Norcia (v. Fig. 9).

Lungo tali sistemi di faglie normali si dispone la maggior parte della sismicità storica e strumentale dell'Italia centrale. La distribuzione in profondità della sismicità risulta concentrata nella crosta superiore a profondità minori di 15 km.

Considerando invece le isobate dell'EFS e la sismicità strumentale associata, è possibile estendere il volume crostale in distensione fino all'isobata 14 km. All'interno di quest'area è possibile inoltre individuare e delimitare le singole strutture (*boxes*) sismogenetiche responsabili dei terremoti con $Mw > 5.5$ secondo il modello proposto da Boncio *et alii* (2004), di cui l'area del Mugello è un esempio.

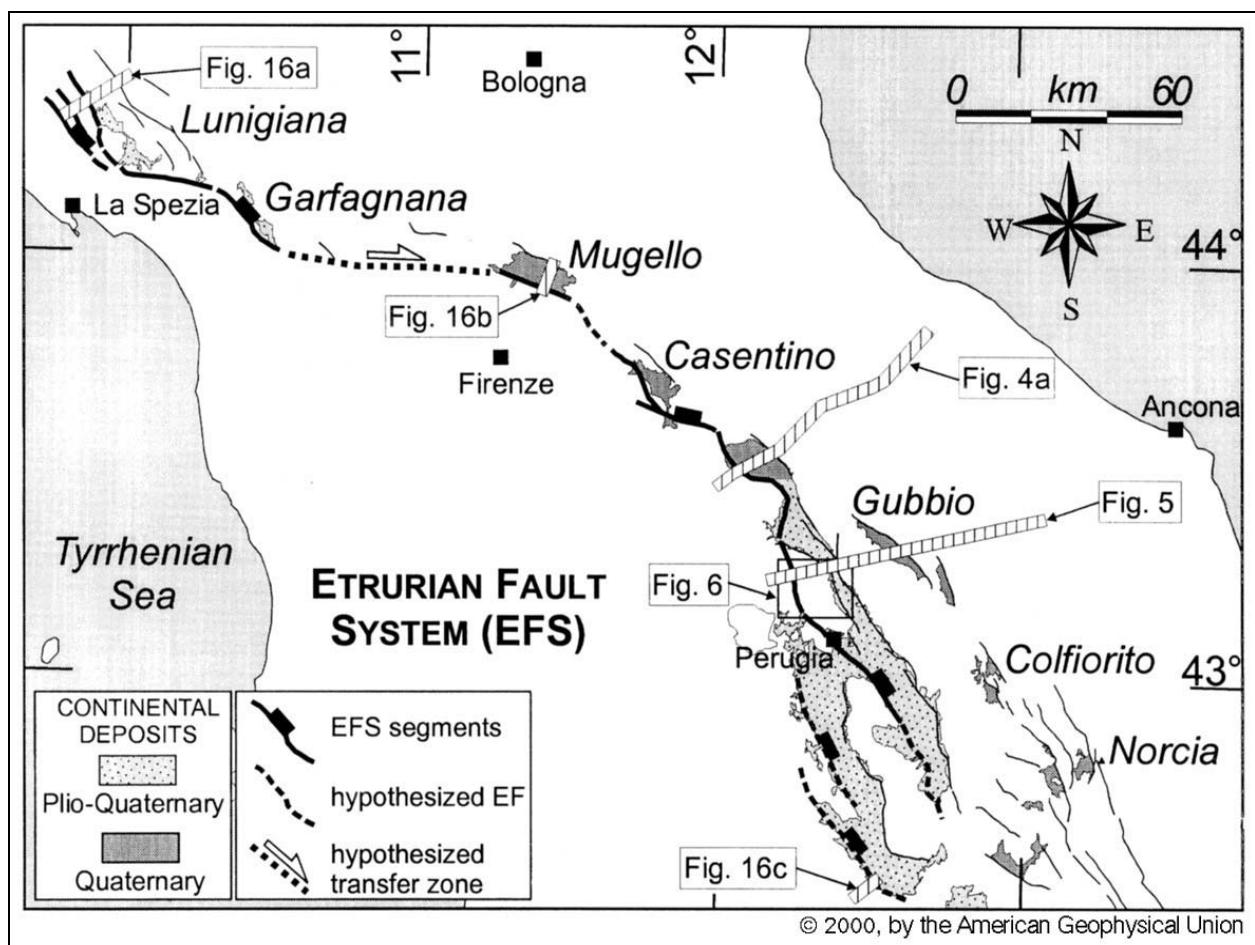


Fig. 14 – Inquadramento sismogenetico (da Boncio *et alii*, 2004)

Per quanto concerne la sismicità dell'area il database macrosismico italiano DBMI15 dell'INGV (Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011), reperibile al sito http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_44666 ed utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), indica come evento di maggiore intensità al sito (Is espressa con la scala MCS) quello verificatosi nel 1542 con epicentro l'area mugellana nei pressi di Scarperia (FI) e intensità, risentita a Barberino, di 8-9 MCS. Non sono disponibili dati relativi ai meccanismi focali.

Altri eventi che hanno interessato Barberino di Mugello sono indicati nella tabella seguente:

Seismic history of Barberino di Mugello						
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw	
8-9	1542 06 13 02 15	Mugello	46	9	6,02	
6	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6,05	
7	1843 10 25 03 30	Mugello	17	6-7	5,03	
7	1864 12 11 17 40	Mugello	9	7	5,11	
3	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74	
3	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4,47	
NF	1892 12 29 13 47 48.00	Castel del Rio	36	5-6	4,37	
4-5	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5,5	
3	1895 08 07 19 49 32.00	Appennino tosco-emiliano	84	5	4,67	
4-5	1896 07 08 01 51 28.00	Porretta Terme	17	5	4,37	
2-3	1896 12 08 17 06 45.00	Sestola	26	5	4,33	
5	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4,59	
5	1899 06 26 23 17 22.00	Valle del Bisenzio	138	7	5,02	
5	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	62	6	4,81	
4	1904 06 10 11 15 28.00	Frignano	101	6	4,82	
5	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5,1	
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36	
2-3	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5,34	
5	1912 08 15 23 50	Mugello	7	5	4,22	
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63	
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08	
7	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38	
5	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53	
6	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4,96	
3	1930 05 24 22 02	Appennino tosco-emiliano	43	5	4,91	
5-6	1931 12 15 03 23	Mugello	35	6	4,62	
5	1939 02 11 11 17	Mugello	31	7	5,01	
3	1952 07 04 20 35 12.00	Appennino forlivese	64	7	4,94	
4	1956 04 26 03 00 03.00	Appennino bolognese	89	6	4,74	
3	1956 05 26 18 40	Appennino forlivese	76	7	4,99	
3	1956 06 03 01 45 57.00	Appennino forlivese	62	6	4,51	
4	1959 03 24 10 24	Fiorentino	28	7	4,85	

7	1960 10 29 00 08 39.00	Mugello	69	7	4,91
5	1964 09 05 21 09	Appennino tosco-emiliano	22	5	4,35
4	1967 10 01 22 45 45.00	Pistoiese	8	4	4,04
2	1969 02 15 08 54 39.00	Mugello	5	4-5	4,56
3-4	1970 02 09 07 39	Appennino forlivese	30	5-6	4,5
F	1980 06 07 18 35 01.00	Garfagnana	102	6-7	4,64
NF	1996 03 14 01 56 37.25	Appennino tosco-romagnolo	20	4-5	3,56
NF	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4,67
NF	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4,82
NF	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	186	4	4,3
5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4,18
NF	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4,29

File downloaded from CPTI15 - DBMI15

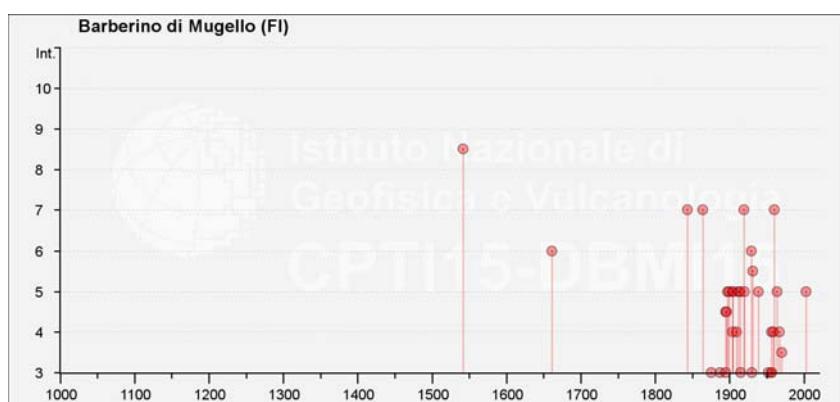


Fig. 15 - Storia sismica di Barberino di Mugello. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI15, versione 2015 del Database Macroscismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_44666). Dove: Int (Intensità sismica in MCS); NMDP (Codice bibliografico dell'elaborato di riferimento); Io (Intensità massima in MCS); Mw (Magnitudo-momento).

Risalendo la costruzione dell'edificio intorno al 1900, tra gli eventi significativi almeno 4 (1919, 1960, 1929 e 1939) hanno interessato l'edificio. Non sono note eventuali lesioni subite in queste occasioni ma sicuramente si è creato un quadro fessurativo coperto da successive stuccature ad oggi visibili. Solo una citazione per la sequenza sismica del 01 marzo 2008 caratterizzata da una magnitudo massima (Magnitudo Richter) di 4.2 che risulta aver procurato la riapertura di un quadro fessurativo preesistente in particolare su vano scala e pareti (Comunicazione Ufficio Tecnico Comunale). Relativamente all'evento si riportano le caratteristiche principali estratte dal sito dell'INGV.

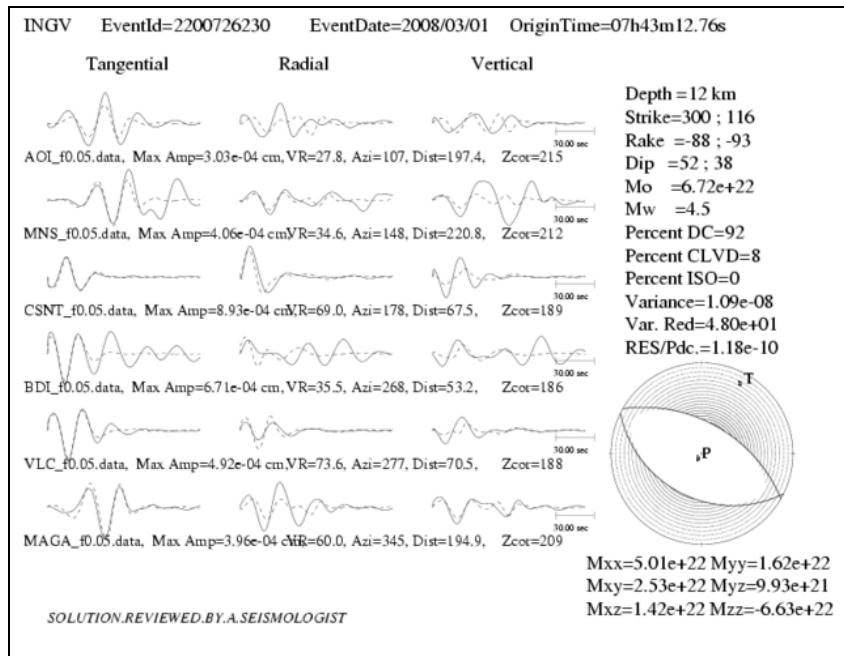


Fig. 16 – Caratteristiche della sequenza sismica del 01 marzo 2008 (fonte: INGV)

L'area in esame si trova nel Comune di Barberino di Mugello (FI) il cui territorio, classificato sismico sin dal 1927 (r.d. 431/1927), è attualmente classificato in **zona sismica 2** (d.g.r.t. 26 maggio 2014, n. 421: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'o.p.c.m. 3519/2006 ed ai sensi del d.m. 14/01/2008 - Revoca della d.g.r.t. 431/2006). Essa appartiene alla **Zona Sismogenetica 915** (Meletti e Valensise, 2004), cui corrisponde una magnitudo momento massima **MW,max = 6.60**. Secondo il d.m. 14/01/2008 (N.T.C.) la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel paragrafo 3.2.1 delle N.T.C., nel periodo di riferimento VR , come definito nel paragrafo 2.4 delle N.T.C.

Si riportano di seguito alcune fondamentali definizioni.

- La **vita nominale** di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente e deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale VN (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

- La **classe d'uso** delle costruzioni viene individuata secondo la tabella sottostante e ad ogni classe definita corrisponde un diverso **coefficiente d'uso Cu**.

		Coefficiente d'uso Cu
<i>Classe I</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.	0,7
<i>Classe II</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.	1,0

<i>Classe III</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.	1,5
<i>Classe IV</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.	2,0

- Il **periodo di riferimento** dell'azione sismica V_R si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Gli stati limite introdotti dalle NTC sono gli stati oltre i quali la struttura non soddisfa più i pertinenti criteri di progetto; rappresentano la frontiera tra il dominio di stabilità e quello di instabilità.

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

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi (stato limite d'esercizio);
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature (stato limite d'esercizio);
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali (stato limite ultimo);
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali (stato limite ultimo).

Mediante un approccio "sito dipendente" si calcolano i valori dei parametri spettrali indipendenti (a_g : accelerazione orizzontale massima al sito, F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) dell'azione sismica di progetto utilizzando le coordinate geografiche del sito in esame, in riferimento al reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'allegato B del d.m. 14/01/2008). Questo reticolo è caratterizzato da una griglia di punti, a parametri noti, nella quale per qualsiasi punto, sempre individuato all'interno di una maglia costituita da quattro punti, si risale ai valori di interesse attraverso un calcolo di interpolazione.

Poste per l'intervento in esame le seguenti coordinate geografiche (ED 50) espresse in gradi decimali:

latitudine	44.001347°
longitudine	11.239568°

Si determinano i parametri d'interesse utilizzando il programma di calcolo gratuito "Spettri NTCver.1.0.3." fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, utilizzando il metodo di interpolazione "superficie rigata".

Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
30	0,061	2,466	0,257
50	0,078	2,444	0,263
475	0,194	2,398	0,286
975	0,249	2,415	0,287

In osservanza al criterio prestazionale delle N.T.C., nell'ipotesi progettuale relativa a Vita nominale e Classe d'uso delle opere in oggetto indicata dal Progettista Strutturista, di seguito riportata.

Ipotesi di scelta progettuale	
Vita nominale VN	50 anni
Coefficiente d'uso CU	2,0 (classe d'uso IV)

Si ottengono i seguenti parametri sismici.

Tr [anni]	Pvr Probabilità	Stati limite	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
60	81%	SLO	0,085	2,439	0,265
101	63%	SLD	0,107	2,410	0,271
949	10%	SLV	0,246	2,414	0,287
1950	5%	SLC	0,308	2,414	0,309

Amplificazione locale – Calcolo Vs,30 – Categoria del sottosuolo di fondazione

L'analisi dell'amplificazione sismica locale, basata sull'integrazione delle evidenze geomorfologiche con i risultati delle indagini in situ, ha permesso di evidenziare molteplici aspetti legati alla potenziale amplificazione dinamica dei terreni, che si traducono nella determinazione dei coefficienti sismici.

Nella valutazione dell'**amplificazione topografica**, sulla base delle categorie topografiche individuate nella tabella seguente.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

(Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m).

si utilizzano i valori del coefficiente d'amplificazione topografica **ST** sotto riportati

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

(La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove ST assume valore unitario).

ed in ragione dell'ubicazione dell'intervento in oggetto su un'area sostanzialmente pianeggiante si valuta il:

Coefficiente di amplificazione topografica ST	1,00
-----------------------------------------------	-------------

Al fine della valutazione dell'**amplificazione stratigrafica** è stata stimata la classificazione del sottosuolo calcolando, in ottemperanza alle normative vigenti, la media pesata della velocità delle onde sismiche di taglio Vs secondo la seguente formula.

$$Vs30 = 30/\Sigma (hi/Vi)$$

Dove hi e Vi indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori a partire dal piano di fondazione dell'edificio.

Per il calcolo del parametro Vs30 sono state utilizzate le indagini geofisiche ST14 realizzata nel luglio 2006 e DHS5 realizzata nel gennaio 2007 in prossimità dell'edificio scolastico, i cui elaborati sono presentati nella documentazione allegata. Secondo una valutazione cautelativa dei dati raccolti si ottiene la seguente sismostratigrafia di progetto che assume quindi il valore di modello sismostratigrafico cautelativo di riferimento per l'intervento in oggetto:

Sismostratigrafia						
Sismostrato	Profondità dal p.c.	Spessore (m) dal p.c.	Spessore (m) dal piano di posa della fondazione	Litotipo/Formazione	Vs (m/s)	Vs (m/s)
1	da -0,00 (1,45) a -2,10 m dal p.c.	2,10 m	0,65	Riporto (hr)	240	318
2	da -2,10 a -6,05 m dal p.c.	3,95m	3,95	Depositi alluvionali (SIV2) ghiaioso sabbioso limosi	310	
3	da -6,05 a -10,90 m dal p.c.	4,85 m	4,85	Depositi fluvio-lacustri (MGO1a1) argilloso limosi talora lignitiferi	340	
4	da -10,90 a -30,00 (31,45) m dal p.c.	19,10 m	20,55	Formazione dell'Acquerino (AQR2) pelitico-arenacea	790	790

Tabella 3 – Modello Sismostratigrafico SUD

(Per inciso il modello stratigrafico NORD differisce da quest'ultimo per la maggiore profondità del substrato stimato a circa 48,00 m di profondità dal p.c. -sulla base delle indicazioni della sismica a rifrazione di superficie- e di conseguenza per il maggior spessore dei depositi fluvio-lacustri.)

Nel caso in esame si deve premettere che:

- il piano di posa della fondazione, (comunicazione del Progettista 2009) sulla base di saggi di scavo sulle fondazioni, è individuato a - 1,45 m dal p.c.;
- il sondaggio ha incontrato una formazione rocciosa a circa 10,90 metri dal p.c. ed è stato interrotto a 20 metri con ampio margine di profondità del substrato rispetto a quanto previsto dal programma del Servizio Sismico Regionale; pertanto il valore di Vs da attribuire al tratto che manca per raggiungere i 30 metri di profondità dal piano di fondazione, è stato estrapolato in analogia rispetto a quello del tratto di formazione rocciosa perforata;
- la presenza di una complessa morfologia sepolta individuata con la linea di sismica a rifrazione ha indirizzato l'utilizzo integrato sia della down hole che della sismica di superficie osservando tutte le casistiche possibili, in funzione dell'ubicazione del palazzo comunale, al fine di utilizzare la più cautelativa:
 - quasi tutte le casistiche esaminate hanno fornito, con valori diversi, l'attribuzione ad un sottosuolo B;
 - in base, però, a considerazioni di estrema cautela, valutando che il substrato cataclasitico incontrato nel sondaggio S5, giunto fino a 20 m dal p.c., ha fornito valori di Vs (790 m/s) solo prossimi ad un “substrato sismico” di normativa, considerato che tale litologia può avere una estensione spaziale circoscritta nel raggio di qualche metro, considerata inoltre la Vs di 980 m/s ottenuta dalla sismica di superficie e distribuita omogeneamente nel substrato indagato, individuata la porzione meridionale dell'edificio come riferimento cautelativo per il calcolo, posta la prova down hole come base del calcolo, si è evidenziato un significativo contrasto di impedenza sismica (2,48) tra copertura e bedrock.

sulla base di quanto esposto, dallo svolgimento della formula precedentemente descritta si ottiene il seguente risultato:

Vs30	501 m/s
------	---------

che corrisponde numericamente alla categoria di sottosuolo B, ma che in virtù del ragionamento sopra esposto si ritiene possa ricadere in categoria S2 e quindi riconducibile in via cautelativa alla **categoria di sottosuolo E**.

Sulla base delle definizioni normative del d.m. 14/01/2008 è possibile riferire il sottosuolo sismico in esame alla:

Categoria di sottosuolo	E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).</i>
-------------------------	----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

In funzione della categoria di sottosuolo si ottiene il valore del Coefficiente di amplificazione stratigrafica:

Categoria sottosuolo	S _s
E	1,00≤2,00-1,10.F _{0,a_g} /g≤1,60

nel caso specifico:

	SLD (101 anni)	SLV (949 anni)
S _s Coefficiente di amplificazione stratigrafica	1,600	1,345

Si forniscono inoltre, in funzione della strategia progettuale, i seguenti coefficienti sismici.

Coeffienti sismici	SLD (101 anni)	SLV (949 anni)
C _c (coefficiente funzione della categoria di sottosuolo)	1,938	1,894
T _B	0,175 s	0,181 s
T _C	0,526 s	0,544 s
T _D	2,028 s	2,586 s
A _{max} (accelerazione sismica massima)	1,682	3,263
Beta (coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito)	0,24	0,28
K _h (coefficiente sismico orizzontale)	0,041	0,093
K _v (coefficiente sismico verticale)	0,021	0,047

9. Analisi di risposta sismica locale

Come già ricordato, secondo lo studio di Microzonazione sismica di livello 3, l'area ricade in zona F di amplificazione sismica (fattore di amplificazione di Housner-fH compreso tra 1,5 e 2,0 Hz) e secondo l'art. 7 della Relazione Geologica (aggiornamento dicembre 2013) di supporto al RUC “Per le aree classificate come zone E, F, G e H dallo studio di microzonazione sismica di livello 3 -corrispondenti ad un livello di pericolosità sismica elevata F.S.3- si ritiene obbligatorio che la progettazione di edifici strategici e/o rilevanti ricadenti in classi di indagine 3 e 4 (di cui al reg. regionale 36R/2009) sia effettuata mediante l'ausilio di analisi di risposta sismica locale di sito, adottando le condizioni più cautelative tra quelle ricavate dall'analisi di sito e quelle ottenute mediante la definizione delle categorie di sottosuolo di cui alle NTC 2008”.

L'analisi di risposta sismica locale monodimensionale (RSL) condotta su due diverse sismostratigrafie rappresentative dei settori settentrionale e meridionale dell'edificio, ed i cui dettagli sono riportati in allegato, ha sostanzialmente evidenziato per il settore sud dell'edificio, una situazione di amplificazione sismica specifica peggiorativa rispetto a quella emersa dalla determinazione “semplificata” delle NTC 2008 (categoria di sottosuolo E) fino al periodo di 0,28 secondi (0,22 s per SLD), mentre per periodi superiori prevale lo spettro di categoria E.

Per il settore nord la RSL sia per SLD che per SLV è sempre risultata inferiore allo spettro di cat. E

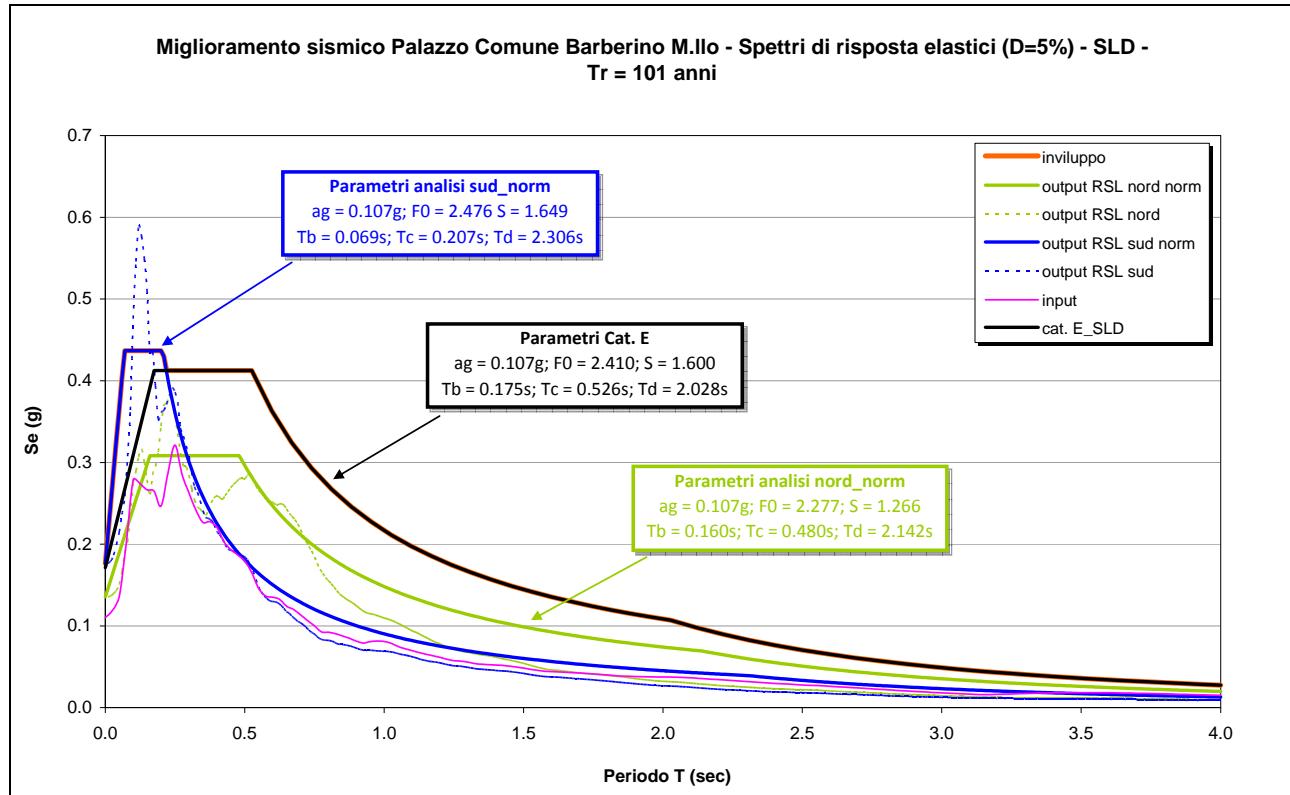


Fig. 17a - Spettro RSL normalizzato SLD

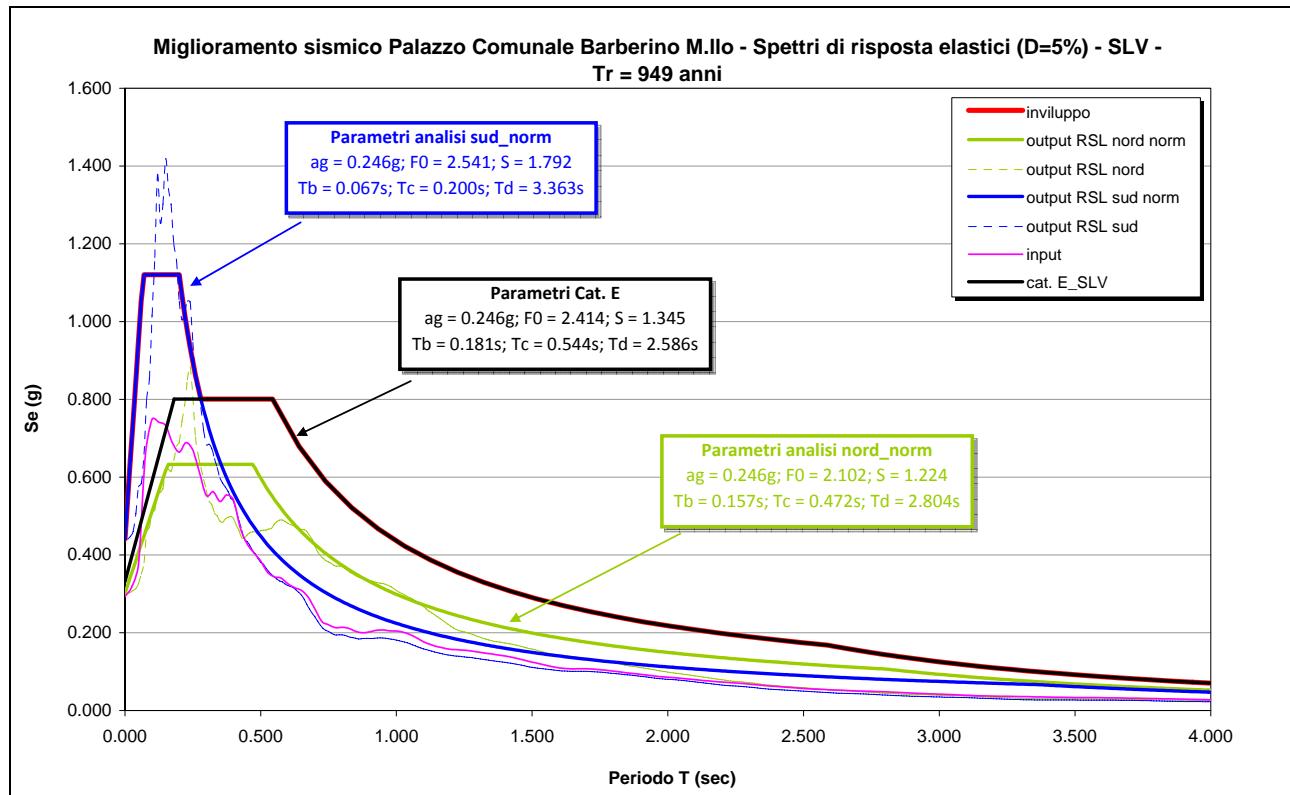


Fig. 17b – Spettro RSL normalizzato SLV

Su richiesta del Progettista, in accordo con Uffici regionali competenti, nell'ottica di eseguire un'analisi polimodale della struttura, sono stati individuati degli spettri specifici (inviluppo) che tenessero conto di

una situazione cautelativa su tutti i periodi. Tali spettri specifici (inviluppo) sono stati definiti come il risultato della somma del ramo di spettro normalizzato RSL da 0 fino al periodo di intersezione più il ramo di spettro della categoria E dal periodo di intersezione in poi. Tale operazione è stata condotta sia per SLD che per SLV.

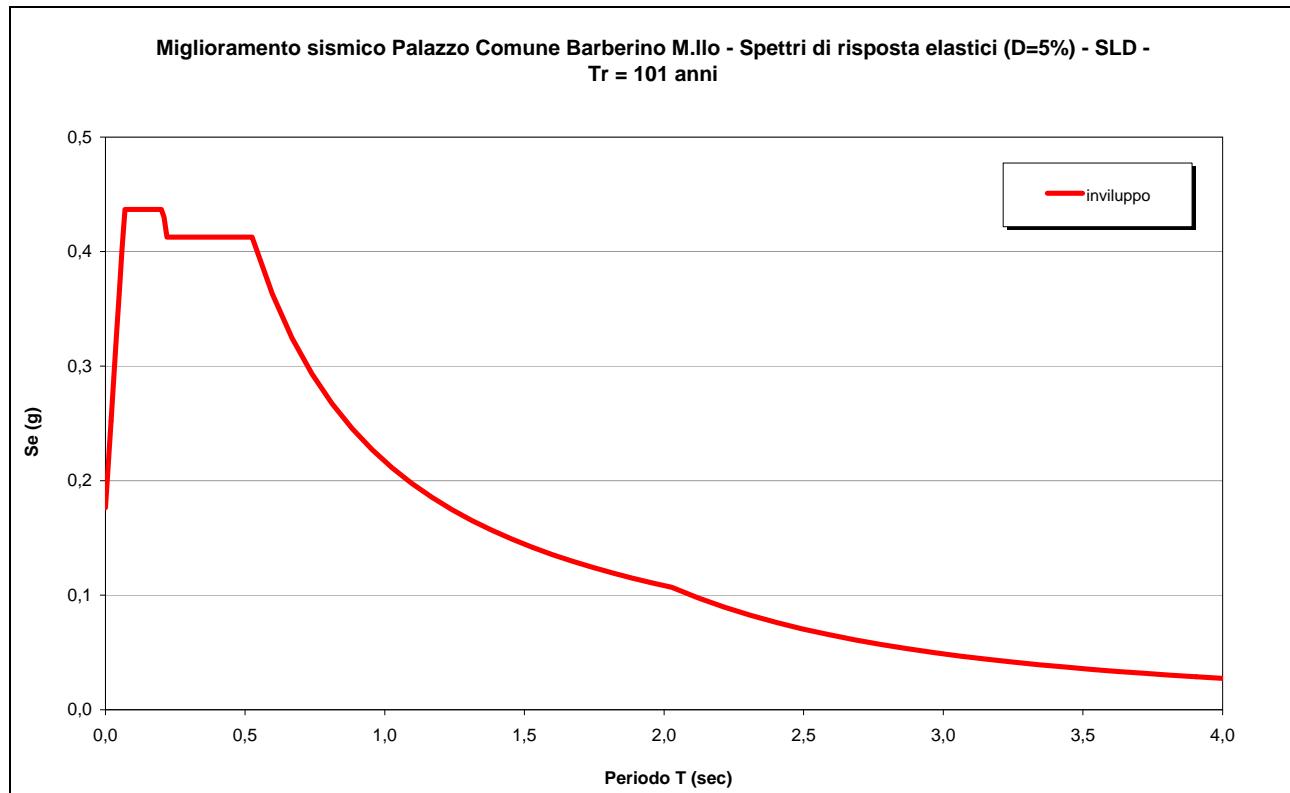


Figura 18a - Inviluppo SLD

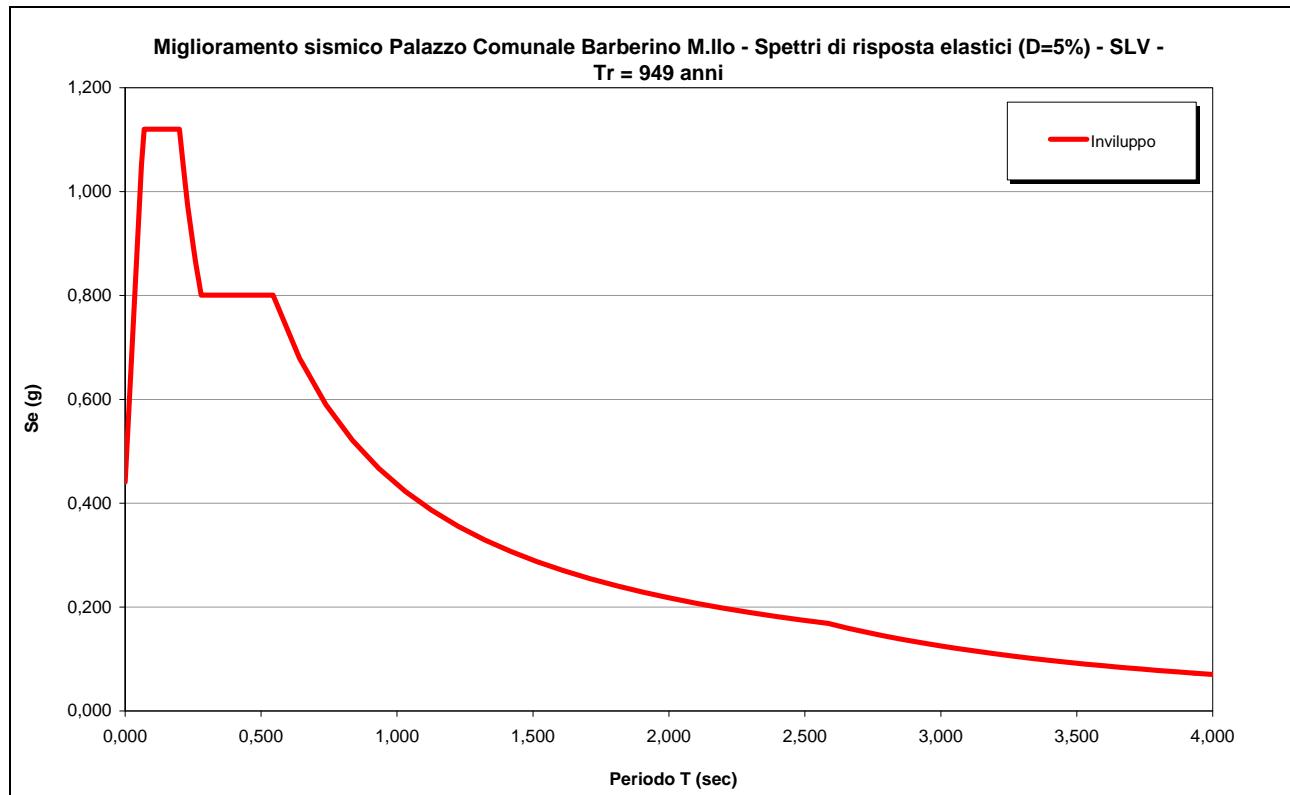


Figura 18b - Inviluppo SLV

Per una ulteriore necessità progettuale legata alla ammissibilità a finanziamento pubblico dell'intervento di miglioramento sismico è stata prodotta una scalatura dello spettro RSL di interesse (inviluppo sud) per un Tempo di ritorno di 35 anni (SLD) e per un Tempo di ritorno di 77 anni (SLV). La scalatura, in accordo con gli Uffici regionali competenti, è stata eseguita tenuto conto del rapporto tra le accelerazioni tra tempo di ritorno di normativa e tempo di ritorno ridotto (con individuazione grafica della relativa accelerazione).

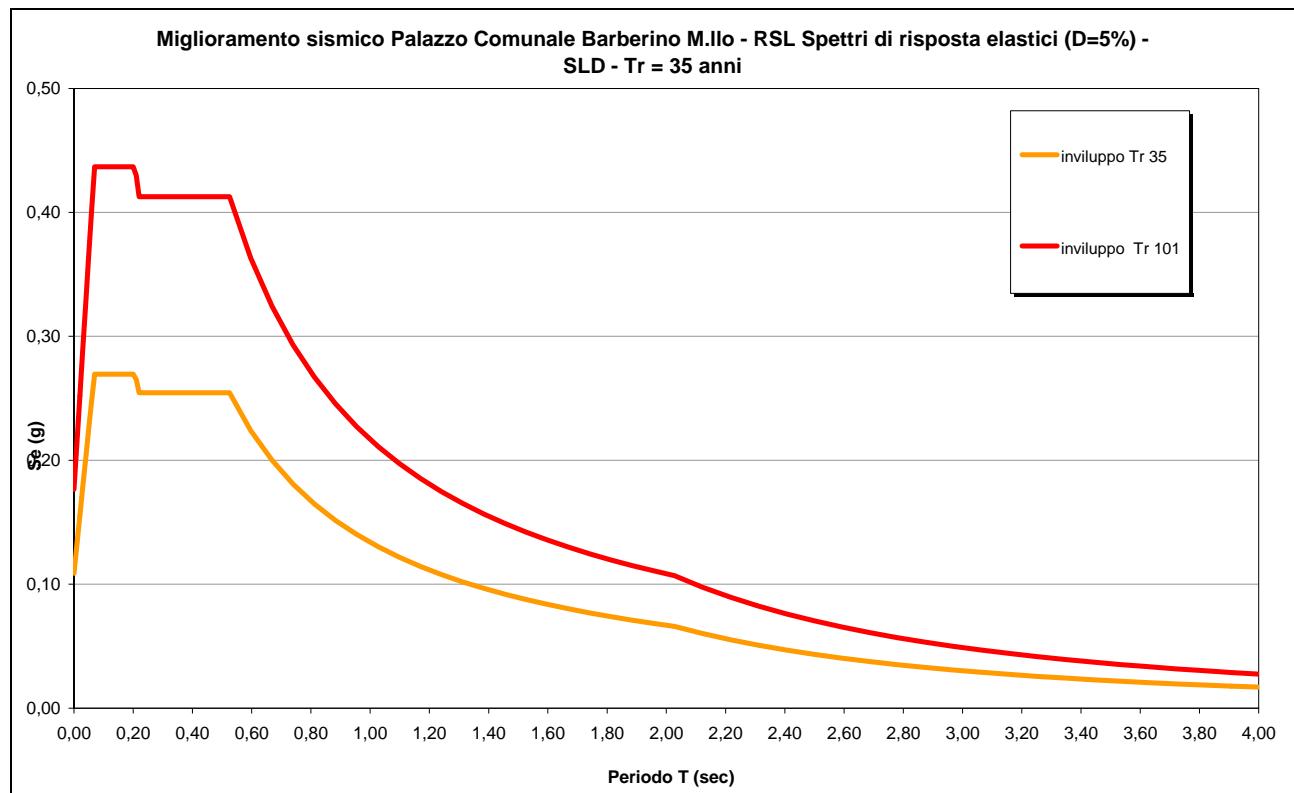


Figura 19a - Scalature dello spettro RSL (SLD)

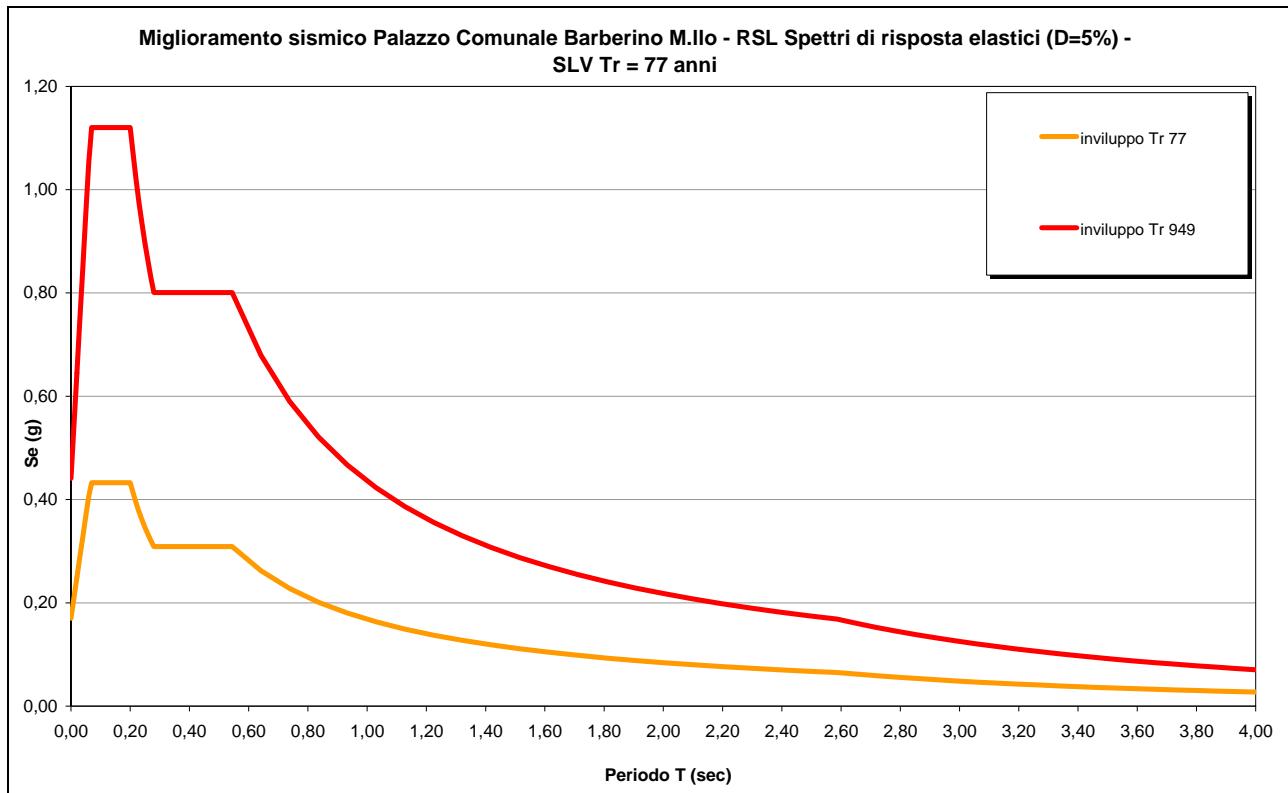


Figura 19b - Scalature dello spettro RSL (SLV)

Si precisa che in relazione alla scalatura del ramo di inviluppo relativo alla categoria E, è facoltà del Progettista delle strutture adottare spettri più cautelativi eventualmente forniti da software dotati di maggiore accuratezza.

Il modello sismico elaborato appare di buona affidabilità con riferimento alle problematiche rilevate ed all'intervento in progetto.

10. Verifica della suscettibilità di liquefazione

Il fenomeno della **liquefazione** consiste nel quasi totale annullamento della resistenza al taglio di una litologia granulare satura determinata dall'annullamento degli sforzi efficaci, per effetto di sollecitazioni cicliche (sismiche), con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi viscosi. Secondo il d.m. 14/01/08 la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$, dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 20a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 20b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

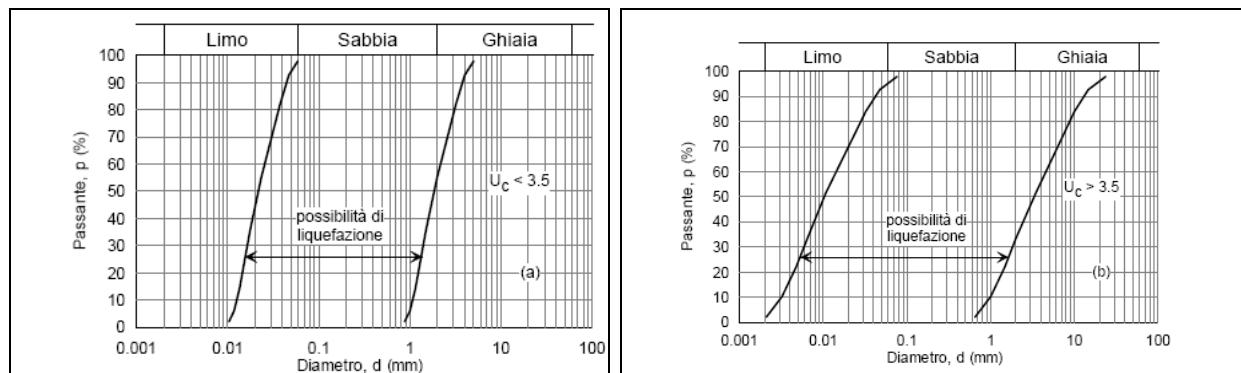


Fig. 20a,b – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (a- per $U_c < 3,5$; b- per $U_c > 3,5$).

Quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Per il sito in esame le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte e le ulteriori indagini geotecniche hanno verificato le condizioni 3, 4 e 5, come di seguito descritto:

- profondità della falda rilevata a circa - 3,10 m dal piano di campagna (da sondaggio S5);
- i valori di Nspt della DPSH1 risultano inferiori a 30 (da DPSH1);
- per quanto le granulometrie osservate nel sondaggio risultino grossolane ed eterogenee non è stato possibile condurre un'analisi granulometrica rigorosa.

Si esegue quindi una **verifica della liquefazione dinamica** dei depositi di copertura con il metodo semplificato di Andrus e Stokoe (1997). In generale i metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma. I vari metodi semplificati proposti in letteratura differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero

dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs.

Secondo il metodo di Andrus e Stokoe (1997) la resistenza alla liquefazione di un deposito sabbioso può essere valutata attraverso la stima delle velocità delle onde S, partendo dai risultati ottenuti da stendimenti di sismica a rifrazione. La relazione è la seguente:

$$R (\text{CRR}) = 0,03(V_{s1}/100)^2 + (0,9/V_{s1c} - V_{s1}) - (0,9/V_{s1})$$

dove:

V_{s1} (m/s) = velocità delle onde S nello strato corretta = $V_s(1/\sigma v_0)^{0.25}$

e V_s è la velocità misurata e σv_0 (kg/cmq) è la pressione verticale efficace a metà strato;

V_{s1c} (m/s) = valore critico delle onde S nel deposito, ricavabile attraverso il seguente schema:

V_{s1c} (m/s)=220 se la percentuale di fine(FC)<5%;

V_{s1c} (m/s)=210 se FC=20%;

V_{s1c} (m/s)=200 se FC>35%;

interpolando per valori intermedi di FC.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia F_s (CRR/CSR)>1.

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Research (NCEER).

Considerando le caratteristiche del caso in esame ed in particolare:

$V_s = 240$ m/s (stimato dalla prova DHS5 per i primi 0,65 m dal piano di fondazione dell'edificio);

$V_{s1} = 283,92$ m/s;

$V_{s1c} = 220$ m/s (stima cautelativa);

Falda a piano campagna.

Si ottiene:

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove sismiche a rifrazione)				
Metodo semplificato				
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato				
PARAMETRI:				
γ	=	2,11	g/cm ³	
σ_{v0}	=	0,9706	kg/cm ²	
$\sigma_{vo'}$	=	0,5106	kg/cm ²	
profondità della prova	=	460	cm	
profondità falda	=	0	cm	
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³	
Pressione neutra	=	0,46	kg/cm ²	
z	=	4,6	m	
V_s	=	240		
V_{s1c}	=	220	m/s	
V_{s1}	=	283,92		
M	=	6,6		
MSF	=	1,52	se $M \leq 7,5$	
		1,39	se $M > 7,5$	
RISULTATI:				
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{v0})^{0.25}$	=	283,92 V_{s1}
R	=	$0,03^*(V_{s1}/100)^2 + (0,9(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$	=	0,223654468 R
T	=	$0,65^*((a_{max}/g)^*(\sigma_{vo}/\sigma_{v0}))^*r_d^*1/MSF$	=	0,167074462 $T_{M \leq 7,5}$
a_{max}/g	=	0,246	=	0,183717162 $T_{M > 7,5}$
r_d	=	0,838126		
$F_s=R/T$	>	1	=	1,338651432 F_s
			=	1,21738473 F_s
<i>"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820</i>				

Sulla base di tale verifica il deposito su cui è fondato l'edificio in oggetto risulta **non liquefacibile**.

11. Osservazioni conclusive

Lo studio geologico-geotecnico del sottosuolo sul quale è previsto l'intervento di miglioramento sismico in progetto ha permesso la definizione di un modello geologico che, opportunamente implementato dalle indagini geognostiche d'archivio e di nuova realizzazione ha consentito di esprimere la positiva valutazione della fattibilità dell'intervento di cui trattasi.

Con questi presupposti è stato definito un modello geotecnico, affinato e aggiornato rispetto a quello delle verifiche sismiche del 2009, capace di fornire i necessari parametri geotecnici caratteristici e indirizzare opportunamente le scelte progettuali.

Inoltre, in attuazione delle prescrizioni del RUC vigente, è stata condotta una analisi di risposta sismica locale (RSL) che, in riferimento alle strategie di progettazione adottate, ha fornito un modello sismico (spettro) più articolato e cautelativo rispetto al precedente (2009).

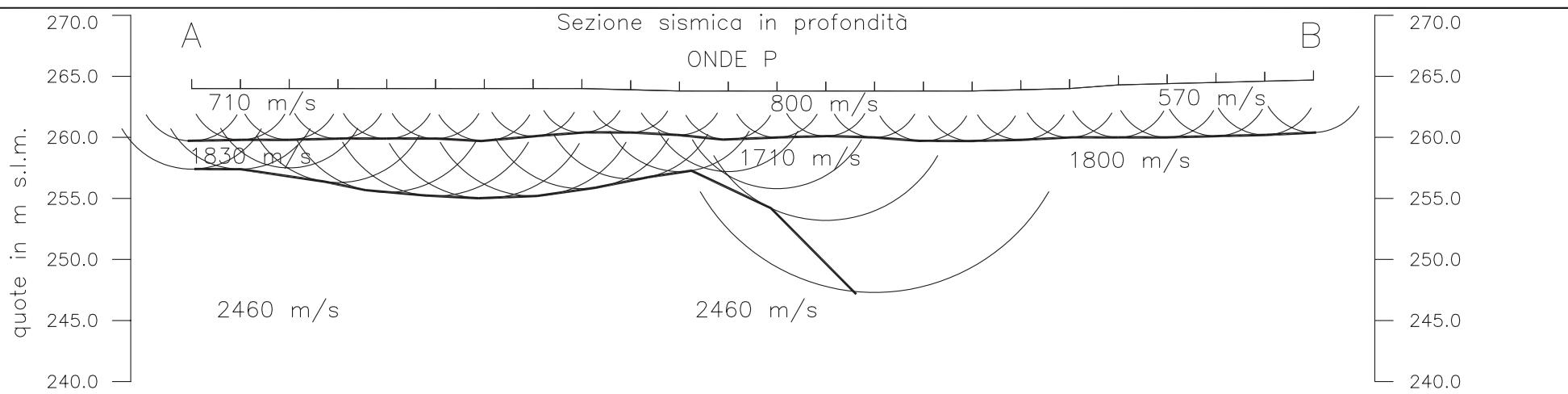
Infine per una ulteriore necessità progettuale legata alla ammissibilità a finanziamento pubblico dell'intervento di miglioramento sismico è stata prodotta una scalatura degli spettri RSL di interesse per i tempo di ritorno richiesti.

Castellina Marittima, 5 novembre 2018

dott. geol. Francesco Calderini



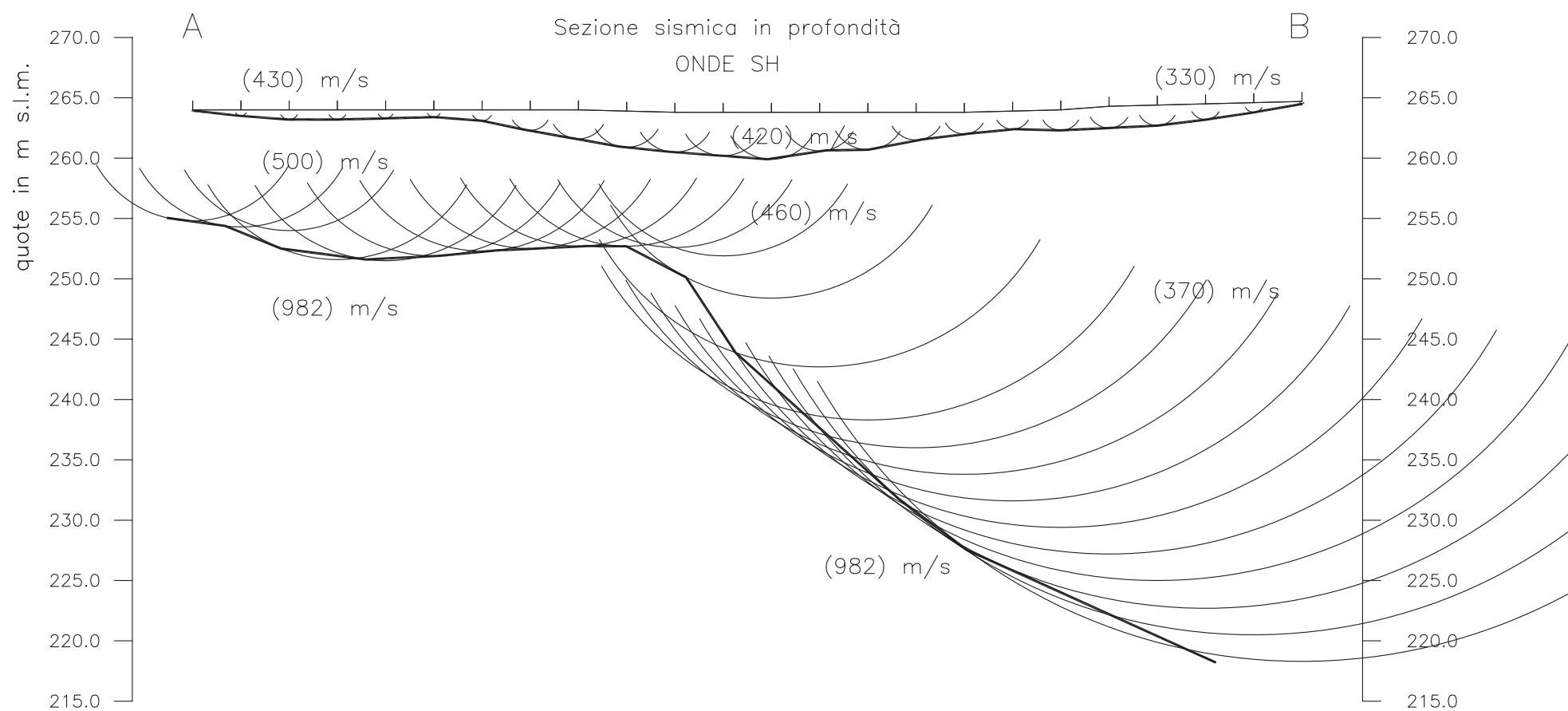
ALLEGATI



COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO
Provincia di Firenze
Allegato A1

INDAGINI GEOFISICHE PROGETTO VEL-REGIONE TOSCANA
PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE MEDIANTE
ONDE P ED ONDE SH
PRESSO IL PALAZZO COMUNALE Viale della Repubblica - ST14
IN LOCALITÀ CAPOLUOGO - COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO (FI)
Tavola 05 - Sezione A-B
Sezione sismostratigrafica - Onde P - Onde SH

Geofisica
Toscana s.a.s.
Firenze



Legenda

- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica
del limite di strato all'inviluppo degli archi
- 2500 m/s Velocità sismica dello strato
in metri al secondo



Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali

COMMITTENTE: Regione Toscana

DATA ESECUZIONE: luglio 2006

RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: V.D'Intinosante, M. Rossi - SSR (12/2007)

SERVIZIO SISMICO REGIONALE

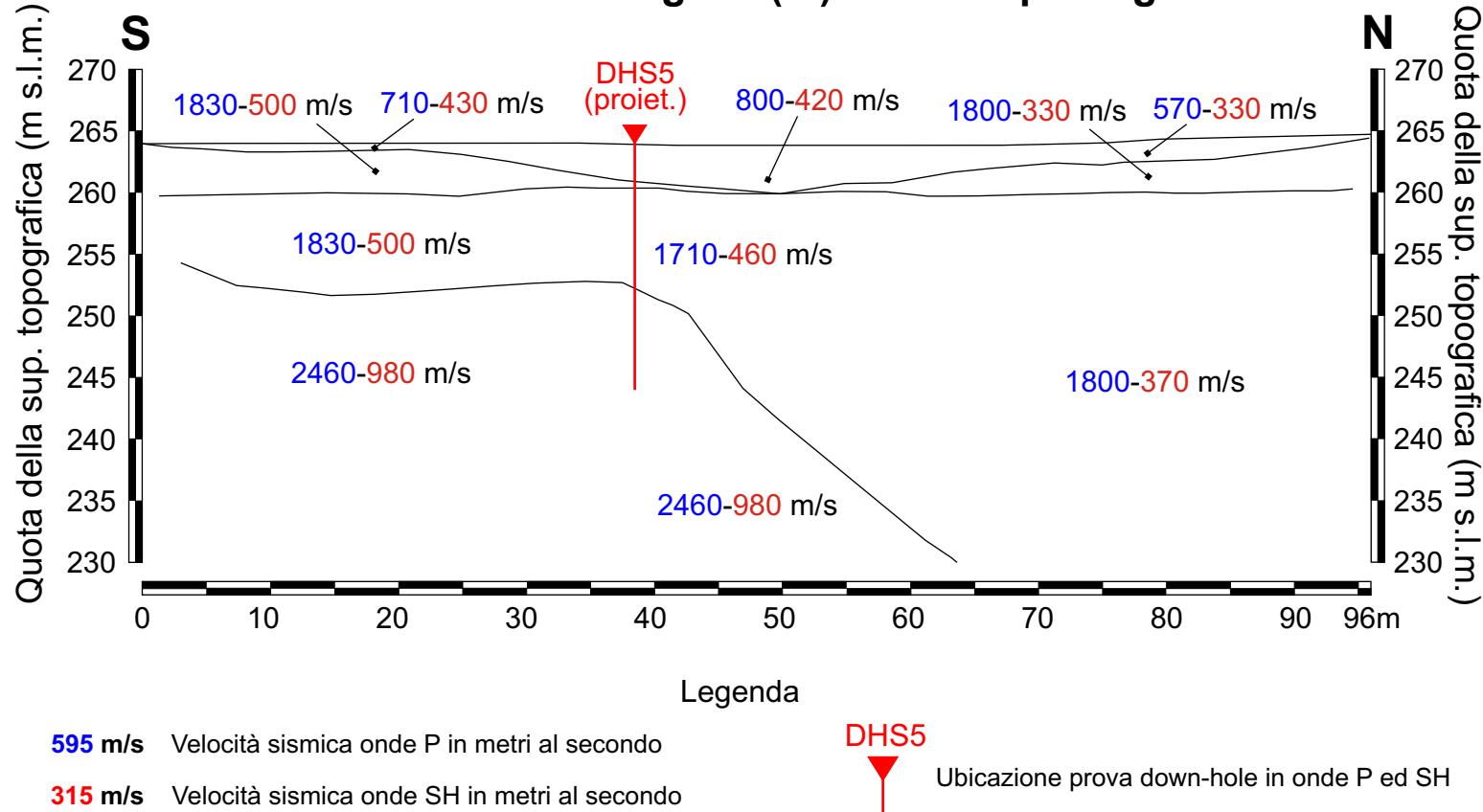
DITTA ESECUTRICE: Geofisica Toscana s.a.s.

PROGRAMMA: VEL

REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla Ditta

STESA SISMICA A RIFRAZIONE St14 - ONDE P ed SH

Barberino di Mugello (FI) - Loc. Capoluogo



NOTE: L'elaborazione delle dromocronie porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso). Lungo la sezione è indicato il punto di realizzazione dell'indagini geofisiche in foro (prove down-hole in onde P ed SH), con relativa profondità. In particolare, il down-hole DHS5 è ubicato 30m a W della stesa sismica.

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

**REGIONE
TOSCANA**



PROGRAMMA V.E.L.: OPCM 3362 RIDUZIONE RISCHIO SISMICO EDIFICI STRATEGICI E RILEVANTI

**REGIONE TOSCANA - DIR. GEN.
PROVINCIA DI FIRENZE**

ORIALI E AMBIENTALI - SERVIZIO SISMICO REGIONALE
COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO

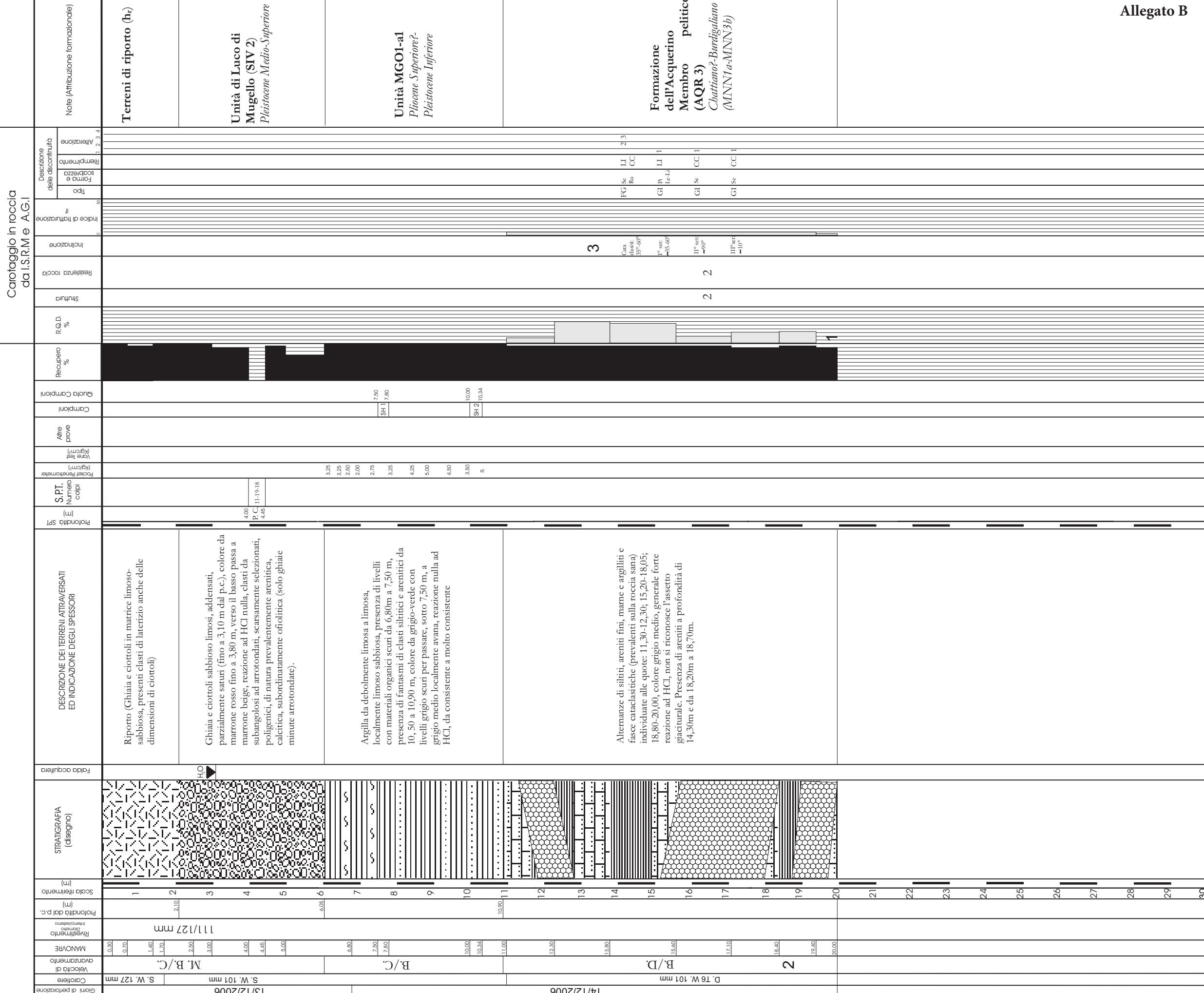
**REGIONE TOSCANA - DIR. GEN. POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI - SERVIZIO SISMICO REGIONALE
PROVINCIA DI FIRENZE
COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO**

SONDAGGIO N. **S5** GEOLOGO INCARICATO PER L'ASSISTENZA AL SONDAGGIO **GEOLOGO DELL'IMPRESA**
SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE **SGI Geosistemi srl**

DOGO INCARICATO PER L'ASSISTENZA AL SONDAGGIO **GEOLOGO DELL'IMPRESA** **SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE**

CANTIERE - - - - - SONDAGGIO N. S5 GEOLOGO INCARICATO PER L'ASSISTENZA AL SONDAGGIO - - - - - GEOLOGO DELL'IMPRESA - - - - - SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE - - - - - S.p.a. Giacomo al

CANTIERE PALAZZO COMUNALE	SONDAGGIO N. S5	GEOLOGO INCARICATO PER L'ASSISTENZA AL SONDAGGIO Francesco Calderini	GEOLOGO DELL'IMPRESA Alessandro Bazzurri	SONDAZORE - IMPRESA ESECUTRICE Sig. Gianluigi Laia Geotecnica Lavori srl
QUOTAZIONE ASS. PC. 264,00 m	TIPO DI SONDA COORDINATE X Y 1.679.517 E 4.874.365 N (marca, modello, ceppa, motivo)	MATI T14, 600 kgm	TIPO DI FLUIDO H₂O	STRUMENTAZIONE IN FORO E SUA PROFONDITA' Tubo PVC 80/90 mm cementato per DH, 20,00 m dal p.c.
DATA INIZIO/FINE 13/12/2006 - 14/12/2006	METODO DI PERFORAZIONE (caste o wie me)	Aste e carotiere	CASSE CATALOGARICI N.	PROFONDITA' RAGGIUNTA 4 - 20,00 m dal p.c.



Allegato B

Note: 1 - RQD pari a 0%: l'estrema fratturazione della roccia è dovuta a difficoltà tecniche nel recupero della carota.

2 - A 18,70 m il carotiere fa un "salto" di velocità probabilmente da attribuire al passaggio da roccia "sana" a catacasite.

Allegato A
Certificati di prova

CANTIERE	Sondaggio	Campione	Profondità	Apertura	W	γ	G_s	GR Vagliatura	GR Sedimentazione	LL/LP	RIC	EBO/CRS	DS/RS	CIU	CID	RC	VTL	Ciclica	LOCALI
BARBERINO	S4	SH1	5.50-5.80	1	1	1		1	1			1							
BARBERINO	S4	SH2	10.50-10.90	1	1	1	1		1	1		1		2		1	2		
BARBERINO	S5	SH1	7.50-8.0	1	1	1	1	1	1	1		1		2			2		
BARBERINO	S5	SH2	10.0-10.34	1	1	1	1	1	1	1		1				1	1		1
TOTALE PROVE				4	4	4	3	3	4	3	0	4	0	4	0	2	5	0	1

LEGENDA

D C	Apertura e descrizione campione
W	Contenuto d'acqua
γ_u	Peso di volume
G_s	Peso specifico dei grani
GR_vagli	Granulometria per vagliatura
GR_sedim	Granulometria per sedimentazione
LL/PL	Limi liquidi e plasticci
E DO	E dometra ad incremento di carico (IL) o a velocità di deformazione costante (CRS)
CR S	E dometra a velocità di deformazione costante (CRS)
DS/RS	Taglio diretto (DS) o taglio anulare (RS)
UU	Triassiale non consolidata e rottura non drenata
CIU_CK0U	Prova triassiale consolidata isotropicamente/ansotropicamente/rottura non drenata
CID_CK0D	Prova triassiale consolidata isotropicamente/ansotropicamente/rottura drenata
RC	Colonna risonante
TS	Taglio torsionale ciclico
TX_CICLICA	Prova triassiale ciclica
VTL	Misura del tempo di propagazione delle onde di taglio Vs
TX_LOCALI	Prova triassiale consolidata isotropicamente/ansotropicamente/rottura drenata/non drenata con

Tab. 1a – Elenco dei campioni disponibili e delle prove su di essi eseguite

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

N° verbale di accettazione: 010/2007

Dati Generali di Campionamento

Data prelievo: 05/12/06
Attrezzatura sondaggio ROTAZIONE
Attrezzatura prelievo: SHELBY
Modalità prelievo: PRESSIONE

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prelievo [m]:	7.50 - 8.00
Prova:	Dc
Data fine descrizione:	06/03/07

N° certificato di prova:

Dati Generali del Campione

Data arrivo in laboratorio:	08/02/07	Tipo contenitore:	FUSTELLA FERRO
Data estrusione campione:	13/02/07	Forma campione:	CILINDRICO
Condizioni contenitore:	BUONE	Dimensioni Campione:	Φ= 8,48 cm L= 22 cm
		Classe del terreno:	CLASSE 4

Descrizione

7.75m-7.97m : Limo con argilla debolmente sabbioso eterogeneo angolare subangolare grigio scuro (5y 4/1) duro.
Rari inclusi grigio verdastro (5gy 5/1) sparsi.

Schizzo	Penetrometro + [MPa]	// [MPa]	Scissometro + [MPa]	// [MPa]	Prove eseguite	
					Tx CK0U1 γ1 w1 Ft1 Edo IL1 Tx CK0U2 LLP1 Gr1 Gs1 Vtl1	
7,70 7,73 7,75 7,77 7,80 7,83 7,87 7,90 7,93 7,96 8,00 8,03 8,06 8,10 8,13 8,16 8,20 8,23 8,26 8,29 8,33 8,36 8,39 8,43 8,46						

Richiami

γ = Peso di volume

w = Umidità

Ft = Fotografia

Edo IL = Edometro incrementi di carico

Tx CK0U = Triassiale consolidata anisotropica (linea K0) rottura non drenata

LLP = Limiti di liquidità e plasticità

Gr = Analisi Granulometrica

Gs = Peso specifico dei grani

Vtl = Misura velocità onde elastiche

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

N° verbale di accettazione: 010/2007

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prelievo [m]:	7.50 - 8.00
Prova:	Cg
Data fine descrizione:	06/03/07

Prove	Profondità	Risultati prove	Riferimento procedure	N° certificato di prova
γ1	7.75m - 7.97m	Peso di volume = 19.25 [kN/m3]	PT-LMT-00021 REV. 1	
w1	7.75m - 7.97m	Umidità = 28 [%]	PT-LMT-00016 REV. 0	
LLP1	7.87m - 7.96m	Limite Liquido = 46 [%] Limite Plastico = 26 [%]	PT-LMT-00020 REV. 1	
Gs1	7.87m - 7.96m	Peso specifico dei grani = 2.659 [-]	PT-LMT-00019 REV. 1	

Concessione Ministeriale Decreto Nr. 55126 del 12/07/06 Settori A, B e C

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0		Pezzotta	Angeloni

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prelievo [m]:	7.75 – 7.97
Data prova:	13/02/07



Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

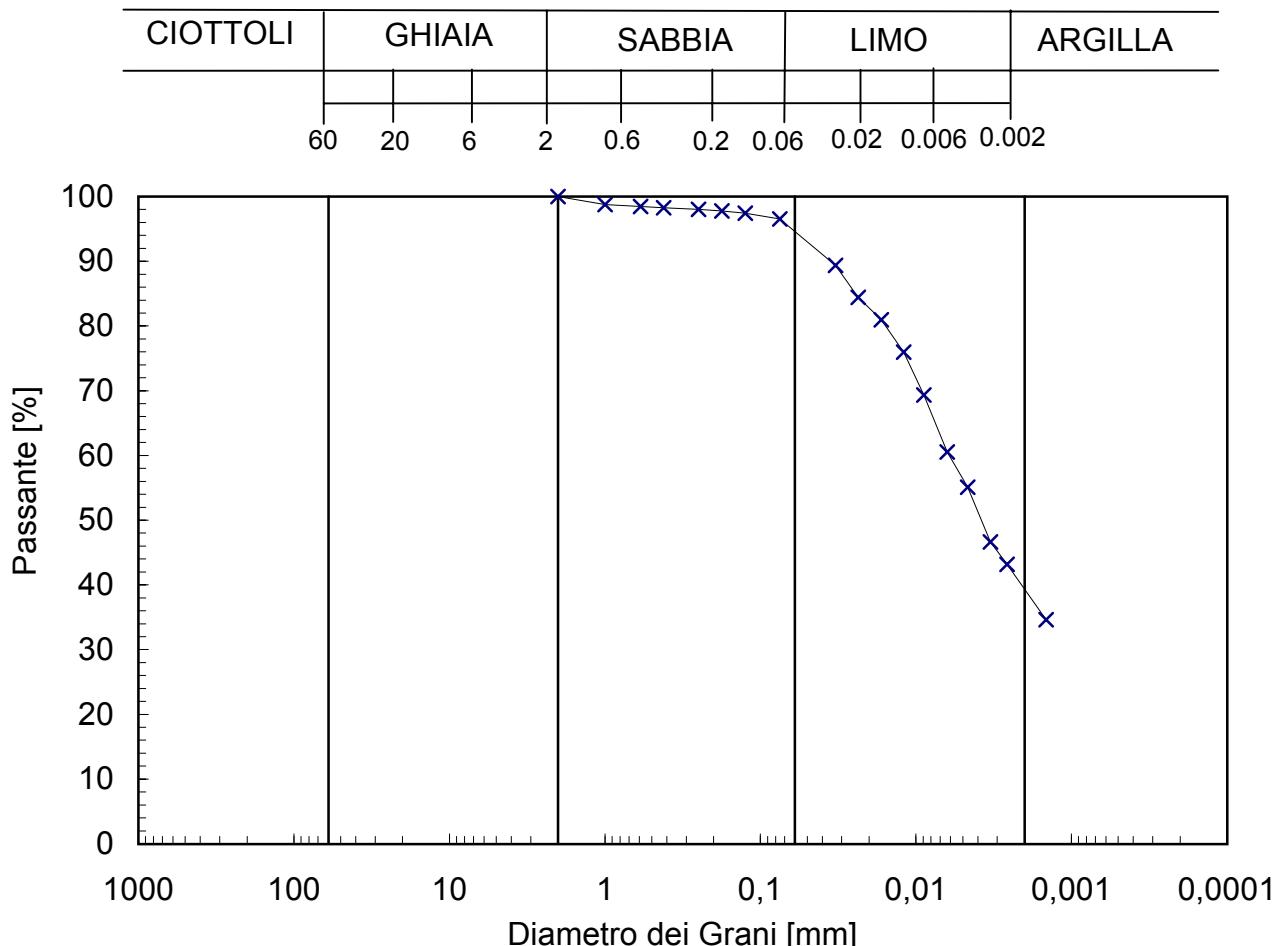
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D422/90

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 010/2007

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prelievo [m]:	7.87 - 7.96
Prova:	Gr 1
Data prova:	20/02/07



Prova	Simbolo	Profondità		Peso Secco Materiale [g]	Metodo Preparazione	% < 0,075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	D ₆₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₁₀ [mm]
		da m	a m			[mm]								
Gr 1	x	7,87	7,96	325,53	VIA UMIDA	97	-	-	5	55	39	6,1,E-03	3,8,E-03	2,7,E-04

NOTE:

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

N° certificato di prova:

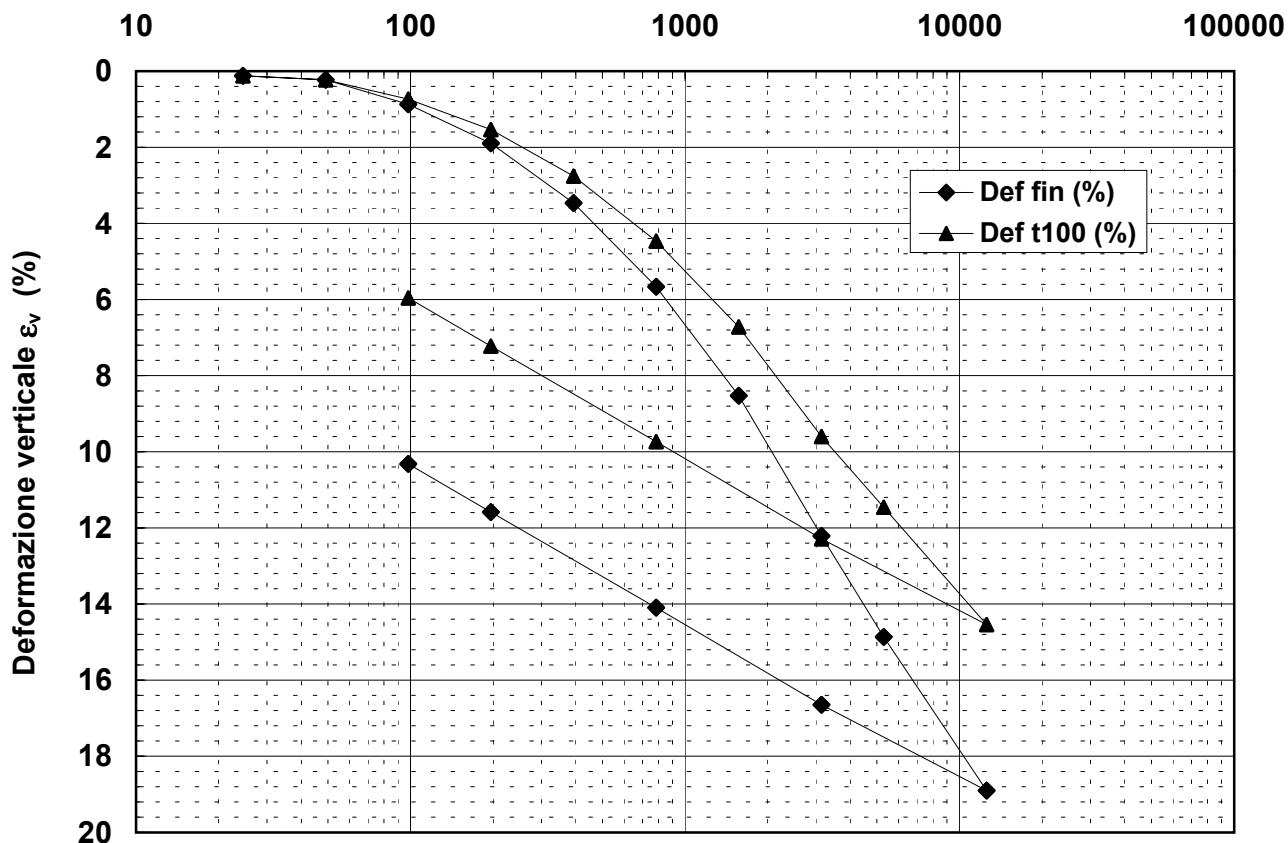
N° verbale di accettazione: 010/2007

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7.85 - 7.87
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali						Dati a fine prova						Metodo di preparazione	
		D	H	γ_u	w_i	γ_s	e	GS	H	γ_u	w_f	γ_s	e		
-	m	mm	mm	kN/m³	%	kN/m³	-		mm	kN/m³	%	kN/m³	-		
1	7,86	50,0	19,0	18,54	28,2	14,47	0,803	2,66	17,0	20,03	24,1	16,14	0,642		fustellazione

Tensione verticale efficace σ'_v (kPa)



Legenda:

D = diametro del provino

w = contenuto d'acqua

GS = Peso specifico dei grani

Subscript 'i' = iniziale

H = altezza del provino

e = indice dei vuoti

Subscript 'u' = umido

Subscript 'f' = finale

γ = peso di volume

Subscript 's' = secco

Note:	Il campione rigonfia sino ad un carico di 50 kPa
-------	--------------------------------------------------

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

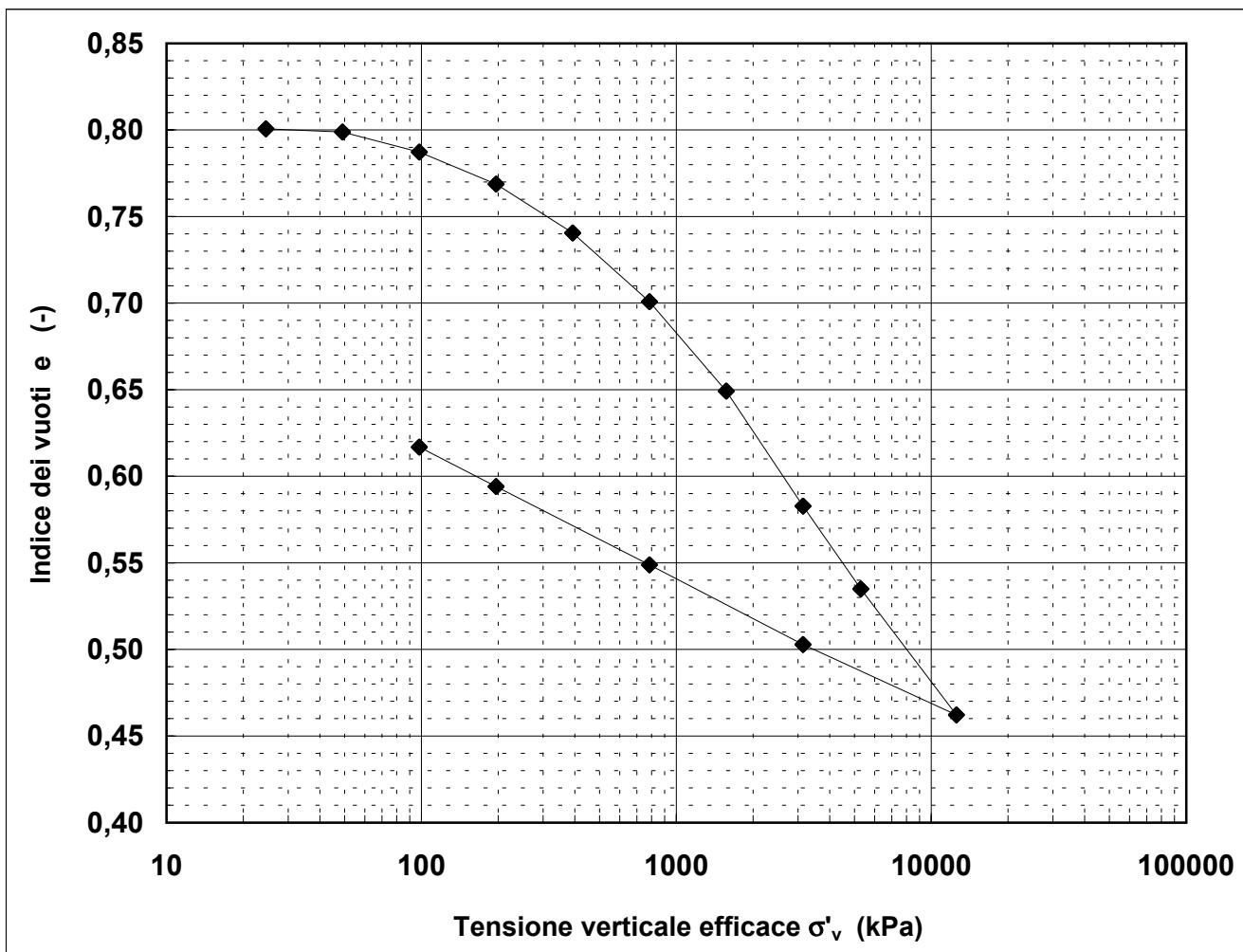
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7,85 - 7,87
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali							Dati a fine prova							Metodo di preparazione
		D	H	γ_u	w_i	γ_s	e	GS	H	γ_u	w_f	γ_s	e	-		
-	m	mm	mm	kN/m³	%	kN/m³	-	-	mm	kN/m³	%	kN/m³	-	-	-	
1	7,86	50,0	19,0	18,54	28,2	14,47	0,803	2,66	17,0	20,03	24,1	16,14	0,642			fustellazione



Legenda:

D = diametro del provino

w = contenuto d'acqua

GS = Peso specifico dei grani

Subscripto 'i' = iniziale

H = altezza del provino

e = indice dei vuoti

Subscripto 'u' = umido

Subscripto 'f' = finale

γ = peso di volume

Subscripto 's' = secco

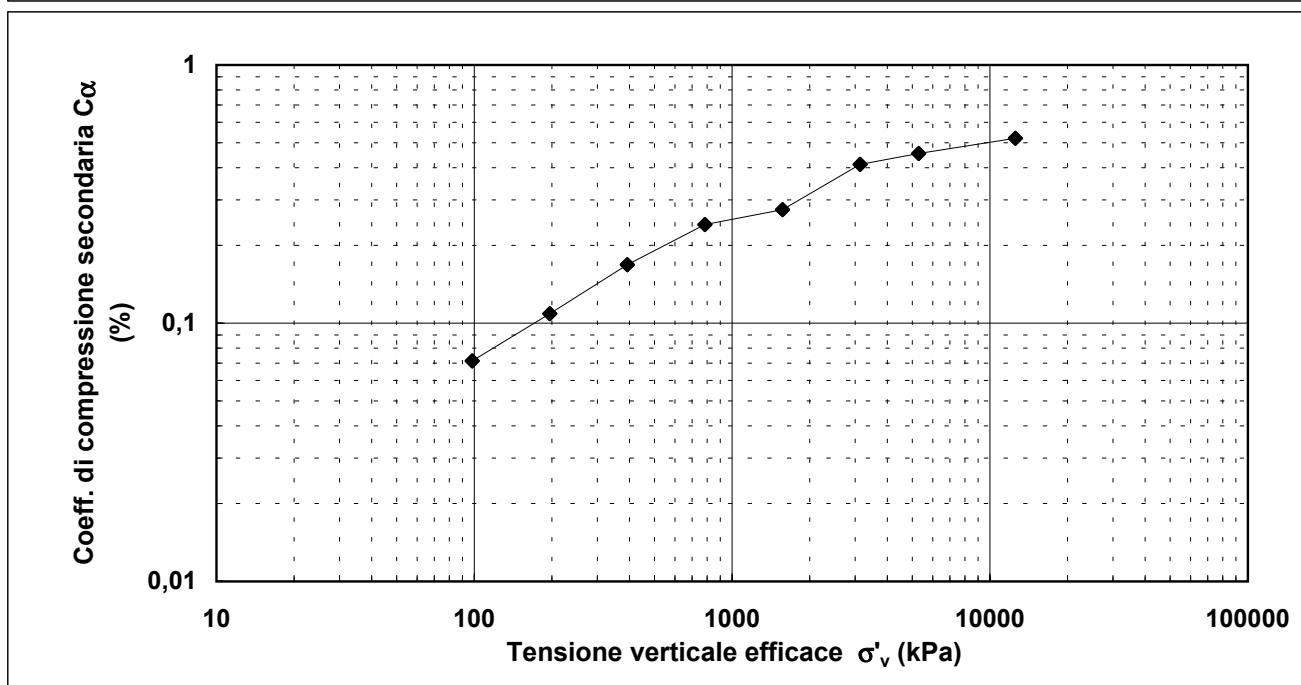
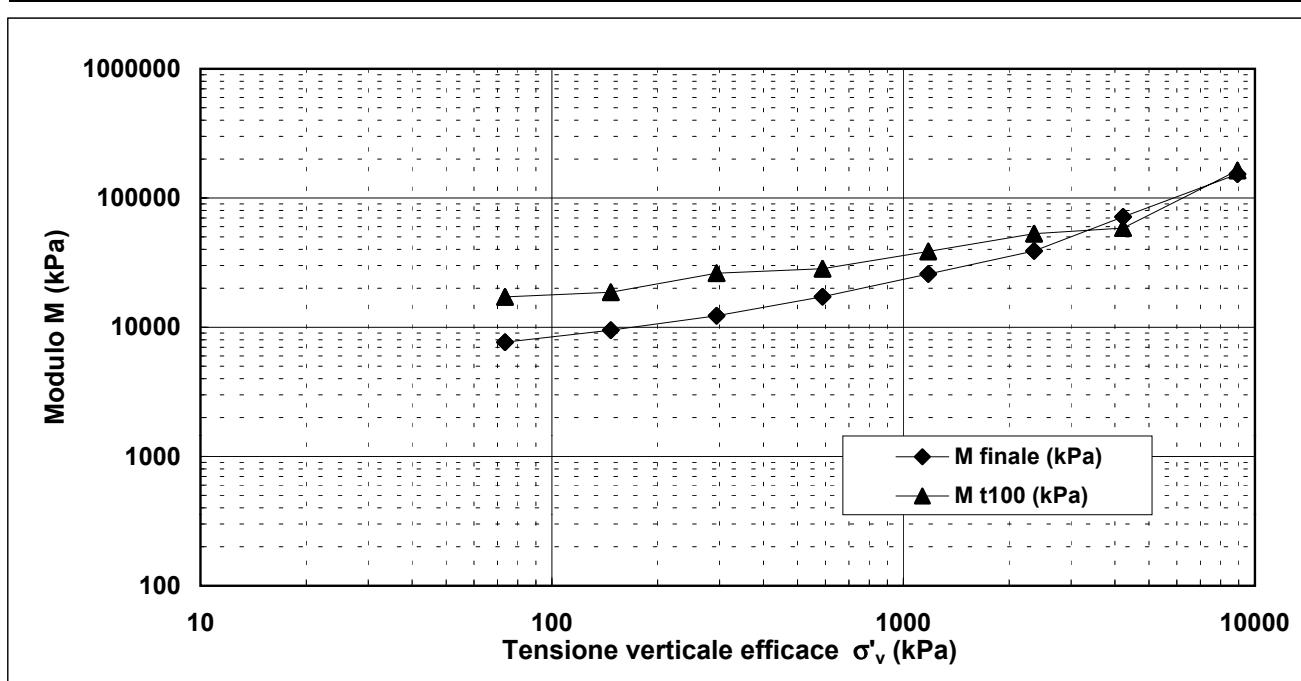
Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7.85 - 7.87
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07



Note:	
-------	--

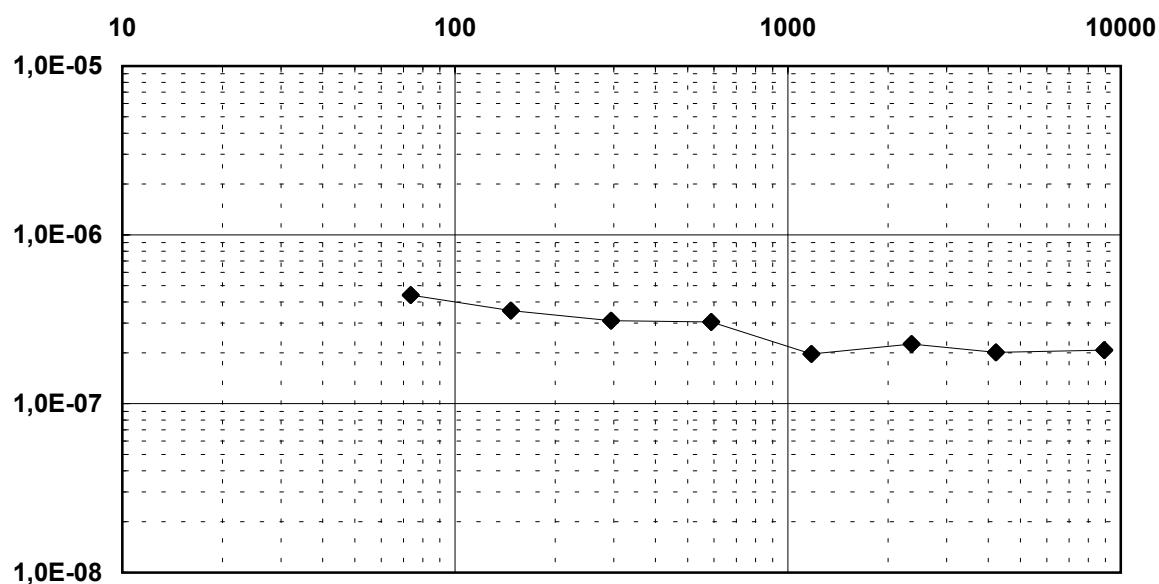
Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

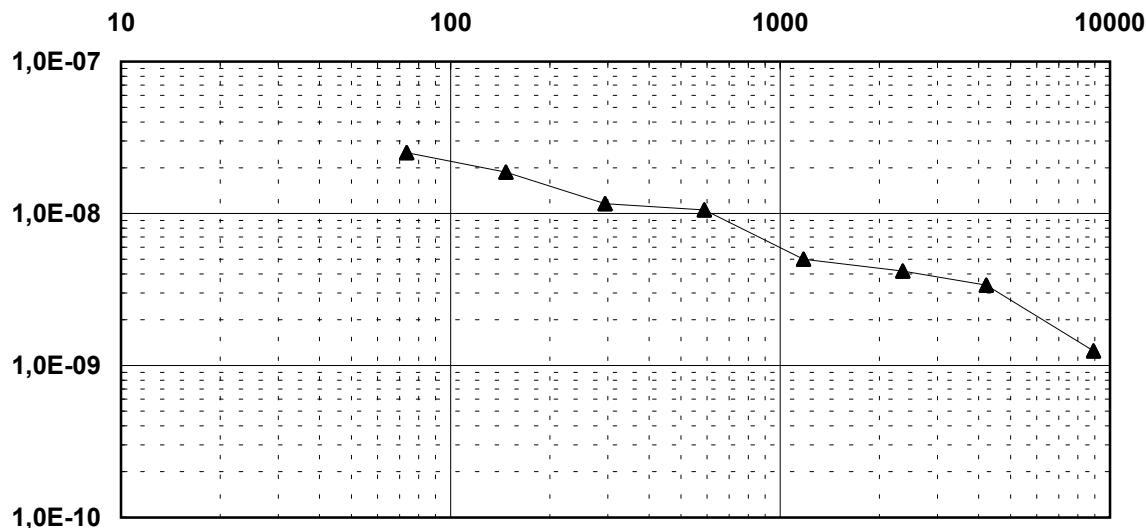
Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7.85 - 7.87
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Coeff. consolidazione verticale C_v



Tensione verticale efficace σ'_v (kPa)

Permeabilità k (cm/s)



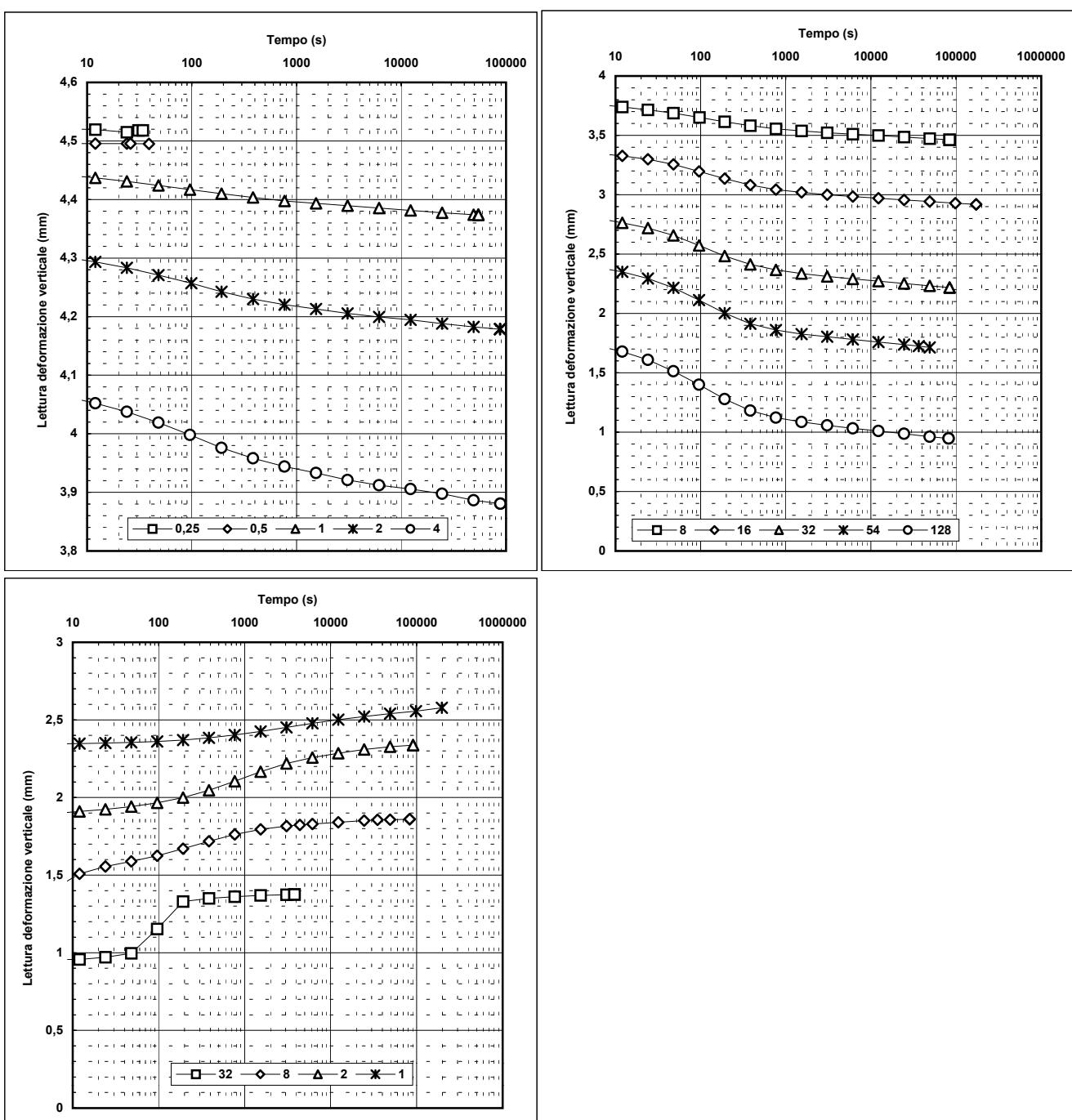
Note:

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7.85 - 7.87
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07



Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7,85 - 7,87
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Tensione di prova (kPa)	24,5	49,1	98,1	196,2	392,4	784,8	1569,6	3139,2	5297,4
Tensione media (kPa)	12,3	36,8	73,6	147,2	294,3	588,6	1177,2	2354,4	4218,3
Defor. finale (mm)	0,024	0,043	0,165	0,360	0,658	1,076	1,621	2,321	2,825
Defor. finale (%)	0,12	0,23	0,87	1,89	3,46	5,66	8,53	12,21	14,87
Altezza finale (mm)	18,977	18,957	18,835	18,640	18,342	17,924	17,380	16,680	16,176
Indice vuoti (-)	0,801	0,799	0,787	0,769	0,740	0,701	0,649	0,583	0,535
Defor. t100 (%)	0,12	0,23	0,74	1,54	2,76	4,47	6,72	9,60	11,46
Cv (m ² /s)			4,4E-07	3,6E-07	3,1E-07	3,047E-07	1,967E-07	2,255E-07	2,011E-07
M t100 (kPa)			17166	18645	26223	28332,08	38574,661	52991,431	58460
k (cm/s)			2,5E-08	1,9E-08	1,2E-08	1,055E-08	5,003E-09	4,175E-09	3,374E-09
M finale (kPa)			7652,8	9475,5	12272,4	17218,7	25834,3	38969,8	71424,0
C _α (%)			0,07	0,11	0,17	0,24	0,28	0,41	0,45

Tensione di prova (kPa)	12556,8	3139,2	784,8	196,2	98,1				
Tensione media (kPa)	8927,1	7848,0	1962,0	490,5	147,2				
Defor. finale (mm)	3,592	3,163	2,678	2,201	1,961				
Defor. finale (%)	18,90	16,65	14,09	11,58	10,32				
Altezza finale (mm)	15,409	15,837	16,322	16,799	17,040				
Indice vuoti (-)	0,462	0,503	0,549	0,594	0,617				
Defor. t100 (%)	14,54	12,29	9,73	7,22	5,96				
Cv (m ² /s)	2,077E-07								
M t100 (kPa)	163547,184								
k (cm/s)	1,2459E-09								
M finale (kPa)	153095,7								
C _α (%)	0,52								

Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Capoferra	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D4767/95

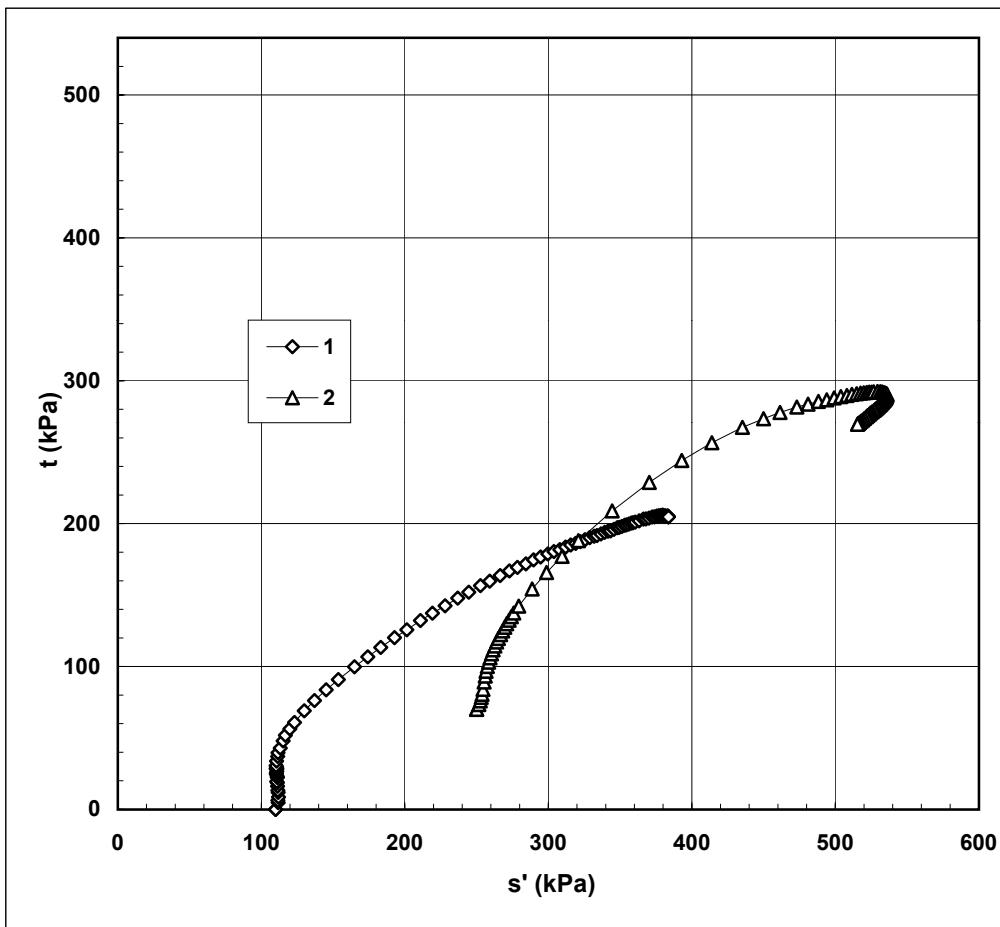
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 010/2007

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7.76m - 7.96m
Prova:	Tx CK0U
Provino:	1 2
Data prova:	14/02/07

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali					Dati a fine consolidazione							Dati a rottura				Metodo di preparazione - tipo di materiale		
		D	H	γ	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	ε_a	ε_v	e	DFC	v	t	s'	ε_a	
-	m	mm	mm	kN/m ³	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	%	%	-	g	mm/m	kPa	kPa	%	-
1	7,81	50,0	94,1	18,53	31,3	0,85	110,0	110,0	1,00	400	0,94	0,2	0,7	0,84	1	0,010	206,0	380	15,18	
2	7,92	50,0	96,8	19,24	27,3	0,73	320,1	180,0	0,56	300	0,95	0,8	1,0	0,71	1	0,020	292,4	529	5,895	fustellazione - indisturbato



Legenda:

- D = diametro del provino
- H = altezza del provino
- γ = peso di volume umido
- w = contenuto d'acqua
- e = indice dei vuoti
- σ, σ' = tensioni totali ed efficaci
- K = σ'_r / σ_a a fine consolidazione
- B.P. = back pressure
- B = coefficiente di Skempton
- ε = deformazioni
- $t = (\sigma_a - \sigma_r) / 2$
- $s' = (\sigma'_a + \sigma'_r) / 2$
- U = pressione interstiziale
- DFC = durata consolidazione
- v = velocità delle pressa
- Subscritto 'a' = assiale
- Subscritto 'r' = radiale
- Subscritto 'v' = volumetrico

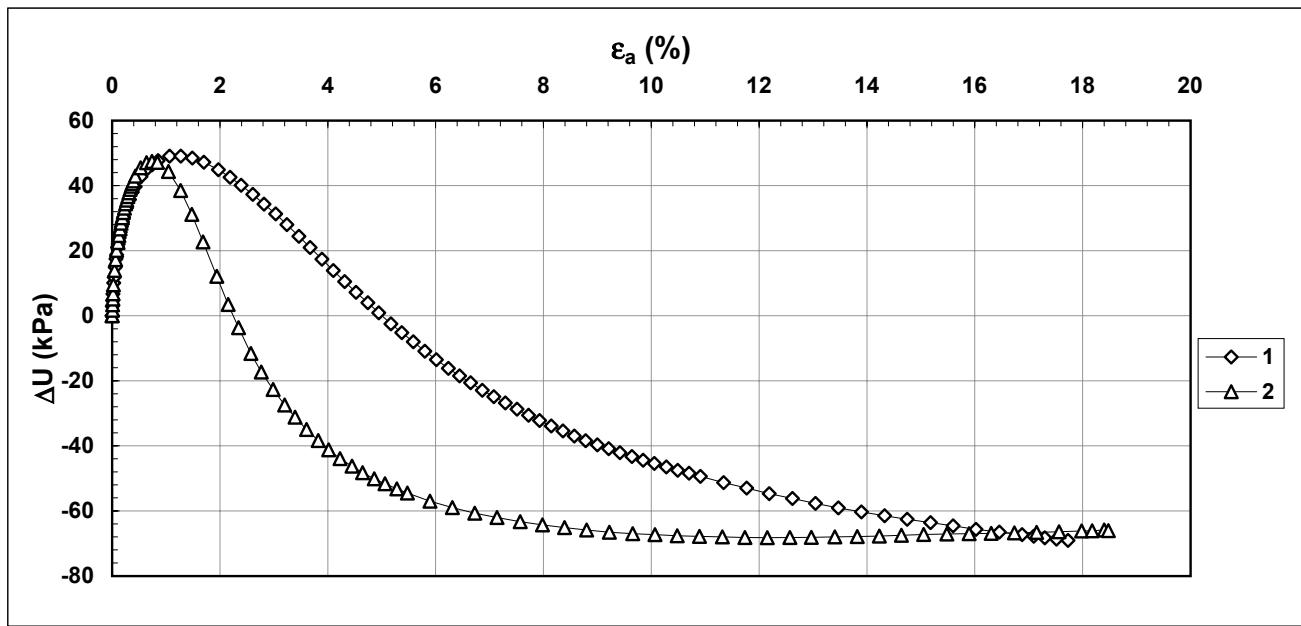
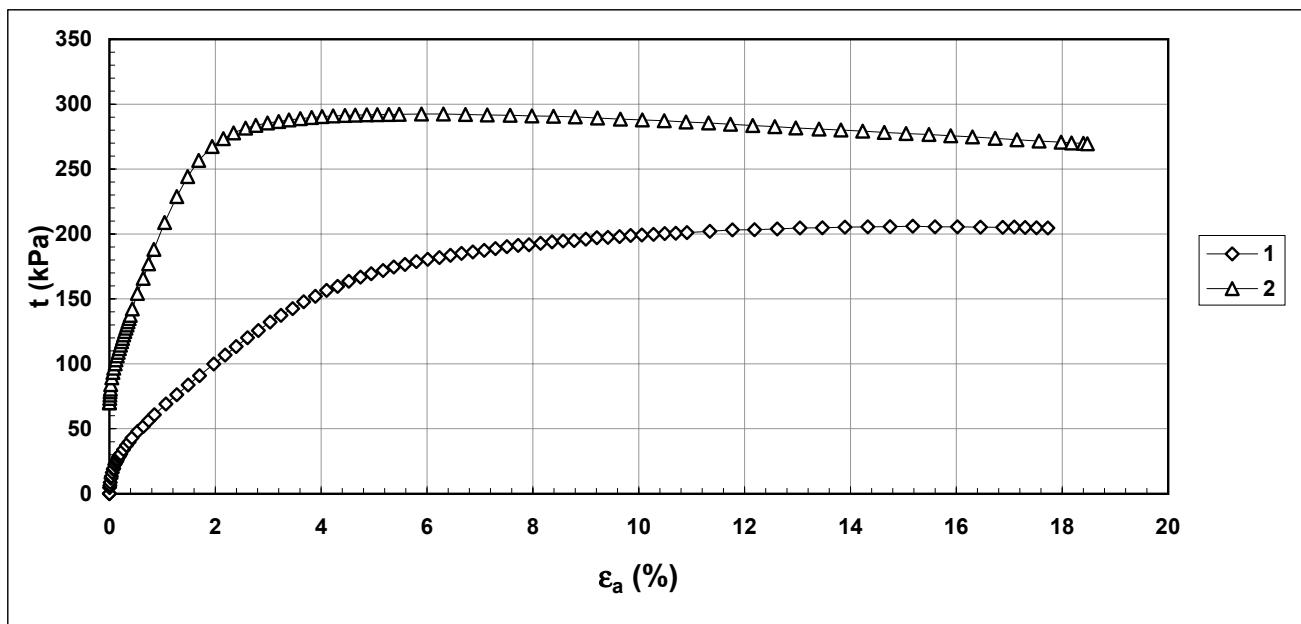
Note:	Criterio di rottura = t max
-------	-----------------------------

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Capoferri	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D4767/95

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	7.76m - 7.96m
Prova:	Tx CK0U
Provino:	1 2
Data prova:	14/02/07

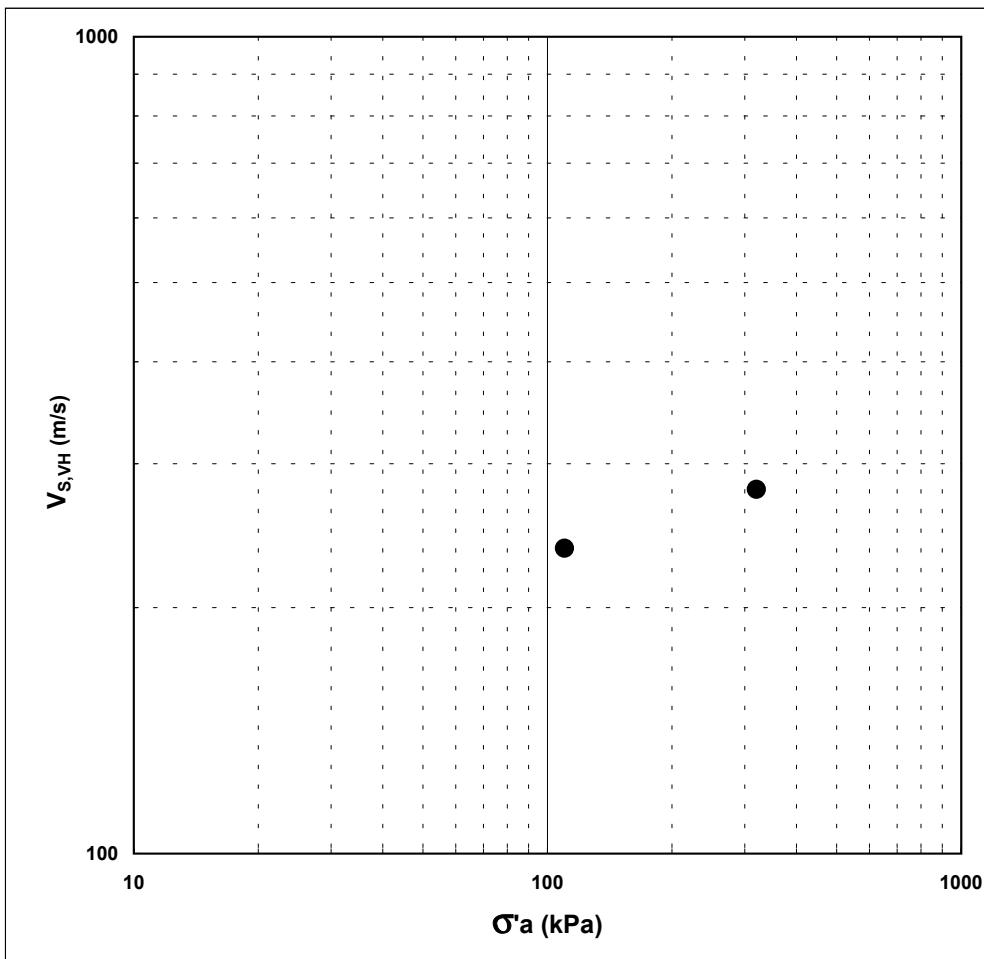


Note:	Criterio di rottura = t_{max}
-------	---------------------------------

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C				Committente:	REGIONE TOSCANA
rev.	data emiss.	Sperimentatore	Direttore	Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
0	06/03/07	Capoferri	Fioravante	Sondaggio:	S5
Procedura di riferimento: PT-LMT-159/01				Campione:	SH1
N° verbale di accettazione: 010/2007				Profondità prova [m]:	7.87 - 7.97
Numero certificato di prova:				Prova:	VTL
				Provino:	2
				Data prova:	20/02/07

TIPO DI ONDA: SVH (onda di taglio propagata in direzione verticale)

misura	Dati del provino								Dati relativi alla misura					
	σ'_a kPa	σ'_r kPa	t_{rv} min	p' kPa	q kPa	OCR	ρ g/cm³	w %	e -	f kHz	D mm	t μ s	$V_{s,VH}$ m/s	G_{VH} MPa
1	110	110	-	110,0	0,0	-	1,961	-	0,726	10,0	96,710	409,0	236,5	109,7
2	320	180	-	226,7	140,0	-	1,972	-	0,707	10,0	96,010	344,0	279,1	153,6

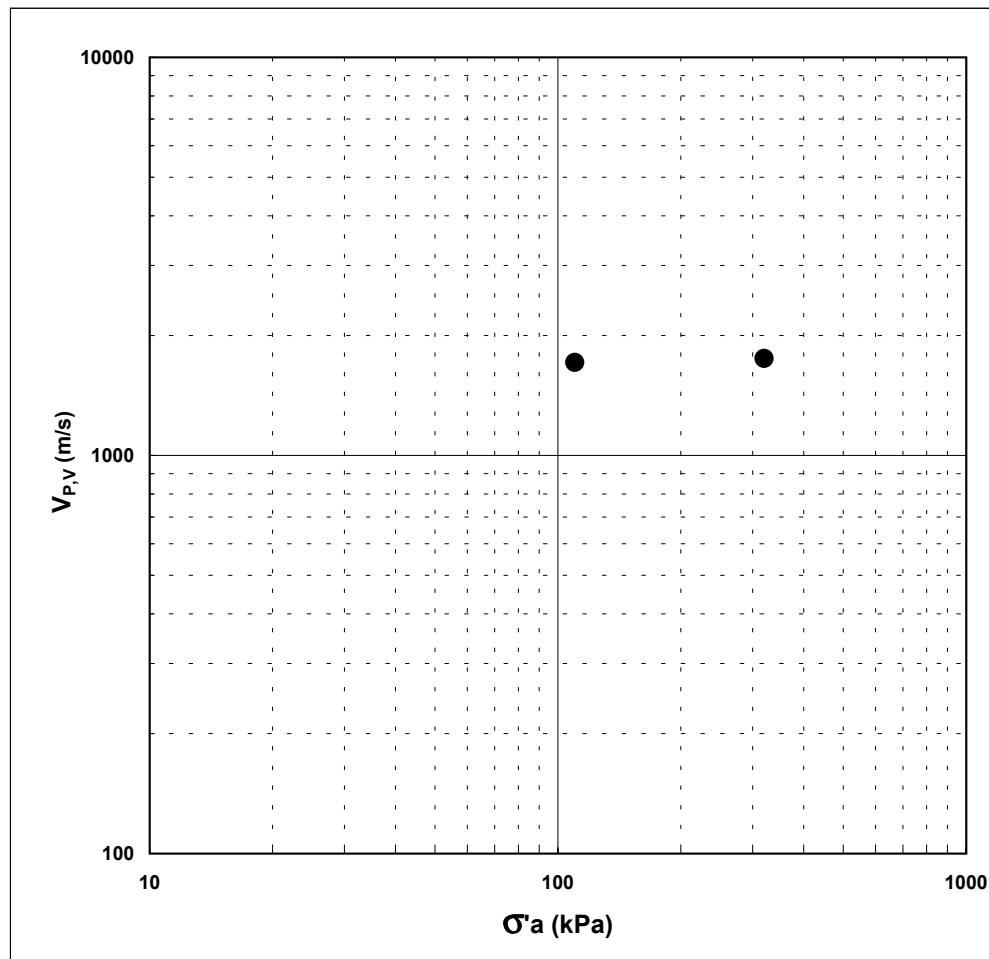


Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C											
rev.	data emiss.	Sperimentatore	Direttore	Committente:							
0	06/03/07	Capoferra	Fioravante	REGIONE TOSCANA BARBERINO DEL MUGELLO							
Procedura di riferimento: PT-LMT-159/01											
Sondaggio: S5 Campione: SH1 Profondità prova [m]: 7.87 - 7.97 Prova: VTL Provino: 2 Data prova: 20/02/07											

TIPO DI ONDA: SVH (onda di taglio propagata in direzione verticale)

misura	Dati del provino								Dati relativi alla misura				
	σ'_a kPa	σ'_r kPa	t_{rv} min	p' kPa	q kPa	OCR	ρ g/cm³	w %	e -	f kHz	D mm	t μ s	$V_{p,v}$ m/s
1	110	110	-	110,0	0,0	-	1,961	-	0,726	10,0	96,710	56,5	1711,7
2	320	180	-	226,7	140,0	-	1,972	-	0,707	10,0	96,010	54,8	1752,0



Legenda:

σ, σ' = tensioni totali ed efficaci
 $p' = (\sigma'_a + 2\sigma'_r)/3$
 $q = (\sigma_a - \sigma_r)$
 ρ = densità del terreno
 w = umidità del terreno
 e = indice dei vuoti
 f = frequenza onda di eccitazione
 D = distanza del percorso dell'onda
 t = tempo di percorso dell'onda
 V = velocità dell'onda elastica
 G = modulo di taglio
 Subscritto 'a' = assiale
 Subscritto 'r' = radiale
 Subscritto 'S' = onda di taglio (Shear)
 Subscritto 'VH' = onda di taglio propagata in direzione verticale e con movimento delle particelle in direzione orizzontale
 OCR=grado di preconsolidazione
 t_{rv} =tempo trascorso dal raggiungimento del valore di pressione a cui si eseguono le misure

Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

N° verbale di accettazione: 010/2007

Dati Generali di Campionamento

Data prelievo: 05/12/06
Attrezzatura sondaggio ROTAZIONE
Attrezzatura prelievo: SHELBY
Modalità prelievo: PRESSIONE

Committente: REGIONE TOSCANA
Cantiere: BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio: S5
Campione: SH2
Profondità prelievo [m]: 10.00 - 10.34
Prova: Dc
Data fine descrizione: 06/03/07

N° certificato di prova:

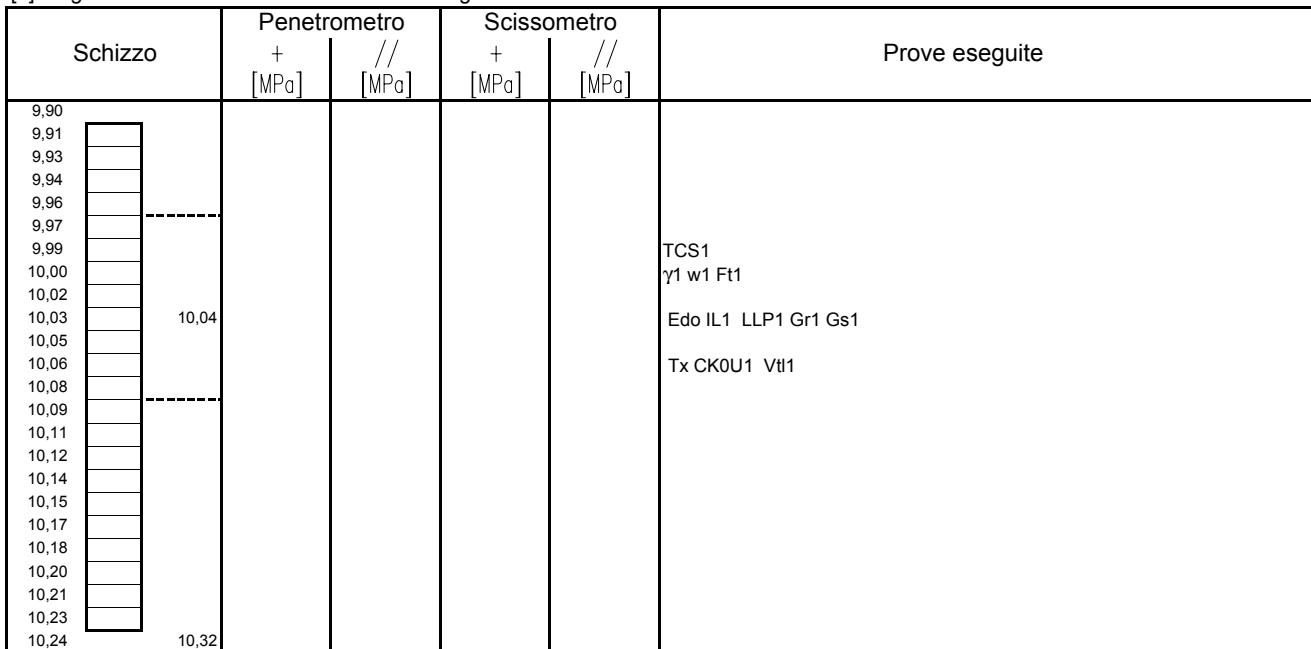
Dati Generali del Campione

Data arrivo in laboratorio: 08/02/07 Tipo contenitore: FUSTELLA FERRO
Data estrusione campione: 13/02/07 Forma campione CILINDRICO
Condizioni contenitore: BUONE Dimensioni Campione: $\Phi = 8,48$ cm L = 28 cm
Classe del terreno: CLASSE 4

Descrizione

10.04m-10.32m : Limo con argilla debolmente ghiaioso m/f [1] debolmente sabbioso eterogeneo angolare subangolare grigio verdastro (5gy 5/1)

[1] La ghiaia mm/f e' costituita da materiale scaglioso.



Richiami

γ = Peso di volume

w = Umidità

Ft = Fotografia

Edo IL = Edometro incrementi di carico

LLP = Limiti di liquidità e plasticità

Gr = Analisi Granulometrica

Gs = Peso specifico dei grani

RC TCS = Colonna risonante e taglio torsionale ciclico

Tx CK0U = Triassiale consolidata anisotropica (linea K0) rottura non drenata

Vtl = Misura velocità onde elastiche

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

N° verbale di accettazione: 010/2007

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prelievo [m]:	10.00 - 10.34
Prova:	Cg
Data fine descrizione:	06/03/07

Prove	Profondità	Risultati prove	Riferimento procedure	N° certificato di prova
γ1	10.04m - 10.32m	Peso di volume = 19.92 [kN/m3]	PT-LMT-00021 REV. 1	
w1	10.04m - 10.32m	Umidità = 24 [%]	PT-LMT-00016 REV. 0	
LLP1	10.16m - 10.20m	Limite Liquido = 46 [%] Limite Plastico = 23 [%]	PT-LMT-00020 REV. 1	
Gs1	10.16m - 10.20m	Peso specifico dei grani = 2.788 [-]	PT-LMT-00019 REV. 1	

Concessione Ministeriale Decreto Nr. 55126 del 12/07/06 Settori A, B e C

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0		Pezzotta	Angeloni

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prelievo [m]:	10.04 – 10.32
Data prova:	13/02/07



Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

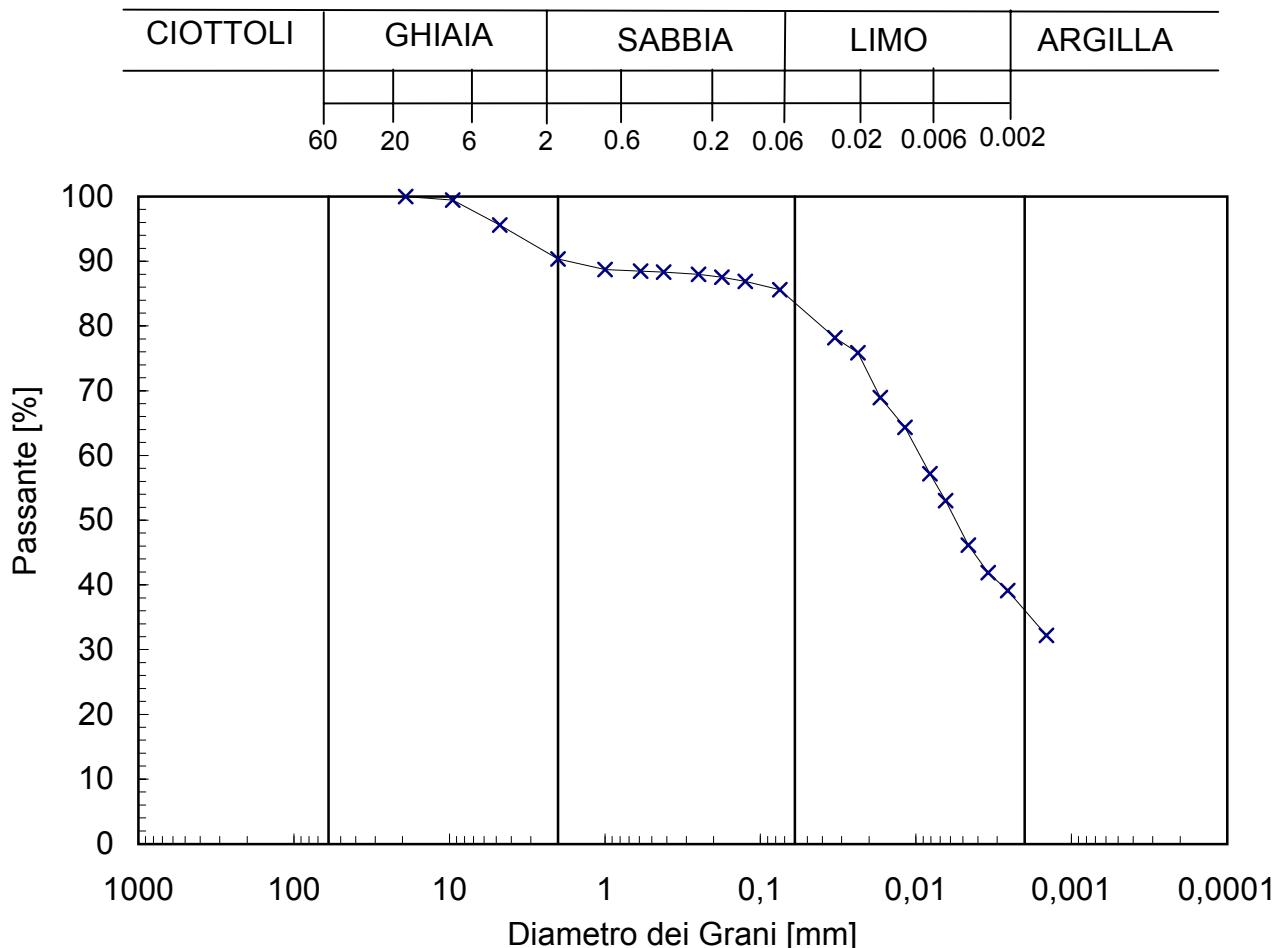
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D422/90

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 010/2007

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prelievo [m]:	10.16 - 10.2
Prova:	Gr 1
Data prova:	20/02/07



Prova	Simbolo	Profondità		Peso Secco Materiale [g]	Metodo Preparazione	% < 0,075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	D ₆₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₁₀ [mm]
		da m	a m			% < 0,075mm								
						[mm]								
Gr 1	x	10,16	10,20	411,81	VIA UMIDA	86	-	10	7	48	36	9,4,E-03	5,6,E-03	2,3,E-04

NOTE:

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

N° certificato di prova:

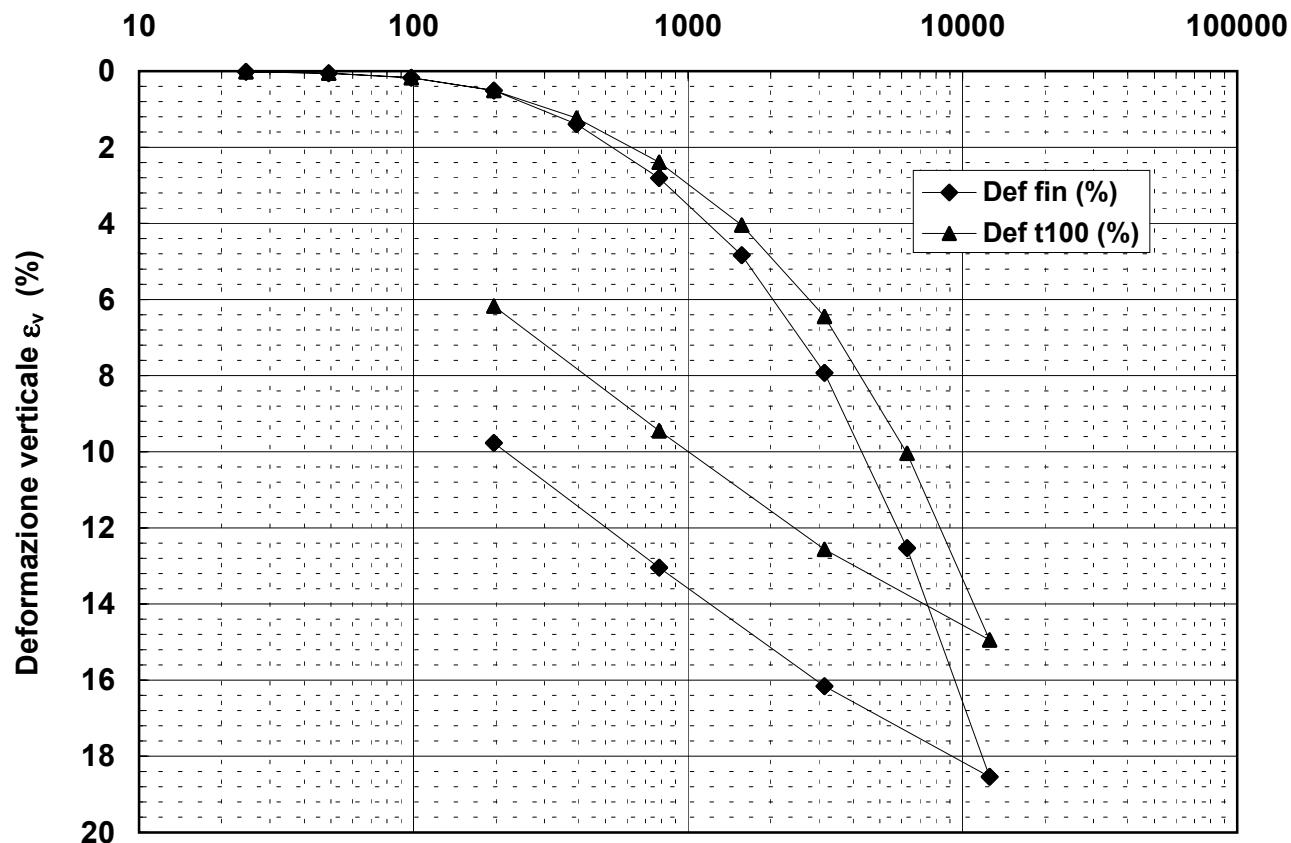
N° verbale di accettazione: 010/2007

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prova [m]:	10.16 - 10.20
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali						Dati a fine prova						Metodo di preparazione	
		D	H	γ_u	w_i	γ_s	e	GS	H	γ_u	w_f	γ_s	e		
-	m	mm	mm	kN/m³	%	kN/m³	-		mm	kN/m³	%	kN/m³	-		
1	10,18	50,0	20,0	19,63	24,5	15,77	0,734	2,79	18,0	20,84	19,2	17,49	0,516		fustellazione

Tensione verticale efficace σ'_v (kPa)



Legenda:

D = diametro del provino

w = contenuto d'acqua

GS = Peso specifico dei grani

Subscript 'i' = iniziale

H = altezza del provino

e = indice dei vuoti

Subscript 'u' = umido

Subscript 'f' = finale

γ = peso di volume

Subscript 's' = secco

Note:	Il campione rigonfia sino ad un carico di 25 kPa
-------	--------------------------------------------------

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

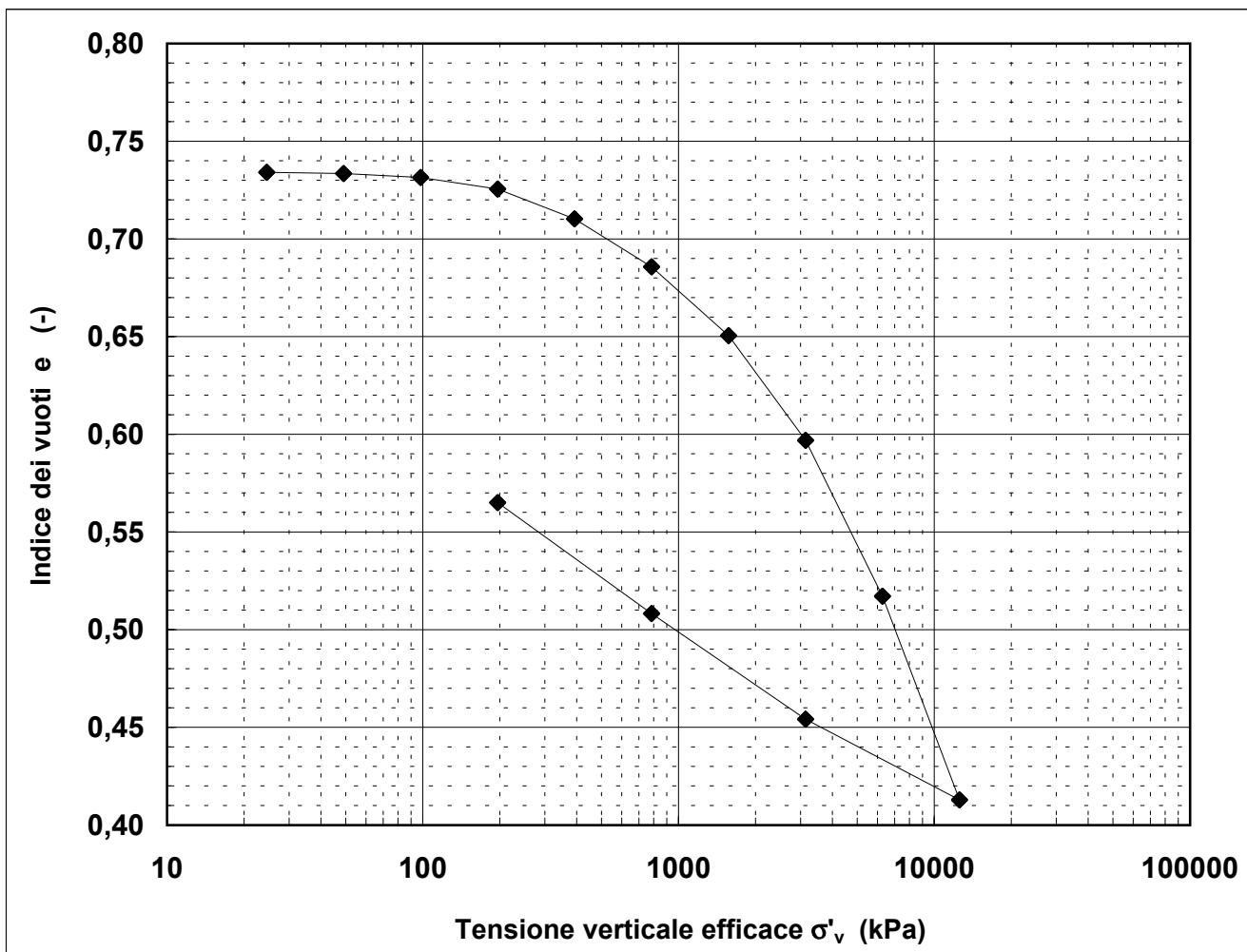
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prova [m]:	10.16 - 10.20
Prova:	Edo II
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali							Dati a fine prova					Metodo di preparazione
		D	H	γ_u	w_i	γ_s	e	GS	H	γ_u	w_f	γ_s	e	
-	m	mm	mm	kN/m³	%	kN/m³	-	-	mm	kN/m³	%	kN/m³	-	
1	10,18	50,0	20,0	19,63	24,5	15,77	0,734	2,79	18,0	20,84	19,2	17,49	0,516	fustellazione



Legenda:

D = diametro del provino

w = contenuto d'acqua

GS = Peso specifico dei grani

Subscripto 'i' = iniziale

H = altezza del provino

e = indice dei vuoti

Subscripto 'u' = umido

Subscripto 'f' = finale

γ = peso di volume

Subscripto 's' = secco

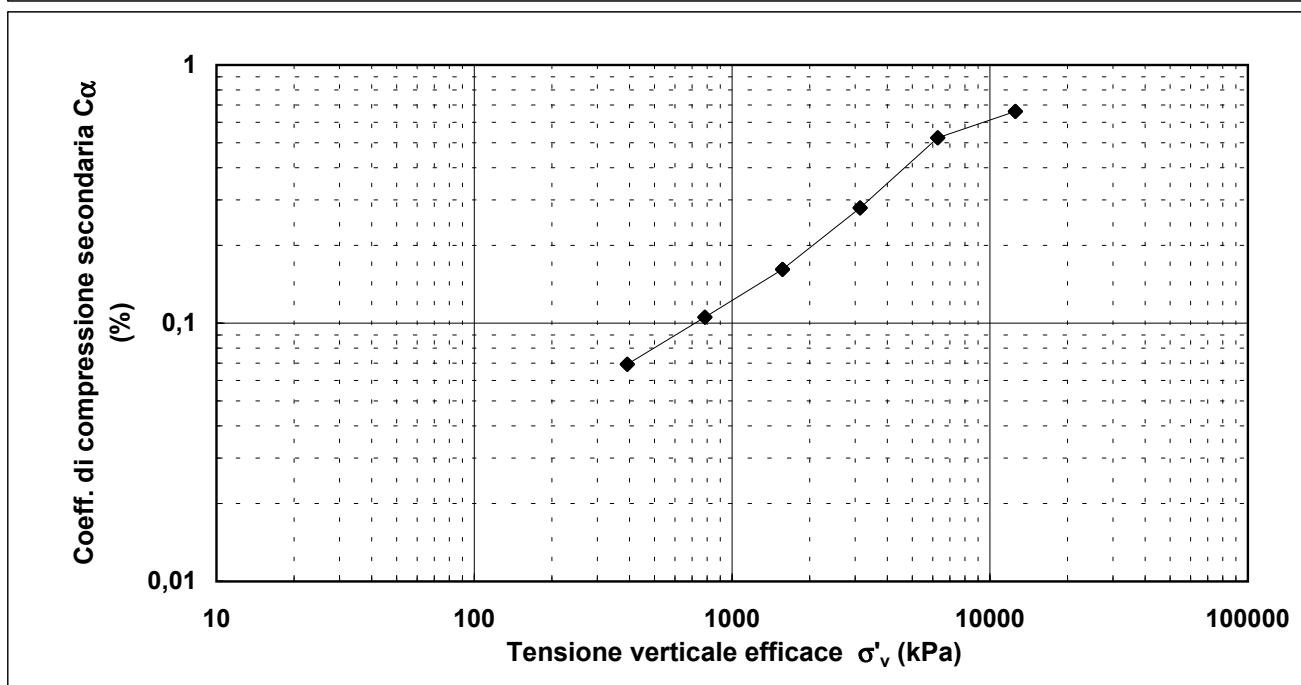
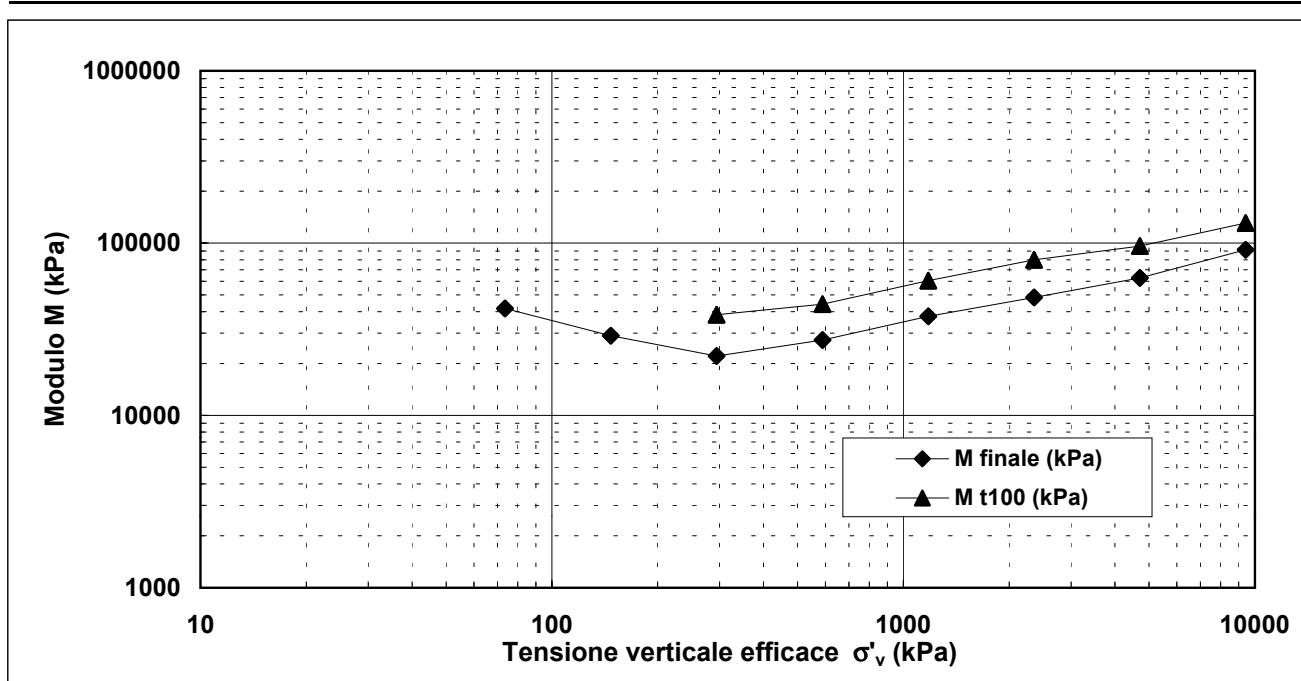
Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prova [m]:	10.16 - 10.20
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07



Note:	
-------	--

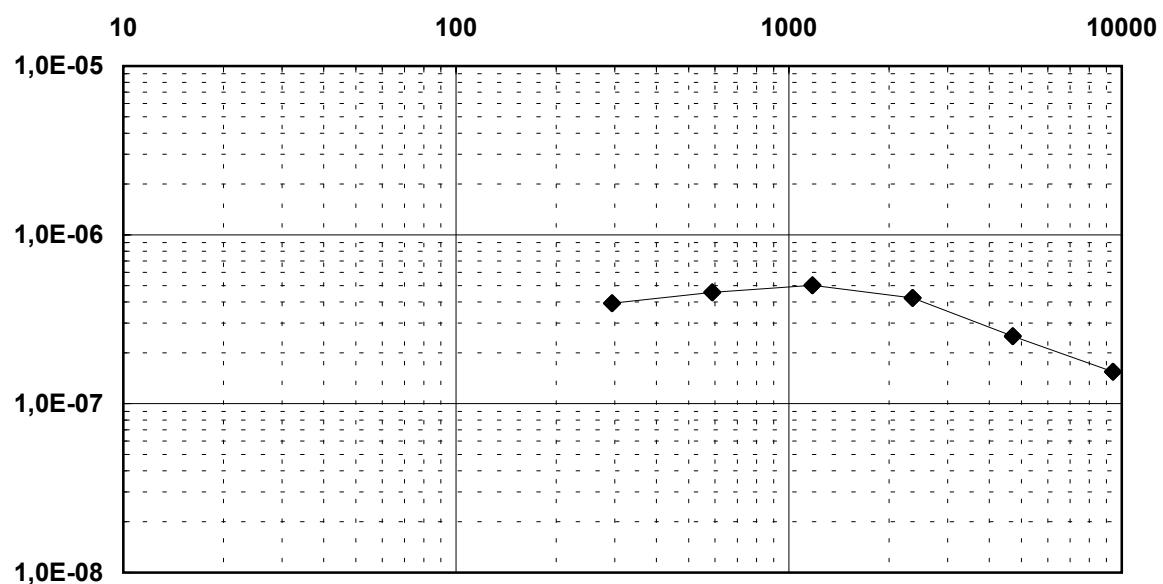
Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

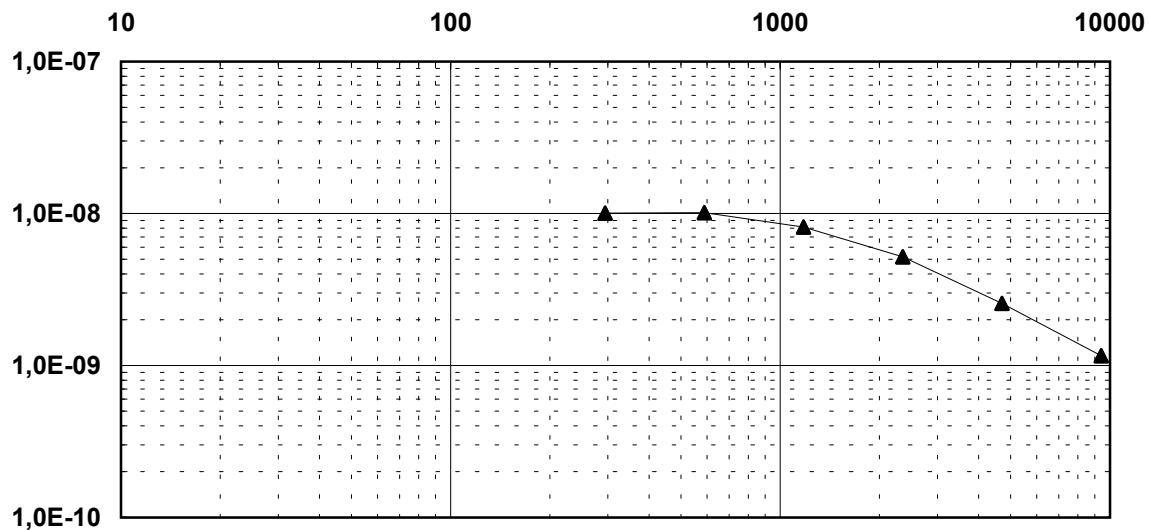
Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prova [m]:	10.16 - 10.20
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Coeff. consolidazione verticale C_v



Tensione verticale efficace σ'_v (kPa)

Permeabilità k (cm/s)



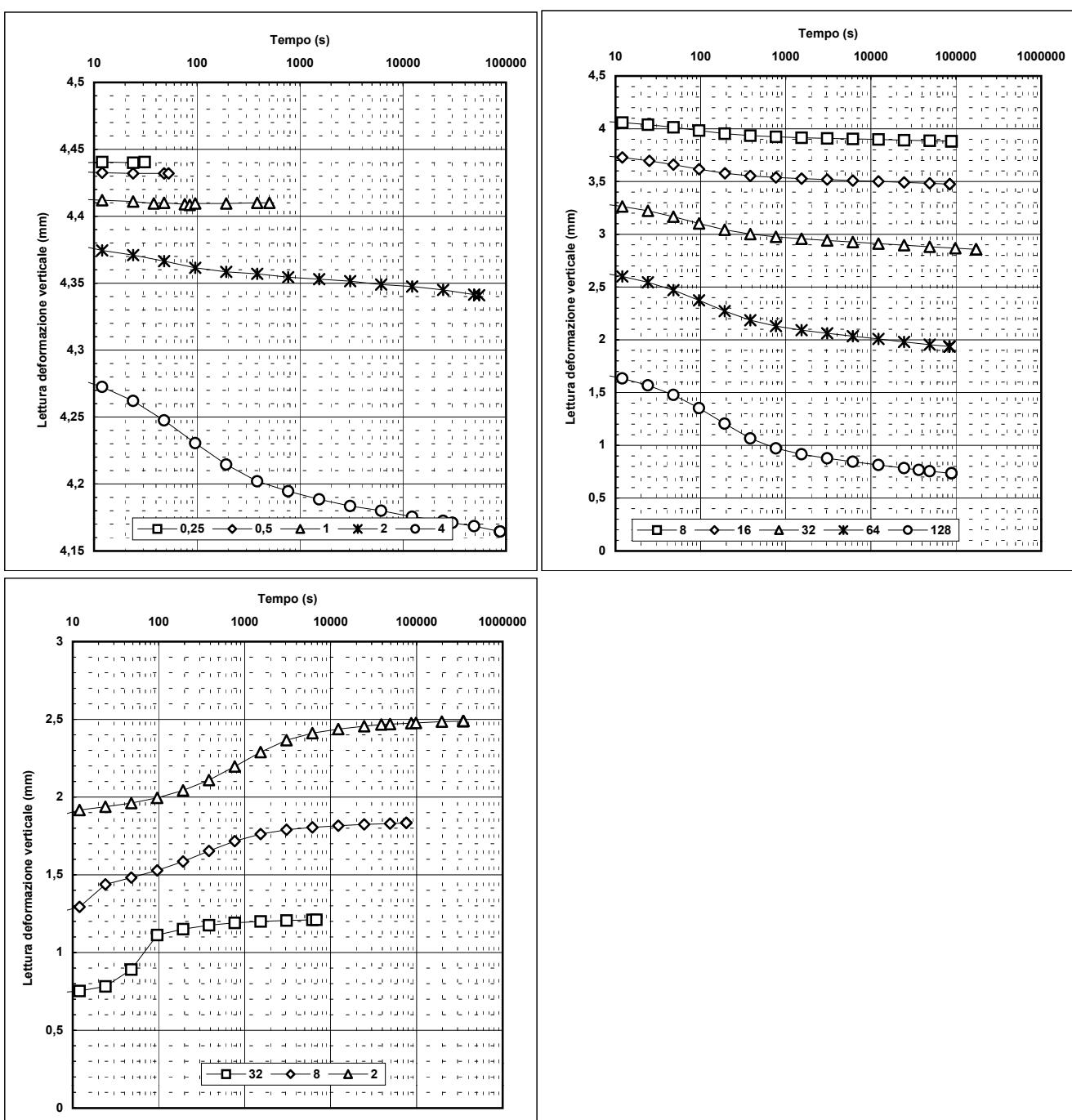
Note:

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente: REGIONE TOSCANA
Cantiere: BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio: S5
Campione: SH2
Profondità prova [m]: 10.16 - 10.20
Prova: Edo IL
Provino: 1
Data prova: 13/02/07



Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prova [m]:	10.16 - 10.20
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	13/02/07

Tensione di prova (kPa)	24,5	49,1	98,1	196,2	392,4	784,8	1569,6	3139,2	6278,4
Tensione media (kPa)	12,3	36,8	73,6	147,2	294,3	588,6	1177,2	2354,4	4708,8
Defor. finale (mm)	0,003	0,011	0,034	0,102	0,278	0,562	0,968	1,586	2,506
Defor. finale (%)	0,02	0,05	0,17	0,51	1,39	2,81	4,84	7,93	12,53
Altezza finale (mm)	19,997	19,989	19,966	19,898	19,722	19,439	19,033	18,415	17,494
Indice vuoti (-)	0,734	0,733	0,731	0,726	0,710	0,686	0,650	0,597	0,517
Defor. t100 (%)	0,02	0,05	0,17	0,51	1,23	2,39	4,05	6,45	10,04
Cv (m ² /s)					3,9E-07	4,56E-07	5,024E-07	4,232E-07	2,509E-07
M t100 (kPa)					38387	44206,827	60491,644	79954,44	96106,011
k (cm/s)					1,0E-08	1,012E-08	8,148E-09	5,193E-09	2,561E-09
M finale (kPa)			41721,7	29016,5	22118,9	27345,3	37574,7	48338,9	62799,3
C _α (%)					0,07	0,11	0,16	0,28	0,52

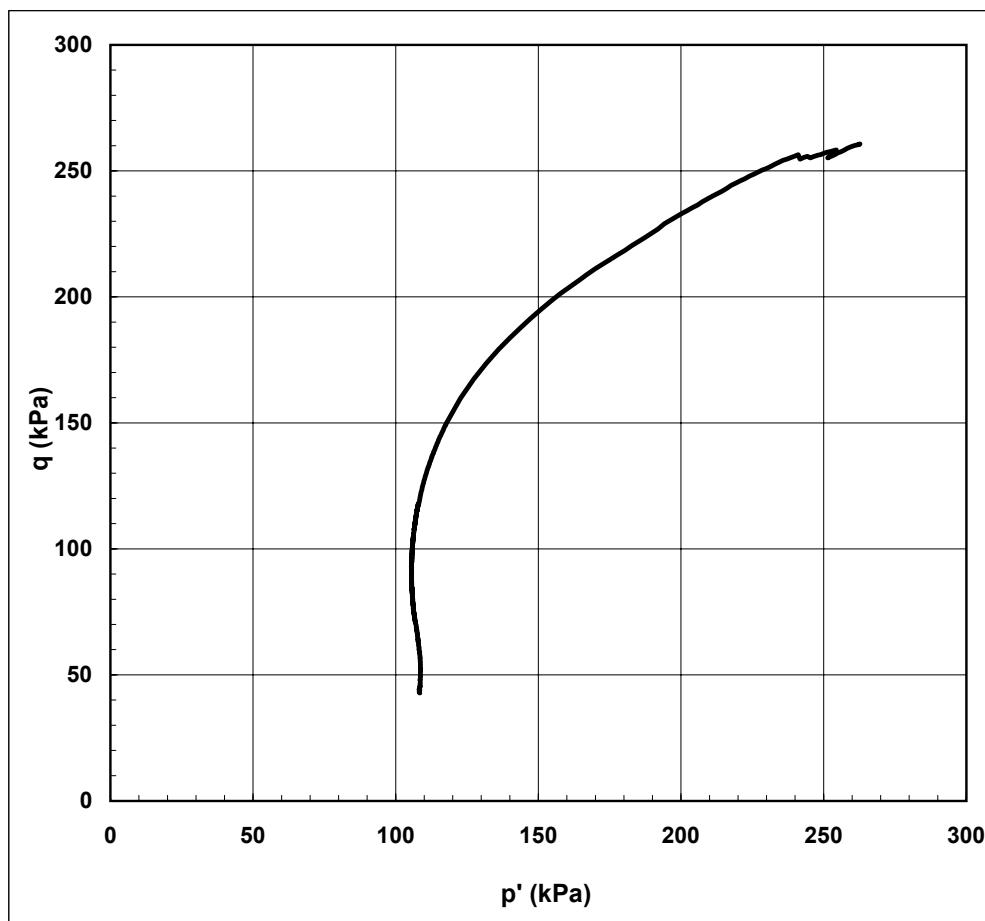
Tensione di prova (kPa)	12556,8	3139,2	784,8	196,2					
Tensione media (kPa)	9417,6	7848,0	1962,0	490,5					
Defor. finale (mm)	3,708	3,232	2,609	1,954					
Defor. finale (%)	18,54	16,16	13,04	9,77					
Altezza finale (mm)	16,292	16,768	17,392	18,047					
Indice vuoti (-)	0,413	0,454	0,508	0,565					
Defor. t100 (%)	14,95	12,57	9,45	6,17					
Cv (m ² /s)	1,5452E-07								
M t100 (kPa)	130818,925								
k (cm/s)	1,1587E-09								
M finale (kPa)	91376,3								
C _α (%)	0,66								

Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C																										
rev.	data emiss.	sperimentatore				direttore				Committente:																
0	06/03/07	Saccenti				Fioravante				REGIONE TOSCANA																
Normativa di riferimento: ASTM D4767/95																										
Numero verbale di accettazione:			010/07																							
Numero certificato di prova:																										
Cantiere:																										
Sondaggio:																										
Campione:																										
Profondità prova [m]:																										
Prova:																										
Provino:																										
Data prova:																										

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali					Dati a fine consolidazione							Tipo di rottura	Metodo di preparazione - tipo di materiale		
		D	H	γ	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	ε_a	ε_r	e	DFC		
-	m	mm	mm	kN/m³	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	%	%	-	g	-	-
1	10,25	50,00	99,5	19,59	25,2	0,717	140,5	94,7	0,67	300	0,94	0,12	0,00	0,753	1	Compressione per carico	Fustellazione orizzontale - Campione indisturbato



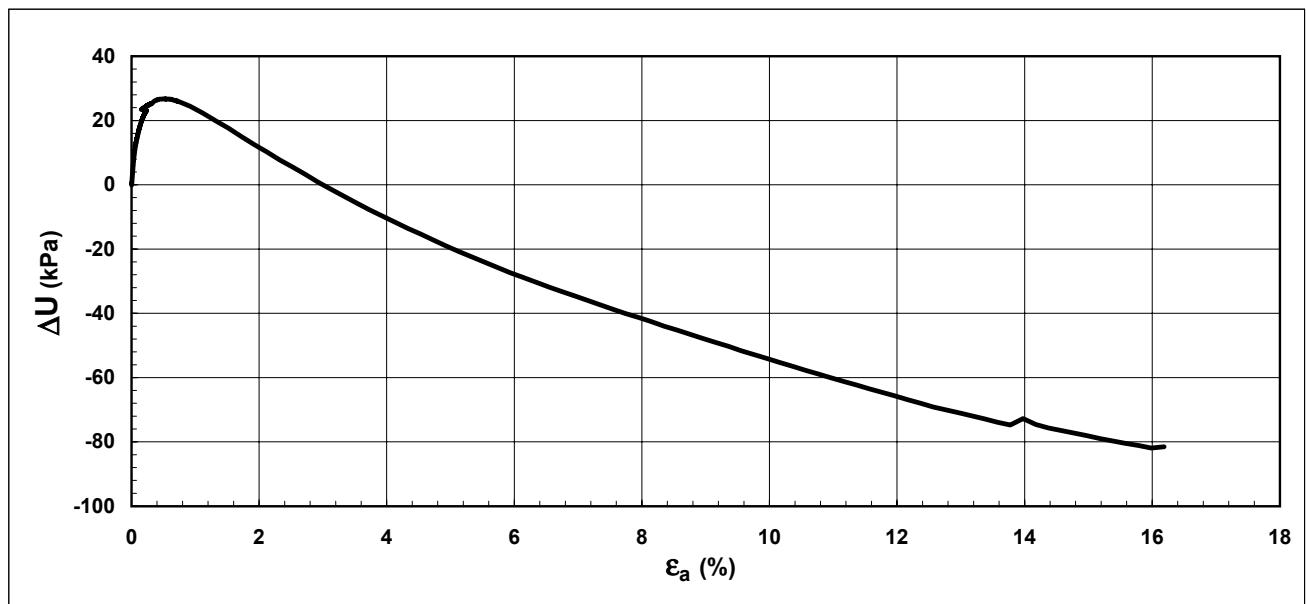
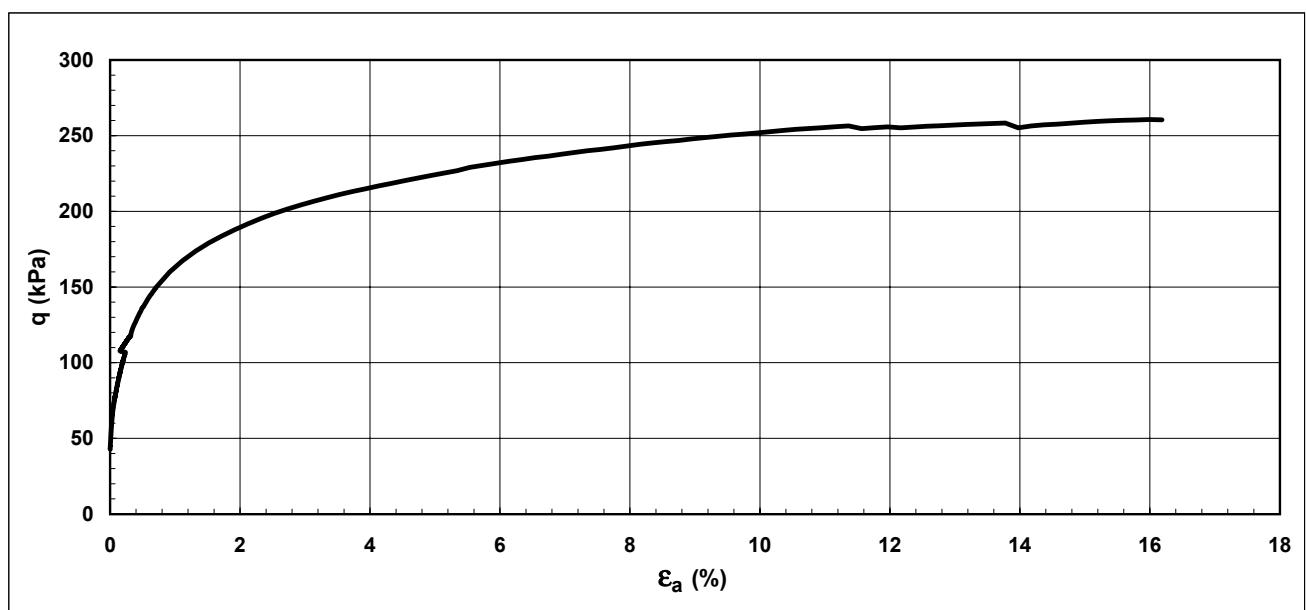
Legenda:

D = diametro del provino
H = altezza del provino
 γ = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
 σ , σ' = tensioni totali ed efficaci
 $K_0 = \sigma_r / \sigma_a$ a fine consolidazione
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
 ε = deformazioni
 $\varepsilon_p = (\varepsilon_a + 2 \cdot \varepsilon_r)$
 $\varepsilon_q = 2/3 (\varepsilon_a - \varepsilon_r)$
 $q = (\sigma_a - \sigma_r) / 3$
 $p' = (\sigma'_a + 2 \cdot \sigma'_r) / 3$
E = modulo di Young
V = coefficiente di Poisson
v = velocità delle pressa
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale
Subscritto 'v' = volumetrico

Note:	
-------	--

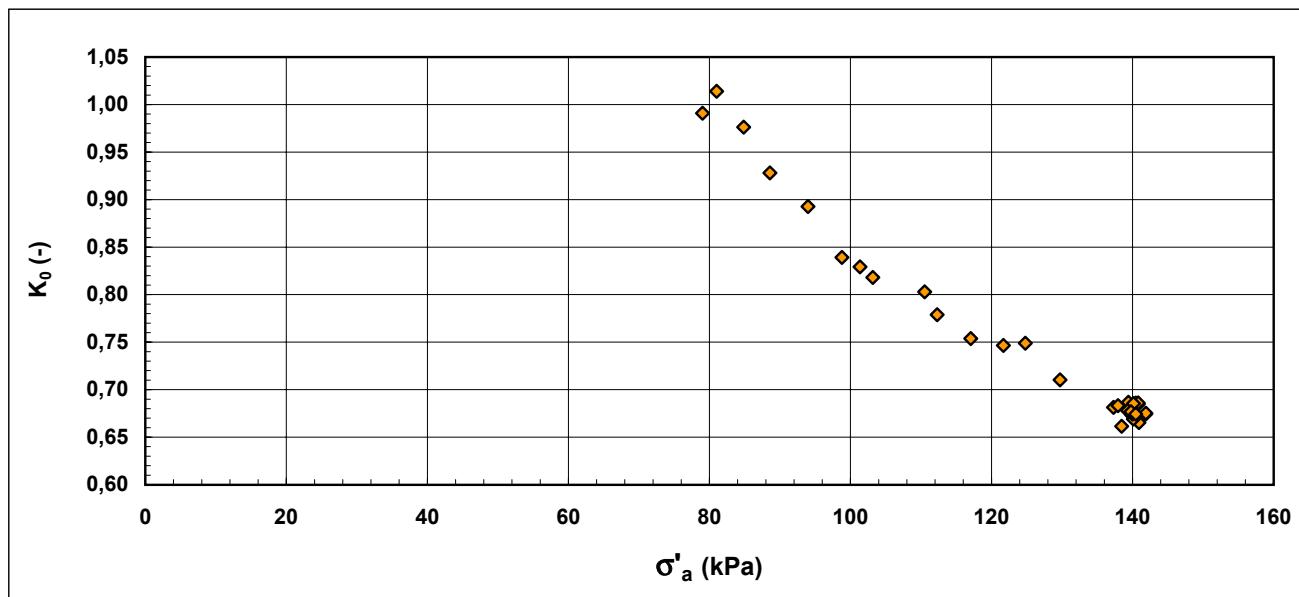
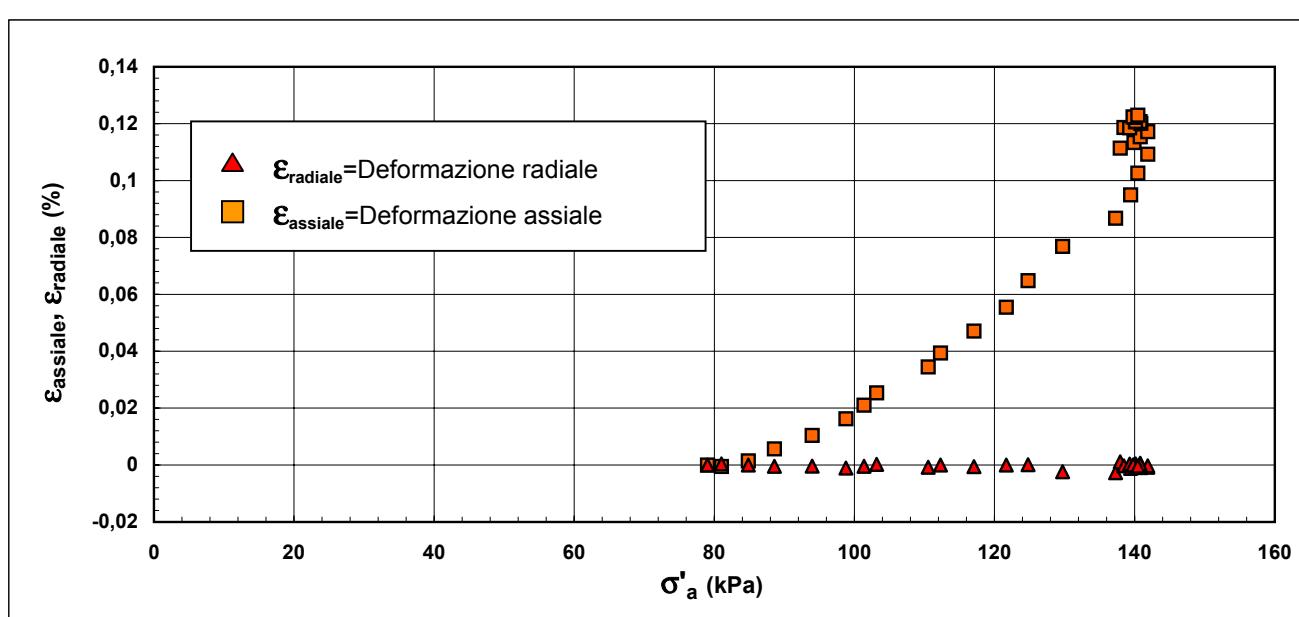
Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C				
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore	
0	06/03/07	Saccenti	Fioravante	
<i>Normativa di riferimento: ASTM D4767/95</i>				

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
Sondaggio:	S5
Campione:	SH2
Profondità prova [m]:	10.20-10.30
Prova:	Tx CK0U1
Provino:	1
Data prova:	26/02/07



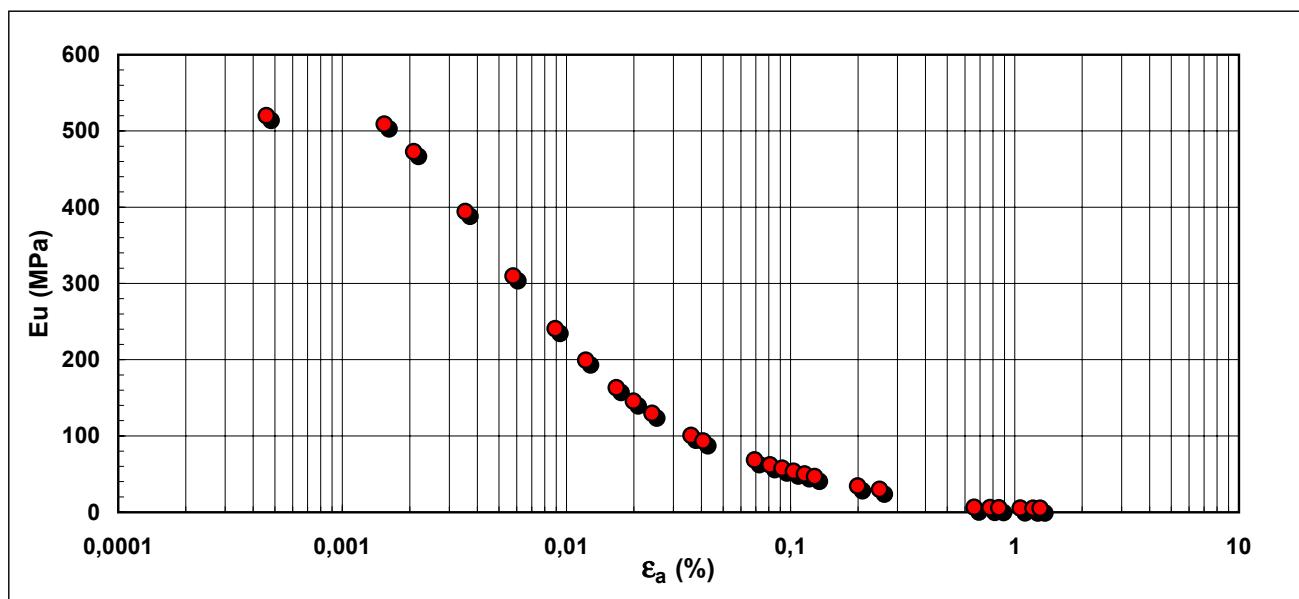
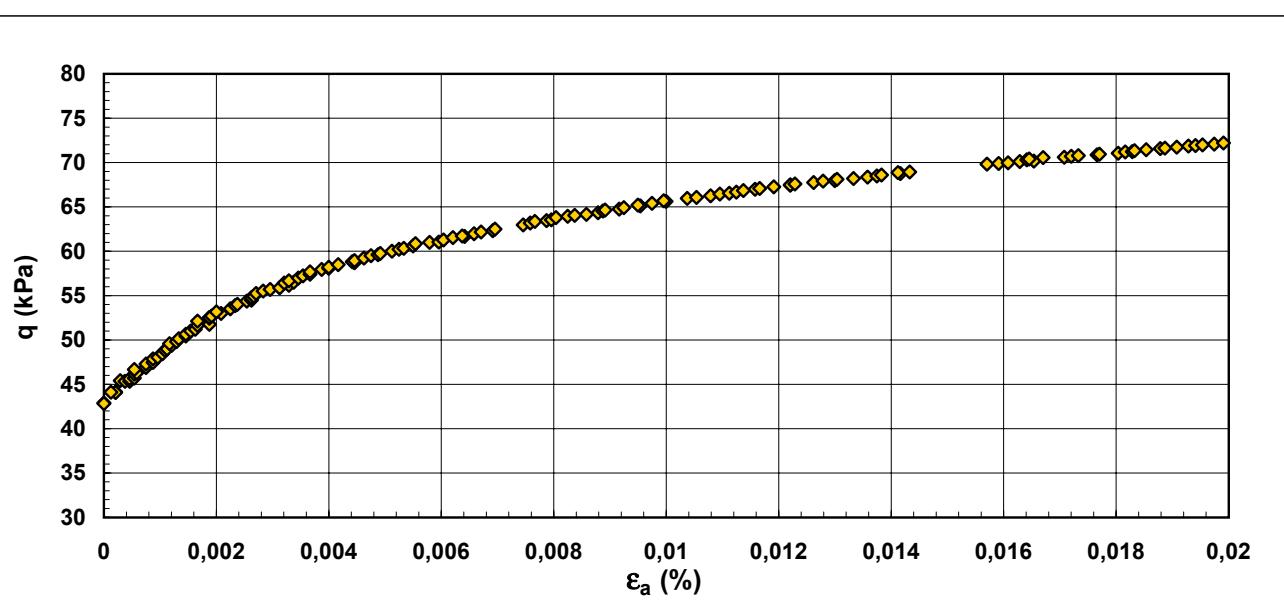
Note:	<i>Deformazioni assiali da misure esterne</i>
-------	-----------------------------------------------

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C			
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/07	Saccenti	Fioravante
<i>Normativa di riferimento: ASTM D4767/95</i>			



Note: *Deformazione assiale e radiale da misure interne locali*

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

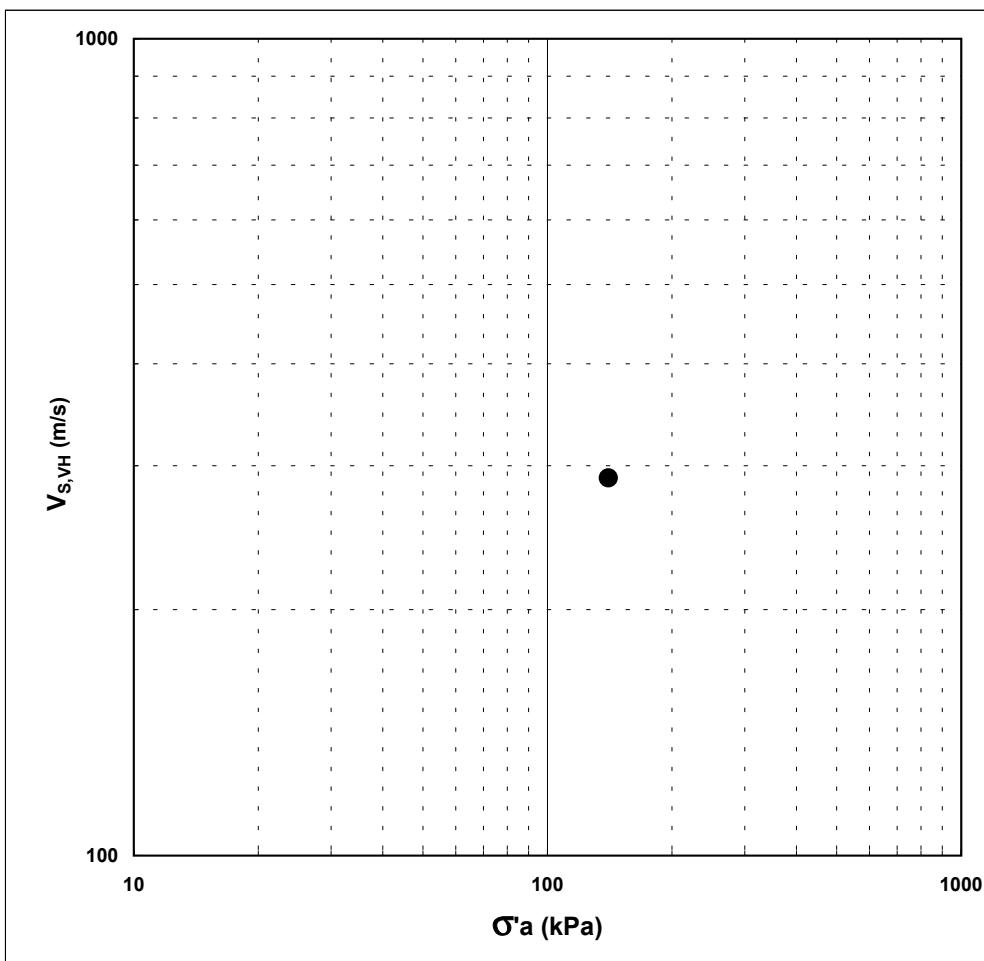


Note: I valori di modulo sono stati calcolati interpolando gruppi di dati ritenuti significativi.
Deformazione assiale da misure locali interne

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C				Committente:	REGIONE TOSCANA
rev.	data emiss.	Sperimentatore	Direttore	Cantiere:	BARBERINO DEL MUGELLO
0	06/03/07	Saccenti	Fioravante	Sondaggio:	S5
Procedura di riferimento: PT-LMT-159/01				Campione:	SH2
N° verbale di accettazione: 010/2007				Profondità prova [m]:	10.20-10.30
Numero certificato di prova:				Prova:	VTL
				Provino:	1
				Data prova:	26/02/07

TIPO DI ONDA: SVH (onda di taglio propagata in direzione verticale)

misura	Dati del provino								Dati relativi alla misura					
	σ'_a kPa	σ'_r kPa	t_{rv} min	p' kPa	q kPa	OCR	ρ g/cm³	w %	e -	f kHz	D mm	t μ s	$V_{s,VH}$ m/s	G_{VH} MPa
1	140	95	-	110,0	45,8	-	2,020	-	0,753	10,0	96,833	334,0	289,9	169,8



Note:	
-------	--

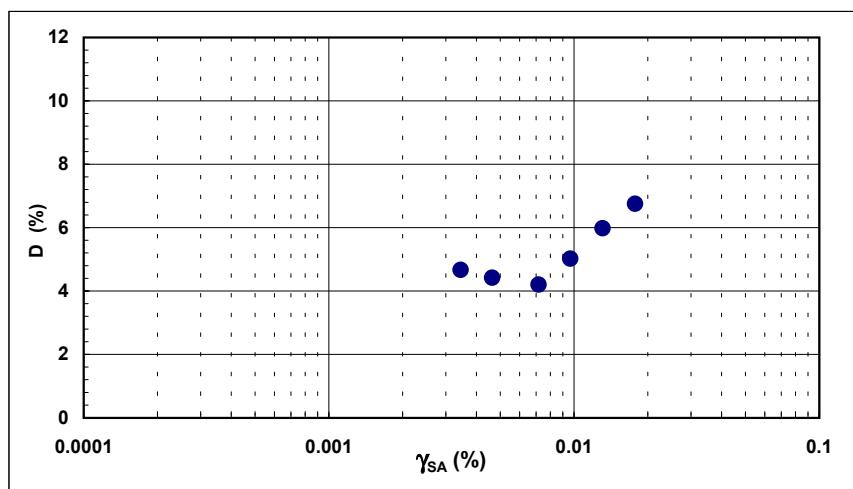
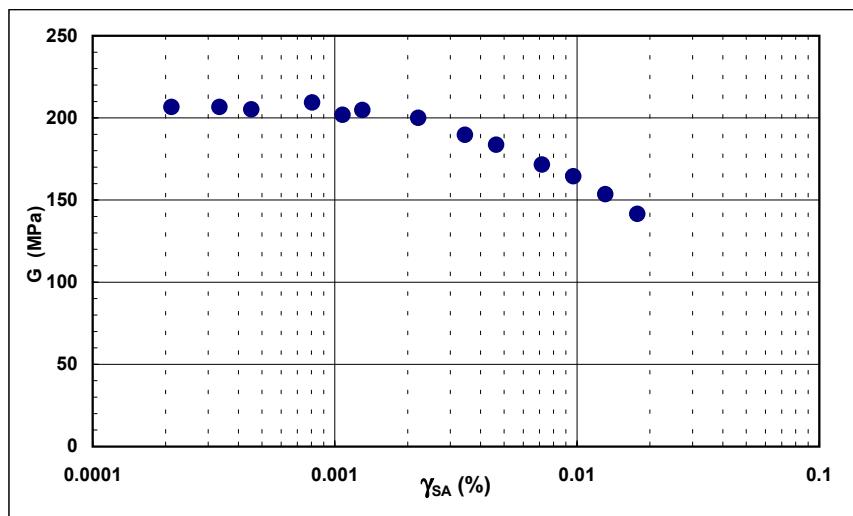
Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C																				
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore			Committente:			REGIONE TOSCANA											
1	06/03/07	Capoferi				Cantiere:			BARBERINO DEL MUGELLO											
Normativa di riferimento: Procedura interna PT 269/2001																				
N° certificato di prova:																				
N° verbale di accettazione:																				
010/2007																				
Profondità prova [m]:																				
10.06-10.16																				
Prova:																				
TCS																				
Provino:																				
1																				
Data prova:																				
23/02/07																				

Dati generali del provino

Dati iniziali						Dati inizio prova						Informazioni generali					
D	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	tipo di provino	INDISTURBATO	
mm	mm	kN/m³	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m³	%	-	metodo di preparazione	FUSTELLAZIONE	
50.00	98.40	19.79	23.3	0.704	200.0	200.0	1.00	300.0	0.00	50.00	98.4	19.94	24.3	0.704	superficie di appoggio	DISCO POROSO	

Legenda:

D = diametro del provino
H = altezza del provino
 γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
 σ' = tensioni efficaci
K = σ'_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
 γ_{SA} = deformazione di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
T = sforzo di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale



Note:	
-------	--

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C											
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore			Committente:			REGIONE TOSCANA		
1	06/03/07	Capoferri	Fioravante			Cantiere:			BARBERINO DEL MUGELLO		
Normativa di riferimento: Procedura interna PT 269/2001											
N° certificato di prova:											
N° verbale di accettazione: 010/2007											
Sondaggio: S5 Campione: SH2 Profondità prova [m]: 10.06-10.16 Prova: TCS Provino: 1 Data prova: 23/02/07											

Dati generali del provino

Dati iniziali						Dati inizio prova						Informazioni generali					
D	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	tipo di provino	INDISTURBATO	
mm	mm	kN/m³	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m³	%	-	metodo di preparazione	FUSTELLAZIONE	
50.00	98.40	19.79	23.3	0.704	200.0	200.0	1.00	300.0	0.00	50.00	98.4	19.94	24.3	0.704	superficie di appoggio	DISCO POROSO	

Valori numerici

G	G/G _{MAX}	γ	D
(MPa)	(-)	(%)	(%)
206.66	1.000	0.00021	
206.65	1.000	0.00033	
205.16	0.993	0.00045	
209.37	1.013	0.00081	
201.85	0.977	0.00108	
204.84	0.991	0.00130	
199.97	0.968	0.00221	
189.66	0.918	0.00345	4.67
183.61	0.888	0.00464	4.42
171.58	0.830	0.00717	4.20
164.50	0.796	0.00967	5.02
153.59	0.743	0.01309	5.98
141.52	0.685	0.01777	6.75

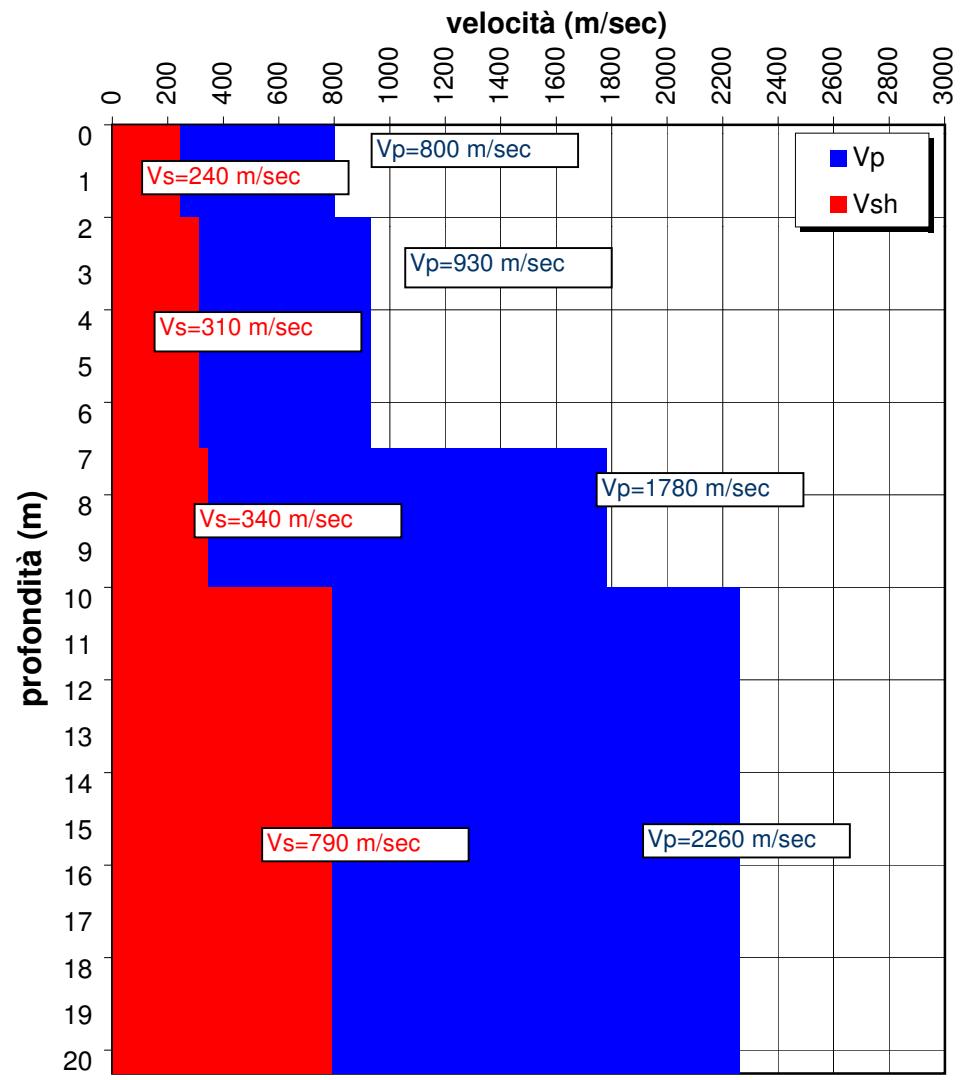
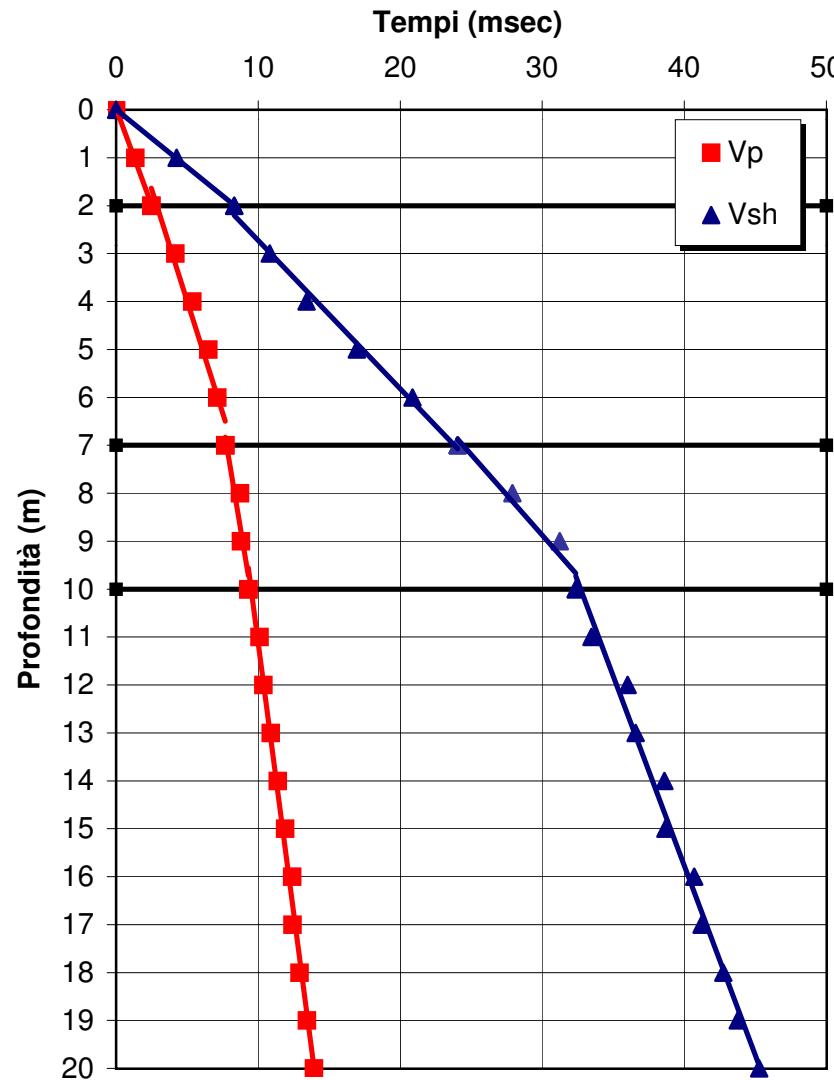
Legenda:

D = diametro del provino
H = altezza del provino
 γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
 σ' = tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
 γ_{SA} = deformazione di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
T = sforzo di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale

Note:	
-------	--



Comune di: Barberino di Mugello - Località: Capoluogo - S5



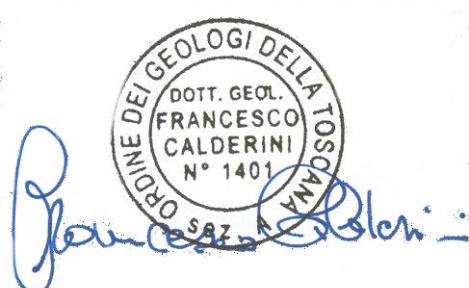
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Barberino di Mugello
 Cantiere: Palazzo Comunale
 Località: Barberino di M.llo (FI)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,445
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

dott. geol. Francesco Calderini



PROVA ...DPSH1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI
 10/11/2016
 9,40 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	13	0,805	10,78	13,40	538,92	669,77
0,40	28	0,751	21,66	28,85	1083,05	1442,58
0,60	12	0,847	9,61	11,35	480,61	567,42
0,80	14	0,793	10,50	13,24	525,18	661,99
1,00	10	0,840	7,94	9,46	397,08	472,85
1,20	14	0,786	10,41	13,24	520,50	661,99
1,40	10	0,833	7,88	9,46	393,82	472,85
1,60	15	0,780	10,22	13,11	510,91	655,39
1,80	25	0,726	15,87	21,85	793,38	1092,32
2,00	19	0,773	12,84	16,60	641,87	830,16
2,20	26	0,720	16,36	22,72	818,07	1136,01
2,40	19	0,767	12,74	16,60	636,85	830,16
2,60	21	0,714	12,18	17,06	609,08	852,76
2,80	25	0,711	14,44	20,30	722,23	1015,20
3,00	25	0,709	14,39	20,30	719,44	1015,20
3,20	21	0,706	12,04	17,06	602,05	852,76
3,40	24	0,703	13,71	19,49	685,53	974,59
3,60	18	0,751	10,25	13,65	512,65	682,74
3,80	21	0,698	11,13	15,93	556,30	796,52
4,00	19	0,746	10,75	14,41	537,63	720,67
4,20	12	0,794	7,23	9,10	361,26	455,16
4,40	12	0,791	7,20	9,10	360,23	455,16
4,60	12	0,789	6,74	8,54	337,00	427,00
4,80	10	0,787	5,60	7,12	280,07	355,83
5,00	19	0,735	9,94	13,52	496,93	676,08
5,20	19	0,733	9,91	13,52	495,57	676,08
5,40	15	0,731	7,80	10,67	390,19	533,75
5,60	10	0,779	5,22	6,70	261,09	335,10
5,80	8	0,777	4,17	5,36	208,37	268,08
6,00	10	0,775	5,20	6,70	259,86	335,10
6,20	6	0,774	3,11	4,02	155,56	201,06
6,40	6	0,772	3,10	4,02	155,22	201,06
6,60	9	0,770	4,39	5,70	219,54	284,98
6,80	12	0,769	5,84	7,60	292,11	379,98
7,00	11	0,767	5,34	6,97	267,22	348,31
7,20	10	0,766	4,85	6,33	242,44	316,65
7,40	11	0,764	5,32	6,97	266,17	348,31
7,60	10	0,763	4,58	6,00	228,91	300,13
7,80	13	0,711	5,55	7,80	277,52	390,16
8,00	16	0,710	6,82	9,60	340,90	480,20
8,20	19	0,709	8,08	11,40	404,05	570,24

8,40	16	0,707	6,79	9,60	339,62	480,20
8,60	15	0,706	6,04	8,56	302,06	427,86
8,80	28	0,655	10,46	15,97	522,90	798,67
9,00	26	0,653	9,69	14,83	484,64	741,63
9,20	35	0,602	12,03	19,97	601,29	998,34
9,40	40	0,551	12,58	22,82	628,79	1140,96

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,6	12,57	11,89	Incoerente	0	0,0	0,0	0,0	1,45	18,16	riporto
5,4	19,05	15,13	Incoerente	0	0,0	0,0	0,0	1,45	27,53	sabbia ghiaiosa
8,6	11,38	7,08	Coesivo	0	0,0	0,0	0,0	1,45	16,44	limo argilloso
9,4	32,25	18,4	Incoerente	0	0,0	0,0	0,0	1,45	46,6	limo sabbioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo Saturo (KN/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - riporto	1,6	18,16	Incoerente	19,22	19,32	32,19	--	11,67	16,26	0,32	97,28	108,2
[2] - sabbia ghiaiosa	5,4	27,53	Incoerente	20,69	24,52	34,87	--	15,77	20,85	0,3	143,83	154,6
[3] - limo argilloso	8,6	16,44	Coesivo	20,40	22,46	--	201,53	16,62	16,54	--	--	161,65
[4] - limo sabbioso	9,4	46,60	Incoerente	21,87	24,52	40,31	--	24,11	30,20	0,26	235,89	203,2

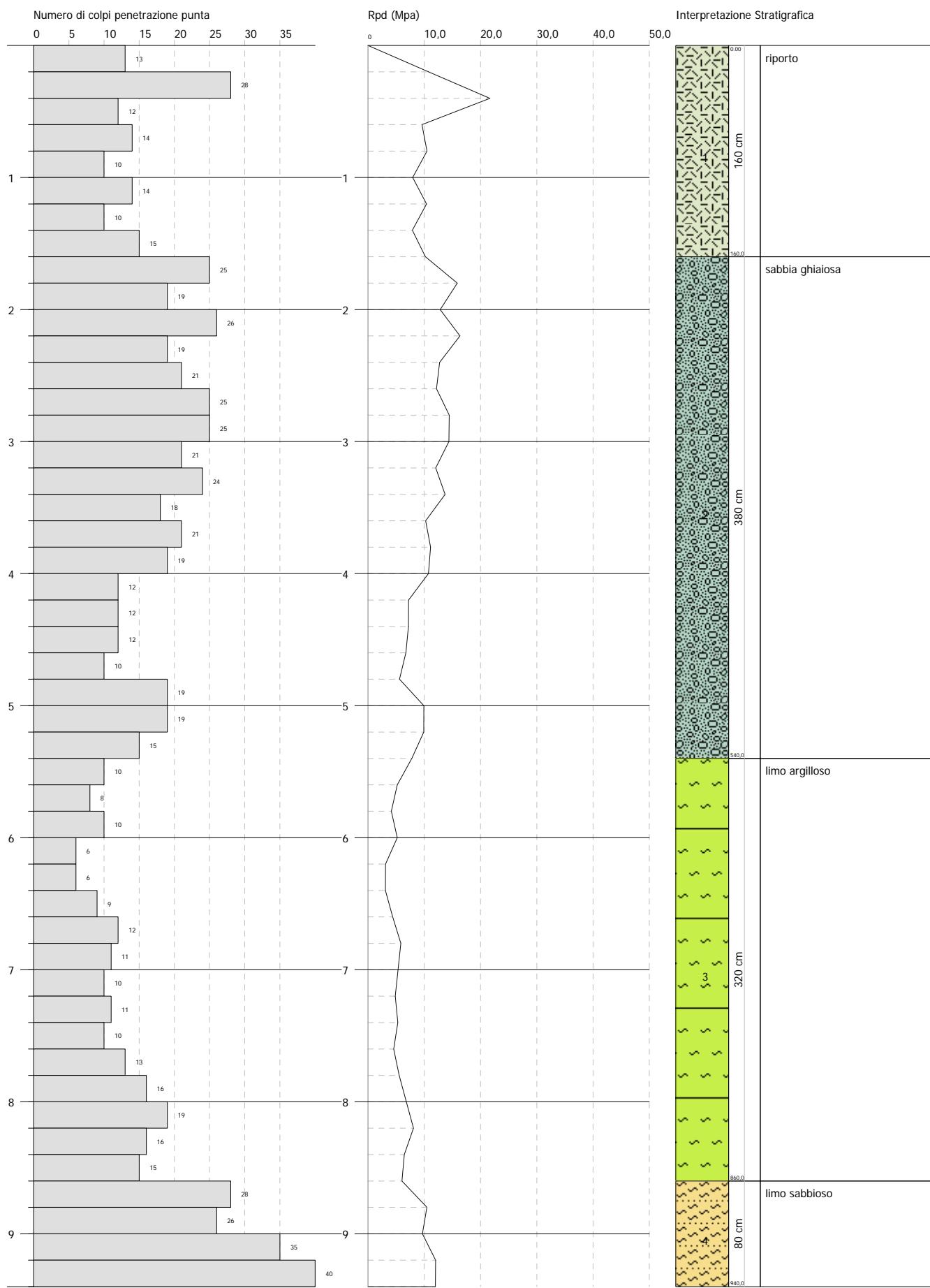


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Committente: Comune di Barberino di Mugello
 Cantiere: Palazzo Comunale
 Località: Barberino di M.Ilo (FI)

Data: 10/11/2016

Scala 1:40



ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) RELATIVA AL PALAZZO COMUNALE DI BARBERINO DI MUGELLO (FI)

Al fine di valutare la risposta sismica locale relativa al Palazzo Comunale di Barberino di Mugello (FI), sono state condotte specifiche analisi sismiche monodimensionali sulla base delle informazioni sismostratigrafiche dedotte dalle indagini di esplorazione multidisciplinare del sottosuolo realizzate nell'area.

In particolare le analisi sono state effettuate in riferimento alle fasi, di seguito illustrate:

- 1) Determinazione dell'accelerazione massima di riferimento e delle caratteristiche sismologiche dell'area;
- 2) Estrazione dei terremoti sismo-compatibili e spettro-compatibili da utilizzare come input nelle analisi;
- 3) Definizione dei profili sismostratigrafici di progetto del sito;
- 4) Realizzazione delle analisi di risposta sismica locale e relativa rappresentazione dei risultati.

La scelta dei terremoti di input necessari per lo svolgimento delle analisi di risposta sismica locale è stata effettuata coerentemente con quanto prescritto ai Cap. 3.2.3.6, 7.3.5 e 7.11.3 delle NTC2008 (d.m. 14 gennaio 2008).

E' stato utilizzato il software SCALCONA-3.0, che consente di ottenere un set di 7 accelerogrammi naturali registrati su roccia e soddisfacenti al requisito della spettrocompatibilità con lo spettro di risposta di normativa (NTC2008) per un qualsiasi sito ricadente all'interno del territorio toscano e, per differenti periodi di ritorno, tra cui i periodi di ritorno relativi al progetto in esame.

In relazione alla strategia di progettazione, di cui in figura 1 è fornito un prospetto riassuntivo, sono state necessarie estrazioni di input sismici separate per ognuno dei due stati limite considerati (SLD e SLV).

Coordinate WGS84	Lat.: 44.000395 Long.: 11.238581		
Coordinate ED50	Lat.: 44.001347 Long.: 11.239568		
Vita Nominale (Vn)	50 anni		
Categoria d'uso (Cu)	2		
Vita di riferimento (Vr)	100 anni		
Stati limite considerati	SLD ed SLV		
Periodi di ritorno	101 anni (SLD) e 949 anni (SLV)		
Tabella parametrizzazione		ag (g)	F0
	SLD	0.107	2.410
	SLV	0.246	2.414

Figura 1

L'utilizzo del software SCALCONA-3.0 rappresenta una modalità facile e veloce per l'estrazione di accelerogrammi spettrocompatibili e sismocompatibili caratterizzati da buoni indicatori di qualità (si cita ad esempio l'attenzione alla limitazione dell'entità del fattore di scala di ogni accelerogramma) e garantiti dal fatto di essere il prodotto finale di una accurata e pluriennale ricerca scientifica, realizzato nell'ambito di una convenzione tra Regione Toscana ed Università di Pavia. Utilizzando il software SCALCONA-3.0 non è necessario indicare il range di Magnitudo e Distanza più probabile, poiché tale procedura è automatizzata dal software.

Gli accelerogrammi estratti (figura 2a e 2b) per ogni stato limite (rappresentati in figura 3 in termini di storie temporali e in figura 4 come spettri di risposta), sono caratterizzati dall'avere buona sismo-compatibilità, spettro-compatibilità con lo spettro di categoria A del sito in esame e limitati valori del fattore di scala singoli e medi.

EQ n°	Mw	Epicentral distance [km]	Scaling factor (%)	Source – file name	EC8 Site class
1	6.2	29.9	1.44	ESM EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC	
2	5.9	10.1	1.1	ESM IT.ATN..HNN.D.19840507.174943.C.ACC.ASC	
3	6.69	38.07	0.73	NGA-West2 RSN1091_NORTHR_VAS000.AT2	
4	6.2	78.79	1.92	NGA-West2 RSN2989_CHICHI.05_CHY102N.AT2	
5	6.5	57.74	2.37	NGA-West2 RSN8167_SANSIMEO_DCPP247.AT2	
6	6.6	62	0.78	KiK-net SAGH050503201053.EW2	
7	5.4	13.2	1.17	ESM IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC	
Medie	6.21		1.36		

Figura 2a – SCALCONA 3.0, dati input sismici selezionati per $SLD\ TR=101$ anni: Mw = magnitudo momento associata, Epicentral Distance = distanza epicentrale in km, Scaling Factor = fattore di scala singolo, Source-file name = indicazione della banca dati di origine e suo codice identificativo, EC8 Site class = caratterizzazione del sito di registrazione secondo l'Eurocodice 8.

EQ n°	Mw	Epicentral distance [km]	Scaling factor (%)	Source – file name	EC8 Site class
1	6.2	29.9	2.46	ESM EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC	
2	5.74	12.57	2.62	NGA-West2 RSN146_COYOTELK_G01320.AT2	
3	6.93	83.53	4.22	NGA-West2 RSN804_LOMAP_SSF115.AT2	
4	6.69	38.07	1.76	NGA-West2 RSN1091_NORTHR_VAS000.AT2	
5	6.6	31	0.86	KiK-net SMNH100010061330.EW2	
6	6.9	70.13	3.15	NGA-West2 RSN5685_IWATE_MYGH11NS.AT2	
7	5.2	11.8	3.4	ESM IT.AQP..HNN.D.20090409.005259.C.ACC.ASC	
Medie	6.32		2.64		

Figura 2b – SCALCONA 3.0, dati input sismici selezionati per $SLV\ TR=949$ anni: Mw = magnitudo momento associata, Epicentral Distance = distanza epicentrale in km, Scaling Factor = fattore di scala singolo, Source-file name = indicazione della banca dati di origine e suo codice identificativo, EC8 Site class = caratterizzazione del sito di registrazione secondo l'Eurocodice 8.

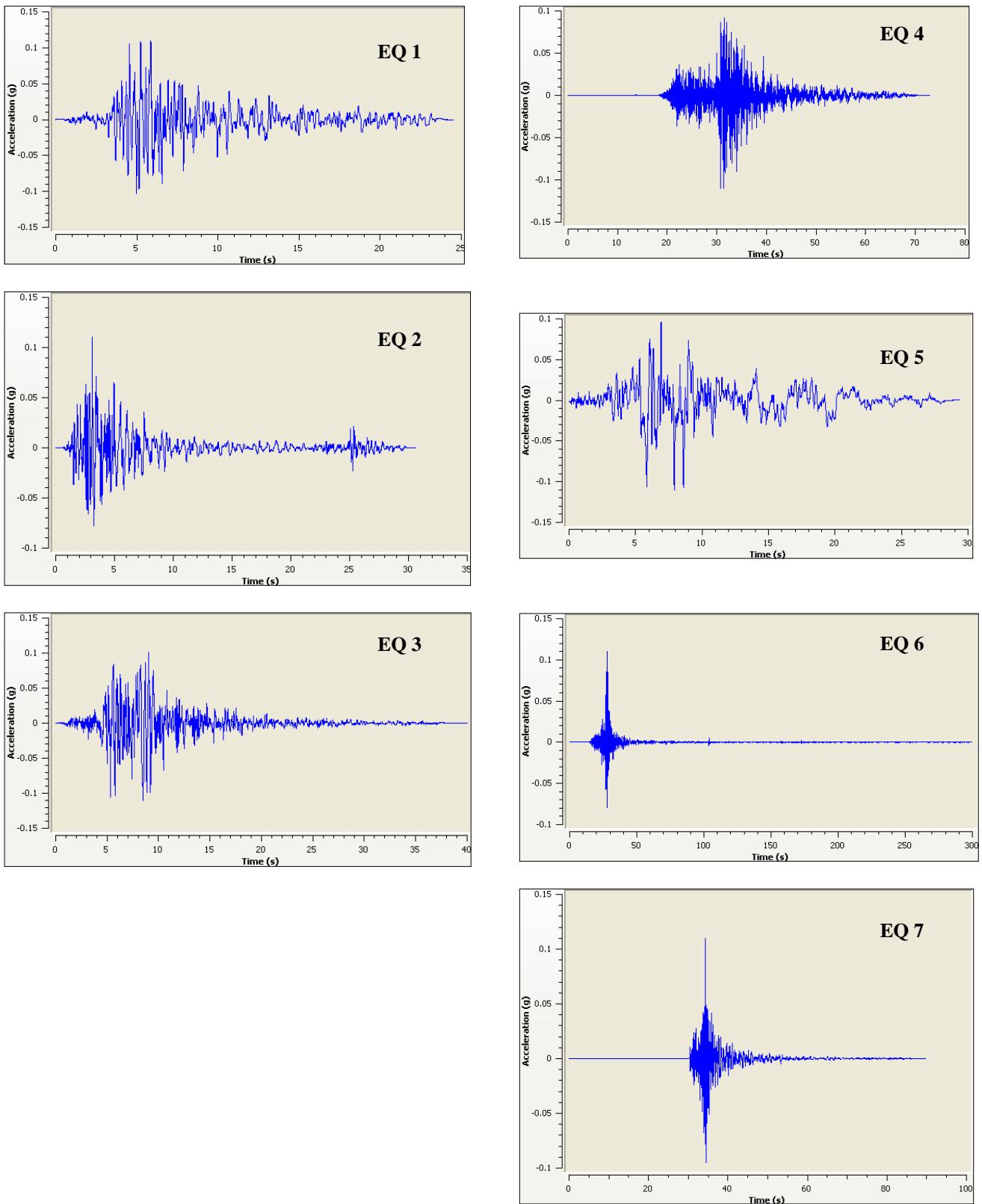


Figura 3a - Input sismici per SLD TR=101anni (accelerogrammi)

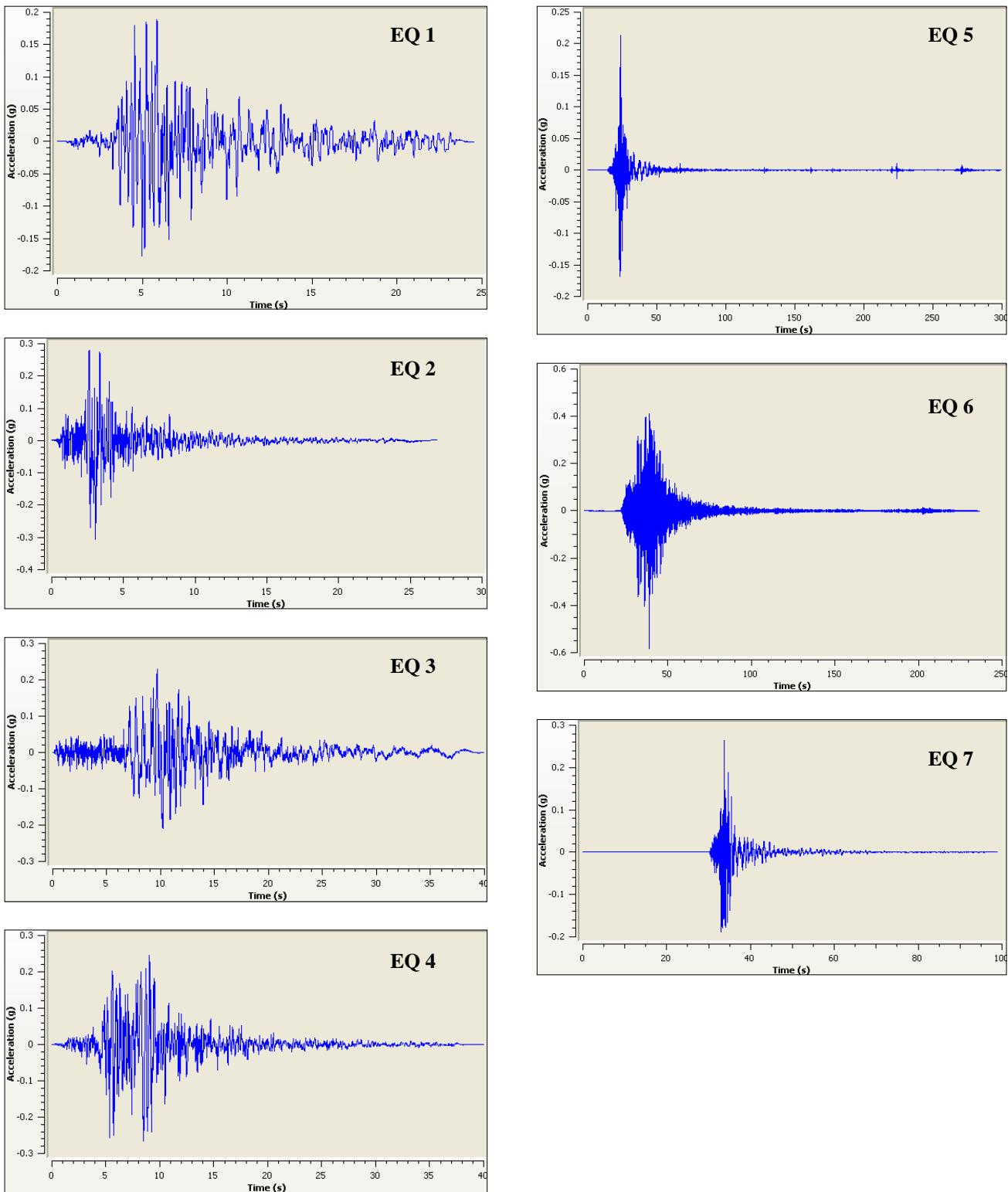


Figura 3b - Input sismici per SLV TR=949anni (accelerogrammi)

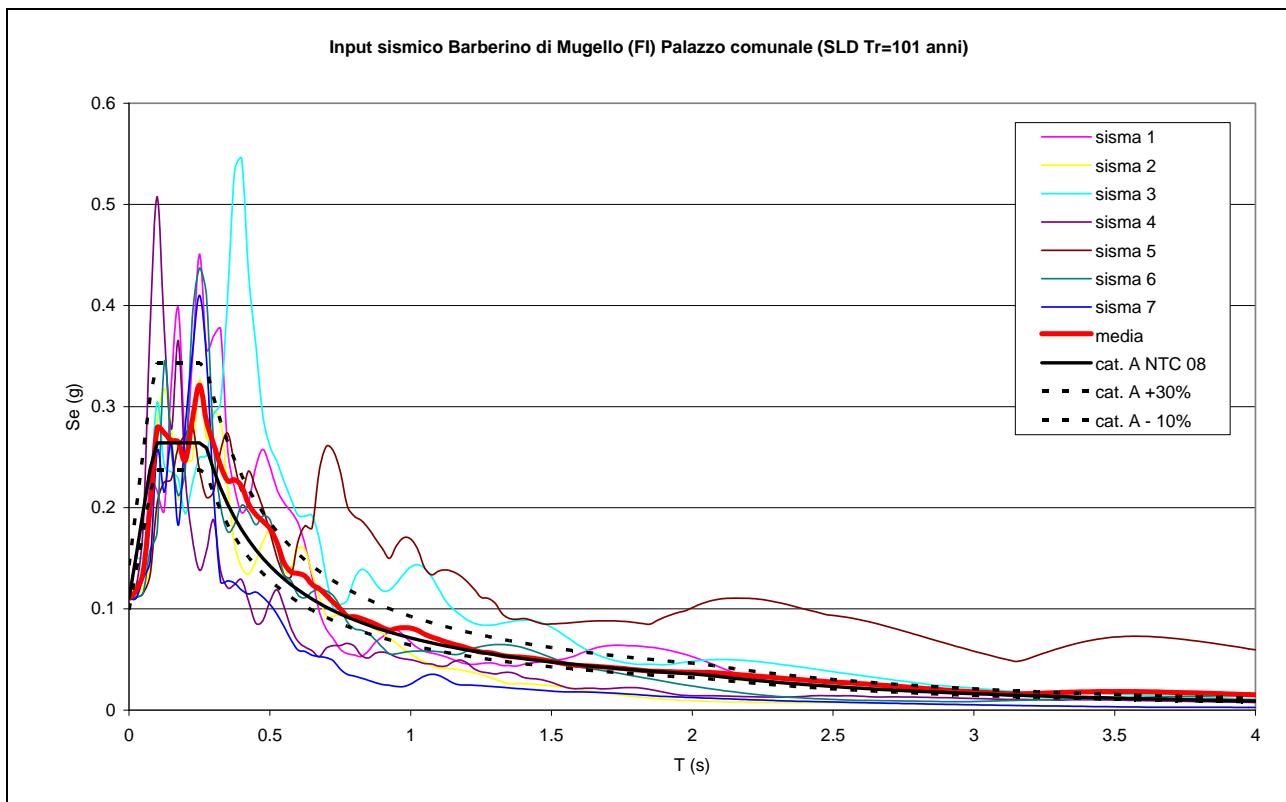


Figura 4a - Input sismici per SLD TR=101anni (spettri). Fonte SCALCONA-3.0

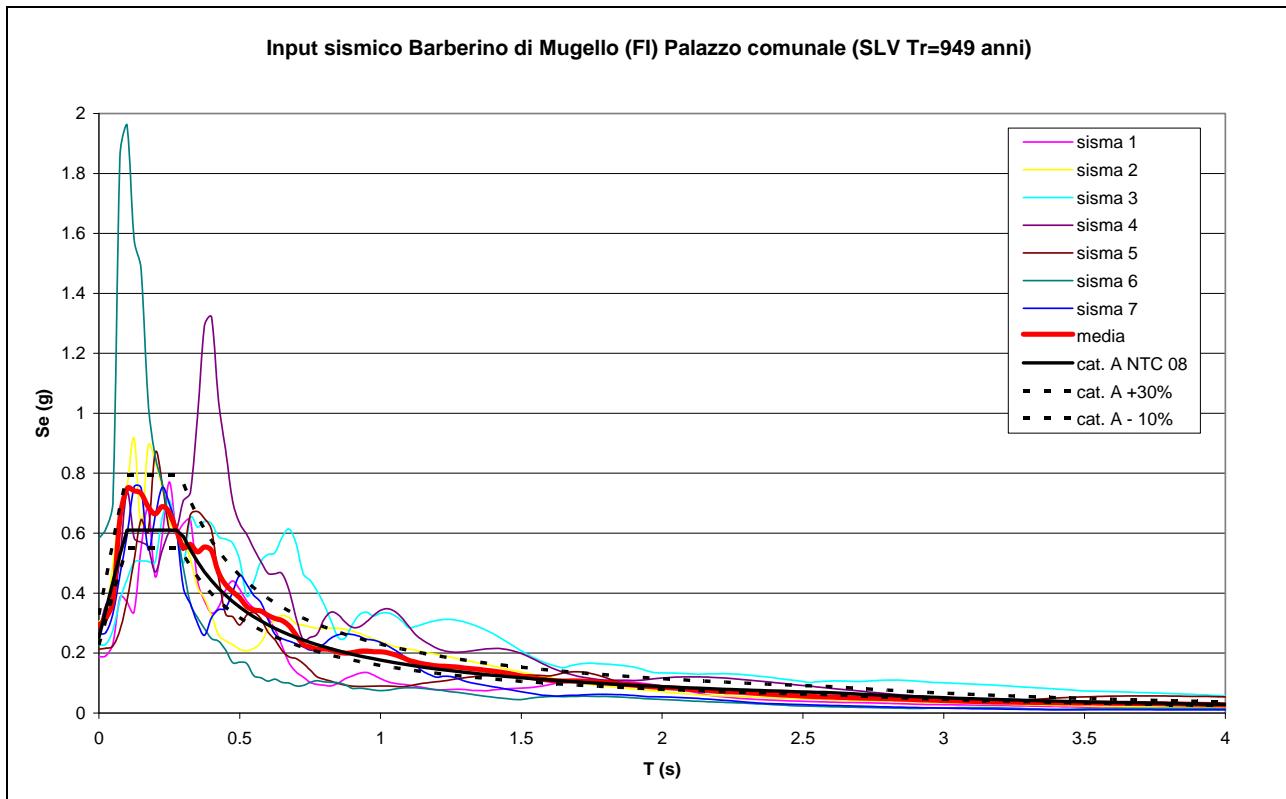


Figura 4b - Input sismici per SLV TR=949anni (spettri). Fonte SCALCONA-3.0

Definiti i 7 moti di input sismico per ognuno dei due stati limite considerati, si è provveduto mediante il codice di calcolo Strata alla realizzazione delle analisi monodimensionali.

Il codice monodimensionale Strata (Kottke and Rathje, 2008) calcola la risposta sismica di un deposito stratificato orizzontalmente, a comportamento visco-elastico lineare, poggiante su bedrock deformabile a superficie orizzontale, soggetto alla propagazione verticale di onde di taglio. Il codice opera nel dominio delle frequenze analogamente al codice SHAKE e sue successive modificazioni (Schnabel et. Al. 1972, Idriss & Sun, 1992), senz'altro il codice di calcolo per analisi monodimensionali più conosciuto e diffuso.

Il comportamento non lineare del terreno viene simulato attraverso un'analisi lineare equivalente. Il modulo di taglio G e il fattore di smorzamento D vengono fatti dipendere dal livello della deformazione tangenziale γ indotta dalle sollecitazioni sismiche. A partire dai valori iniziali dei parametri di rigidezza e smorzamento con una prima analisi si determina un primo valore caratteristico (o effettivo) della deformazione tangenziale γ_{eff} . Dalle curve $G/G_0-\gamma$ e $D-\gamma$ si determinano nuovi valori di G e D e si esegue una nuova analisi determinando un nuovo valore caratteristico. Il procedimento viene ripetuto in maniera iterativa fino a quando lo scarto percentuale tra i valori di G, D e γ_{eff} viene ritenuto arbitrariamente accettabile.

In ragione dei differenti profili sismostratigrafici evidenziati tra il settore sud e il settore nord dell'edificio (v. Figure 5a e 5b) sono state condotte, in accordo con il Settore Sismica della Regione Toscana, due analisi monodimensionali sui due settori.

In fase di definizione dell'input di analisi, è stato imposto al software un errore residuo massimo del 1% per un numero massimo di 20 iterazioni.

Sismostrato	Prof. (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Densità Gamma (kN/m³)	Natura terreno
1	1,45 – 2,10	0,65	240	20,50	Riporto (hr)
2	2,10 – 6,05	3,95	310	20,69	Sabbia ghiaiosa moderatamente addensata (SIV2/SIV3)
3	6,05 – 10,90	4,85	340	19,25	Limo argilloso molto consistente (MGO1a1)
4	10,90 – 20,00>	9,10>	790		Substrato sismico, alternanza di siltiti, areniti fini, marne, argilliti e fasce cataclasitiche (AQR2)

Figura 5a - Profilo sismostratigrafico del settore sud dell'edificio

Sismostrato	Prof. (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Densità Gamma (kN/m³)	Natura terreno
1	1,45 – 2,10	0,65	240	20,50	Riporto (hr)
2	2,10 – 6,05	3,95	310	20,69	Sabbia ghiaiosa moderatamente addensata (SIV2/SIV3)
3	6,05 – 48,45	42,40	340	19,25	Limo argilloso molto consistente (MGO1a1)
4	>48,45	9,10	790		Substrato sismico, alternanza di siltiti, areniti fini, marne, argilliti e fasce cataclasitiche (AQR2)

Figura 5b - Profilo sismostratigrafico del settore nord dell'edificio

Nelle figure 5a e 5b è riportata la sismostratigrafia derivante dalla realizzazione di una campagna multidisciplinare di esplorazione del sottosuolo, consistita nell'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche di superficie ed in foro.

Il profilo sismostratigrafico è stato decurtato dei livelli sovrastanti il piano di posa delle fondazioni (-1,45 m dal p.c.).

Il sito, posto in area subpianeggiante, non risente di amplificazione topografica.

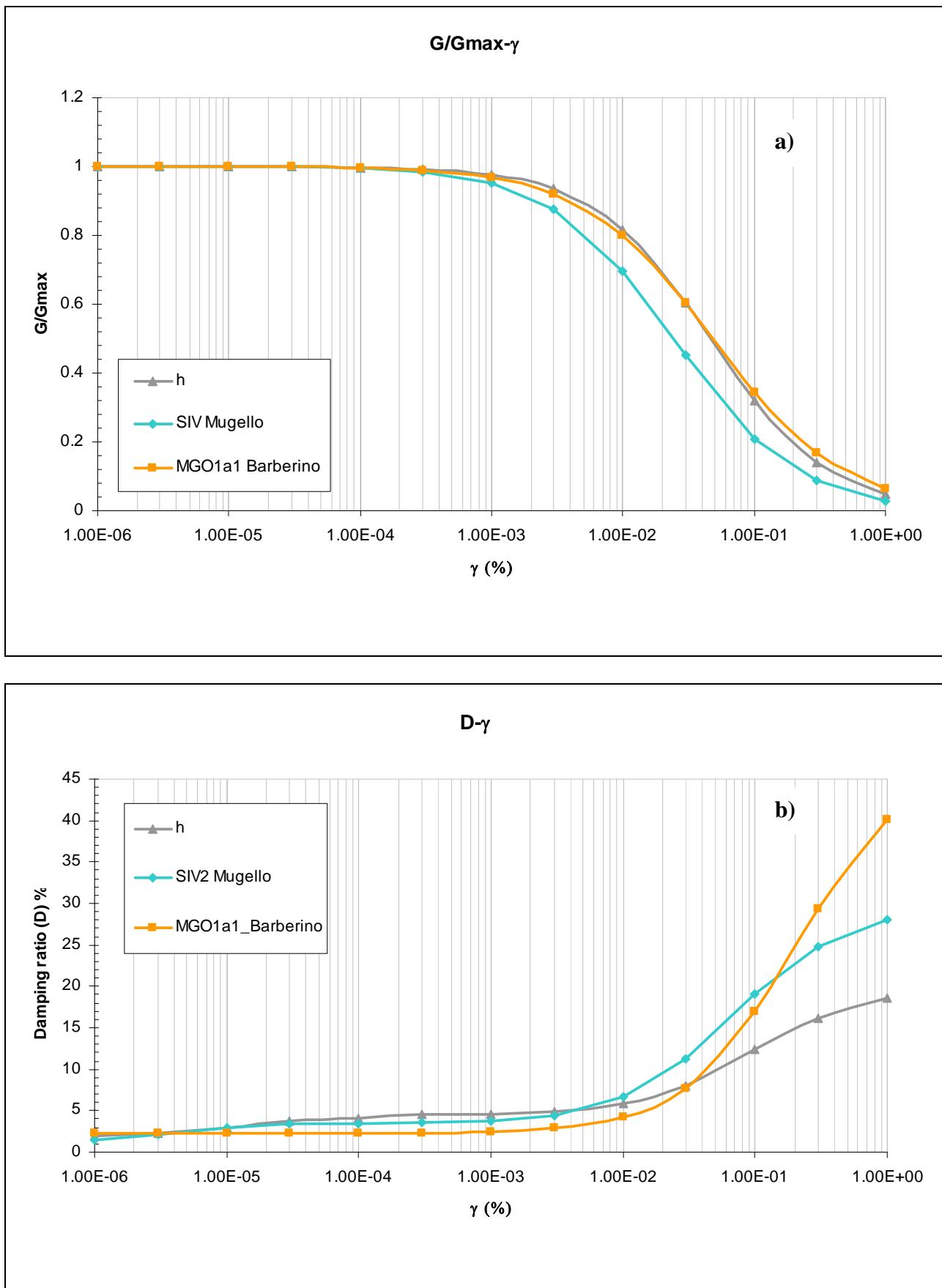


Figura 6a, b – Curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e di incremento del rapporto di smorzamento (D) con la deformazione tangenziale (γ) utilizzate nelle analisi di Risposta Sismica Locale.

I valori delle predette curve dinamiche sono stati dedotti dalla banca dati VEL: per il sismostrato n. 1 utilizzando la curva media per la formazione “h” in Mugello; per il sismostrato n. 2 utilizzando la curva media per la formazione “SIV (bn)” per analoga litologia; per il sismostrato n. 3 utilizzando la curva media per la formazione “MGOa” (litologia CL) a Barberino di Mugello (le curve dinamiche derivate dal taglio torsionale ciclico realizzato sul campione SH2-S5 non sono state ritenute significative).

In termini di valutazione dell’azione sismica secondo l’approccio semplificato di normativa l’assetto sismostratigrafico dell’area restituisce un valore cautelativo di Vs30 pari a 501 m/s che, secondo considerazioni sismostratigrafiche riferibili alle NTC 2008 e descritte in relazione, deve essere riferito cautelativamente alla categoria di sottosuolo E, con cui i risultati dell’analisi di risposta sismica locale sono stati confrontati in termini di spettri di risposta elastici per ognuno degli stati limite considerati.

Gli input sismici sono stati posti in corrispondenza del tetto del sismostrato 4, considerabile come substrato sismico sulla base del valore di Vs desunto dalle prove geofisiche condotte in sito.

I risultati dell’analisi per lo Stato Limite di Danno (SLD) sono graficati in figura 7a e riportati in tabella 1a in appendice.

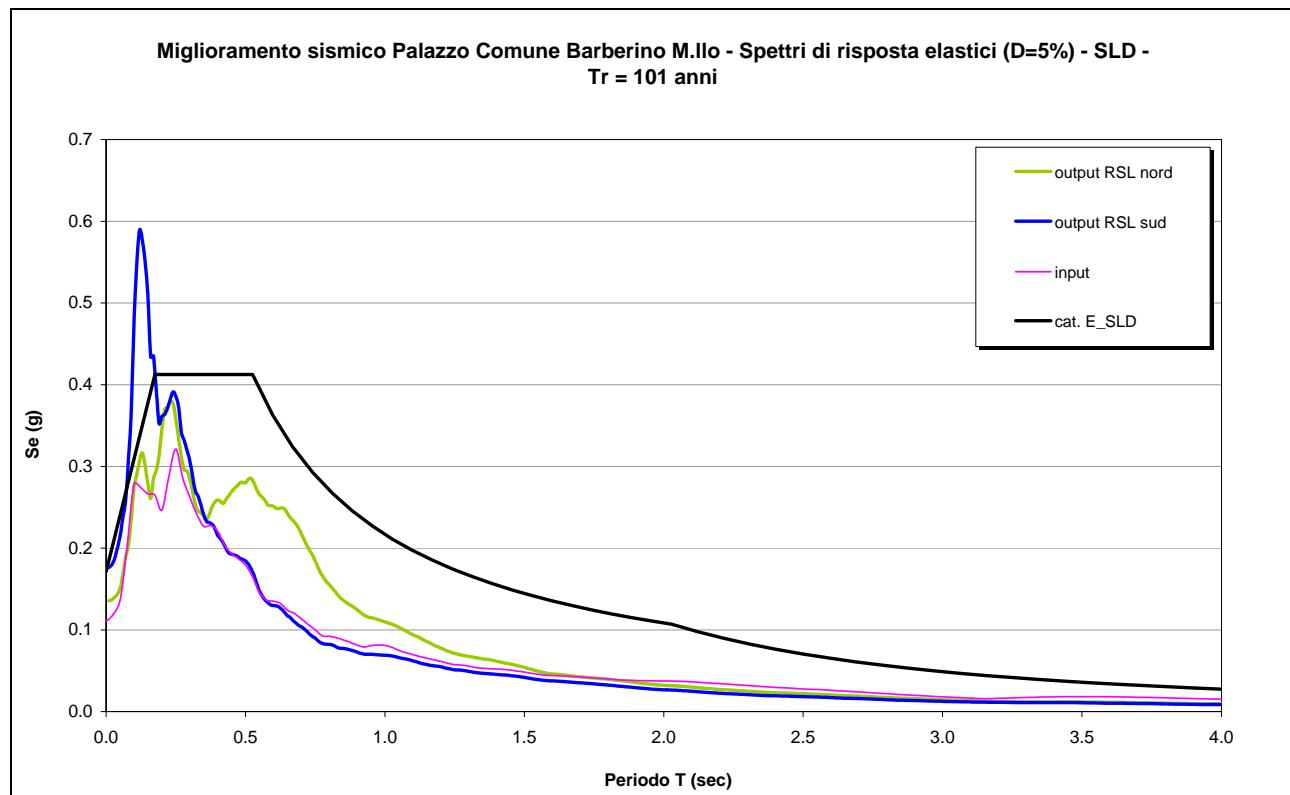


Figura 7a - Risultati SRL SLD Tr = 101 anni

I risultati dell’analisi per lo Stato Limite di Danno (SLV) sono graficati in figura 7b e riportati in tabella 1b in appendice.

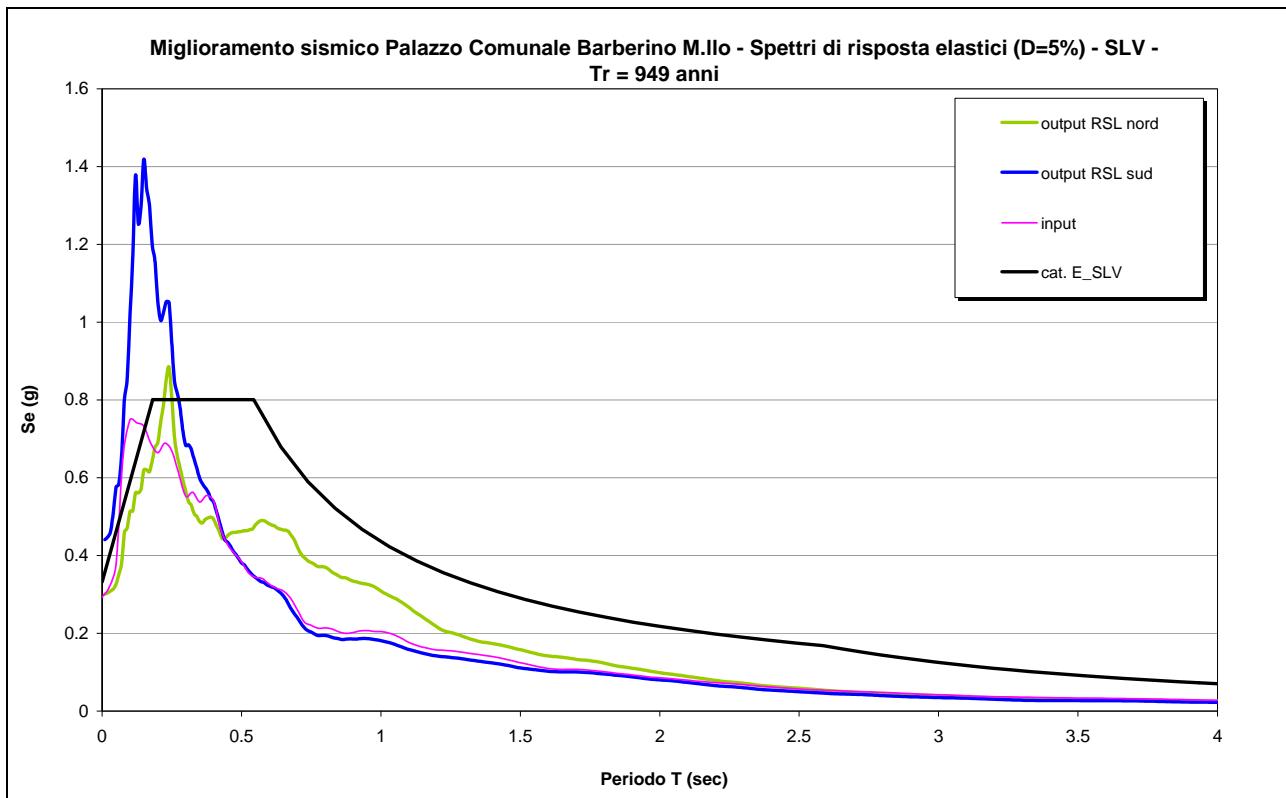


Figura 7b - Risultati SRL SLV Tr = 949 anni

Dall'analisi si può notare come l'amplificazione, in particolare per il settore sud, sia piccata su una banda di periodo compatibile con il contrasto d'impedenza tra substrato sismico e sovrastanti coperture individuato a livello relativamente superficiale (periodi più bassi).

L'amplificazione nel settore nord presenta un modesto picco su periodo leggermente più alto e mostra un andamento a “plateau” sui periodi più alti. Tale assetto risulta compatibile con modesti contrasti d'impedenza tra substrato sismico e sovrastanti coperture, connotato da profondità maggiori e, quindi, periodi più elevati.

La conferma di quanto sopra indicato è data dall'osservazione della figura 8, in cui è rappresentata la funzione di amplificazione (FAS). La FAS è considerabile la “firma” del sito, ovvero la rappresentazione spettrale di come le particolari caratteristiche sismostratigrafiche del profilo modellato influiscano (per ognuna delle frequenze considerate) sulla modifica dell'input sismico. Essa è data, quindi, dal rapporto tra l'output e l'input ed è rappresentata in figura per ognuno dei sette terremoti costituenti l'input sismico e come valore medio.

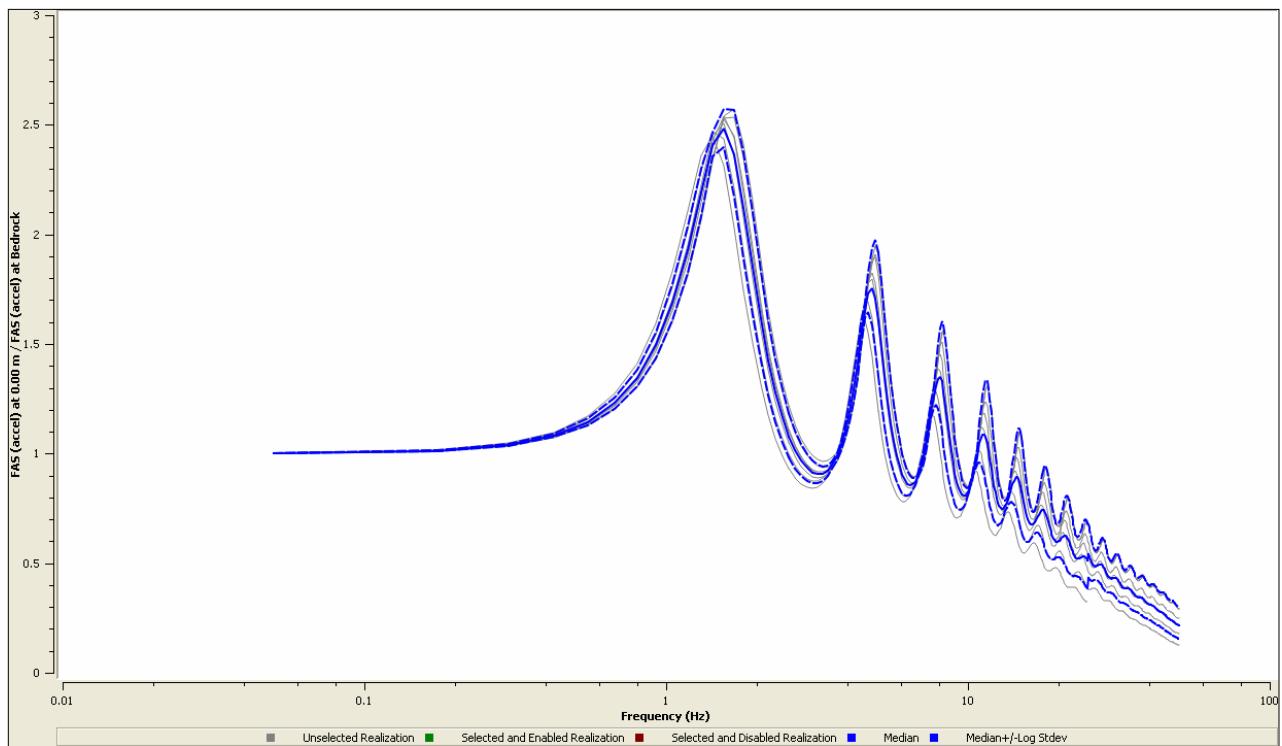


Figura 8a – Funzione di amplificazione spettrale (FAS) per SLD settore nord

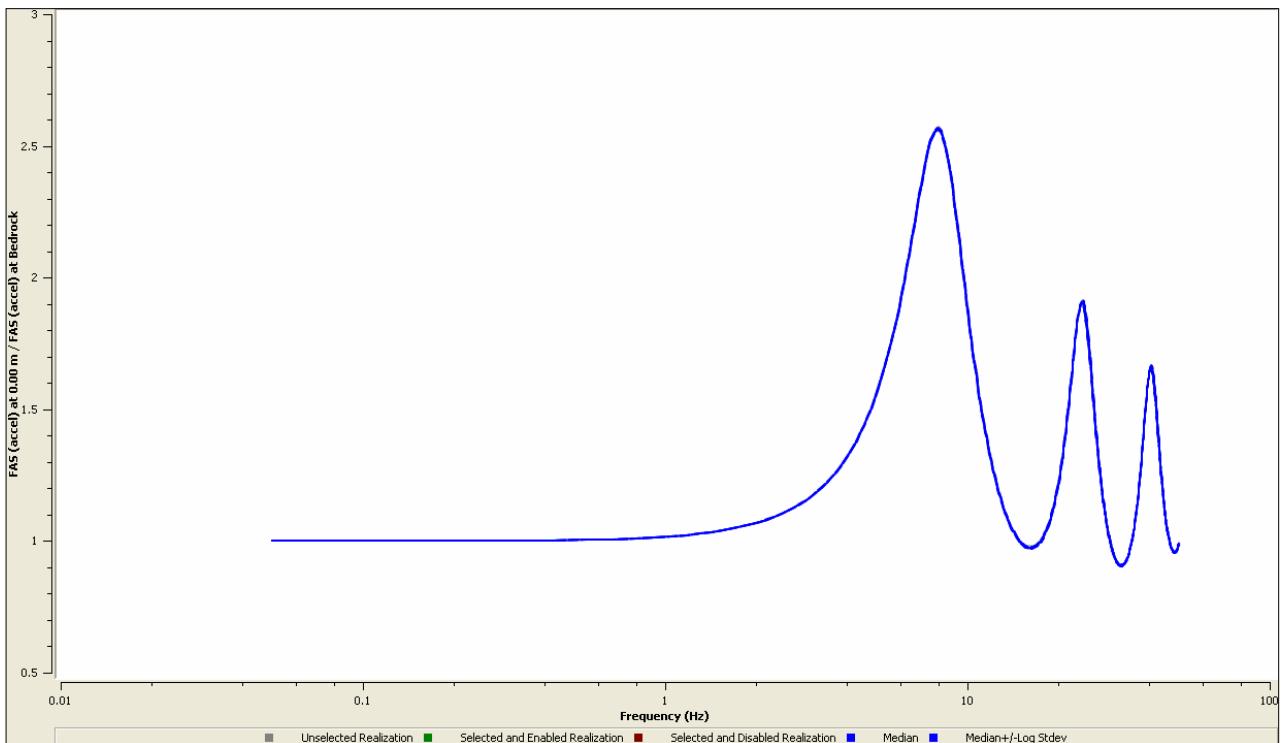


Figura 8b – Funzione di amplificazione spettrale (FAS) per SLD settore sud

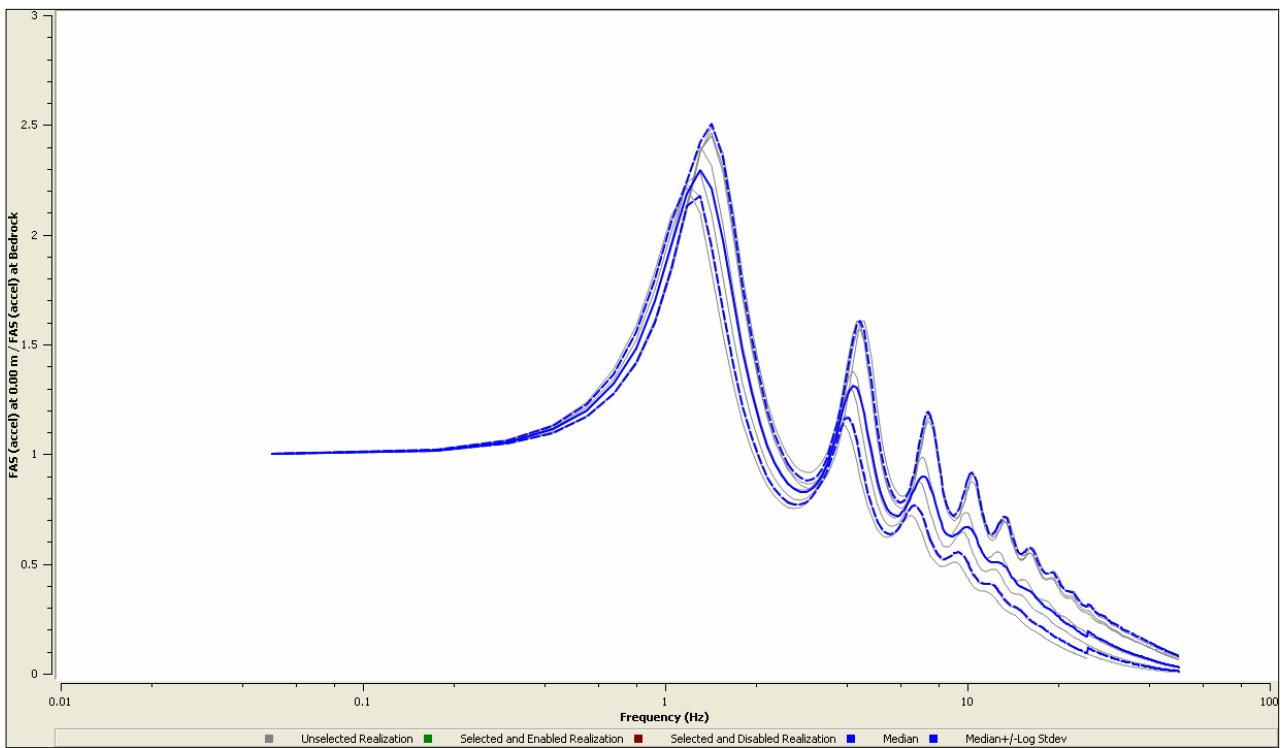


Figura 8c – Funzione di amplificazione spettrale (FAS) per SLV settore nord

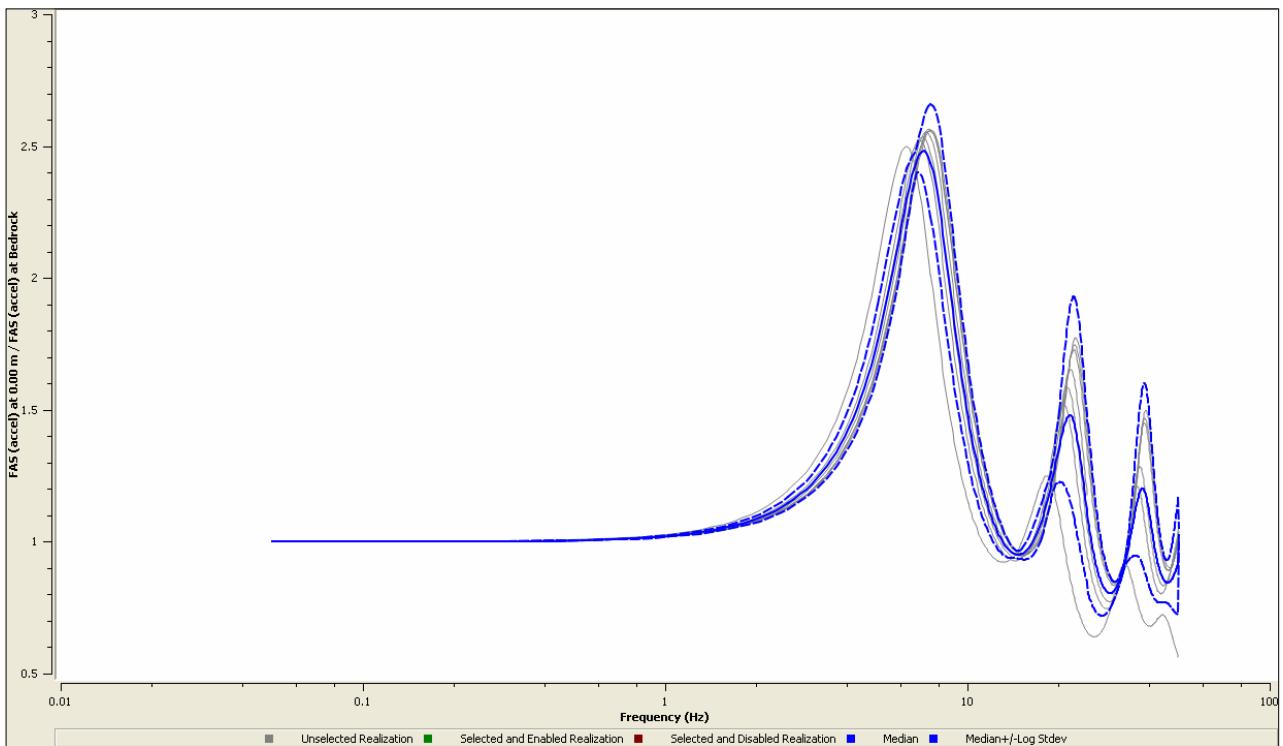


Figura 8d – Funzione di amplificazione spettrale (FAS) per SLV settore sud

In figura 8a e 8c, si nota la presenza di un picco principale, connotato da valori di frequenza di circa 1,5 Hz (SLD) e 1,3 Hz (SLV) ad indicare un contrasto di impedenza relativamente profondo.

In figura 8b e 8d, si nota con chiarezza la presenza di un picco principale, connotato invece da valori di frequenza di circa 7,9 Hz (SLD) e 7,2 Hz (SLV) ad indicare un contrasto di impedenza più superficiale.

Successivamente, sono stati calcolati gli spettri normalizzati riferiti al risultato delle analisi RSL per SLV e per SLD per entrambi i settori di indagine (nord e sud).

Questi spettri, caratterizzati da una forma simile a quella relativa all'approccio semplificato di normativa, sono stati ricavati rettificando gli spettri di output delle analisi di risposta sismica locale. Questa operazione permette di definire sia uno spettro di forma simile a quelli semplificati di normativa sia, di conseguenza, i suoi parametri dipendenti (S , T_b , T_c e T_d), mentre i parametri indipendenti sono fissati, come noto, dalla localizzazione del sito e dalle scelte progettuali alla base funzione della progettazione.

La regolarizzazione dello spettro viene effettuata secondo le procedure illustrate negli ICMS 2008 e meglio specificate da Pergalani e Compagnoni (2013).

In sintesi, secondo tale metodo, dallo spettro medio si ricavano i valori di **TA** (periodo per il quale è massimo il valore in accelerazione), **SA** (valore medio dello spettro in accelerazione per periodi compresi tra **0.5TA** ed **1.5TA**), **TV** (periodo per il quale è massimo il valore in pseudovelocità), **SV** (valore medio dello spettro in pseudovelocità per periodi compresi tra **0.8TV** ed **1.2TV**).

Ricavati tali valori si determinerà l'estensione del plateau (tratto dello spettro con accelerazione costante) tenendo conto che $T_c = 2\pi*(SV/SA)$ e $T_b = 1/3T_c$. Noti i parametri indipendenti dalle condizioni di sito (**ag** e **Td**) è possibile, infine, ricavare il parametro **S** come a_{max}/a_g dove a_{max} è calcolata da analisi di risposta locale.

Il parametro **F0**, indipendente dalle condizioni sismostratigrafiche del sito secondo l'approccio semplificato delle NTC2008, nel presente metodo viene reso, invece, dipendente dalle condizioni geologiche locali con valore pari al rapporto tra **SA** ed **amax** (accelerazione di ancoraggio dello spettro caratteristico).

Nelle figure relative alla rappresentazione degli spettri regolarizzati è operato il confronto tra lo spettro di risposta sismica locale normalizzato ed il relativo spettro di Categoria di sottosuolo E, e per ognuno dei due spettri è fornito un prospetto dei parametri sismici relativi.

Le figure 9a e 9b illustrano i risultati in termini anche di spettri di risposta, i cui dati tabellari sono visualizzabili tabella 1a e 1 b in Appendice.

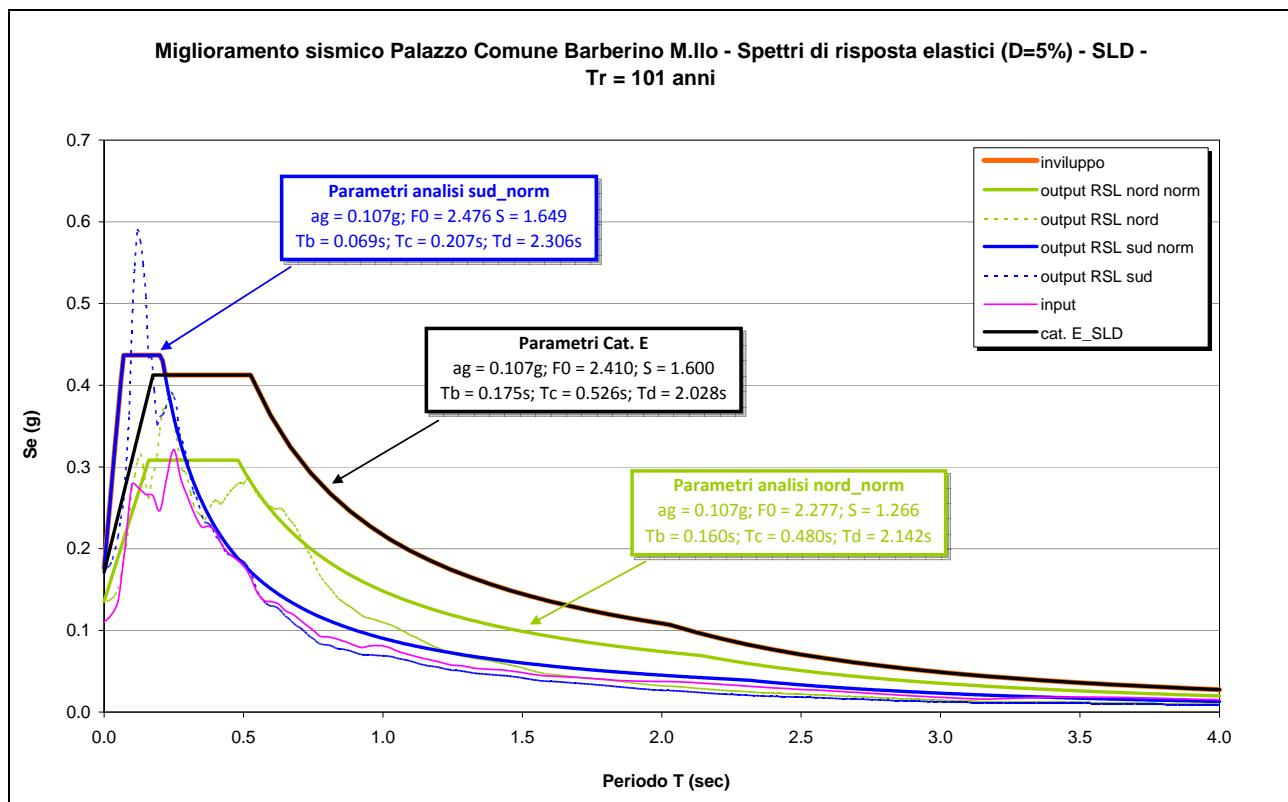
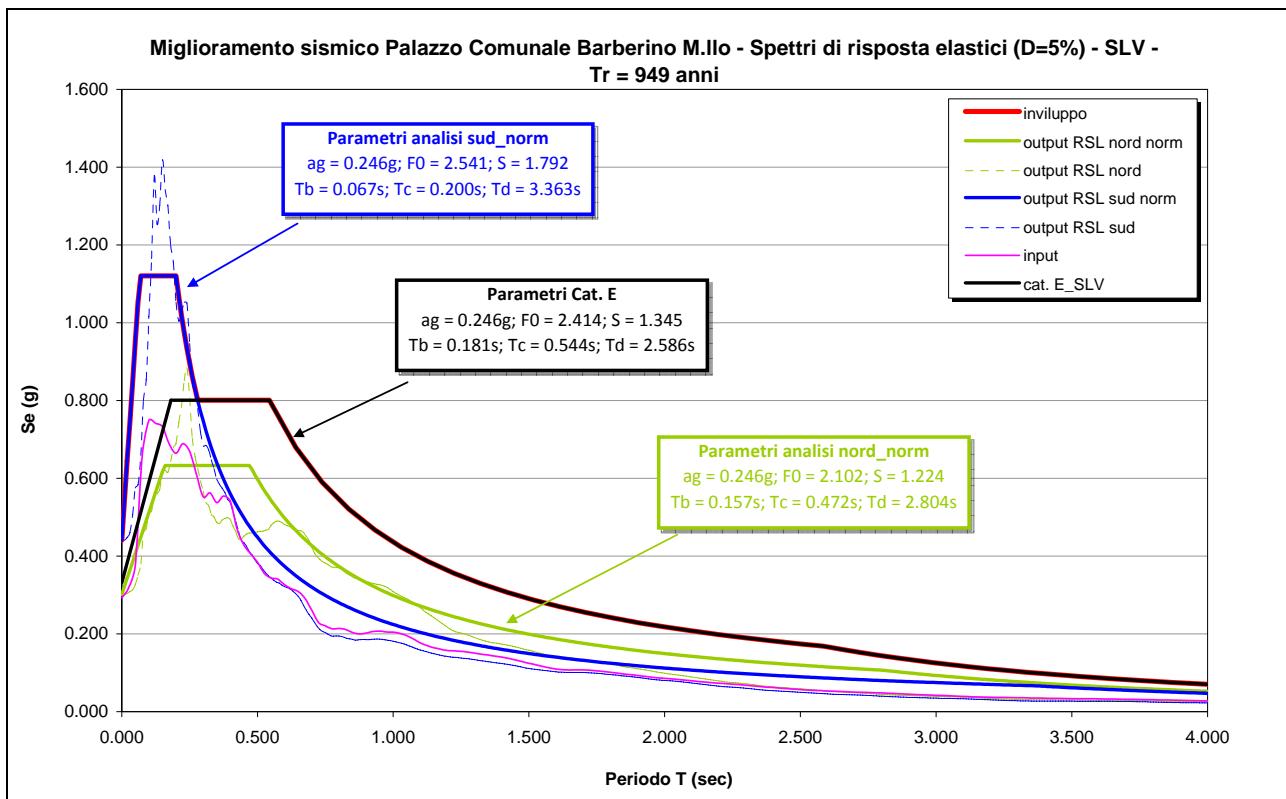


Figura 9a

**Figura 9b**

L'analisi di risposta sismica locale monodimensionale (RSL 1D) condotta su due diverse sismostratigrafie rappresentative dei settori settentrionale e meridionale dell'edificio ha sostanzialmente evidenziato per il settore sud dell'edificio, una situazione di amplificazione sismica specifica peggiorativa rispetto a quella emersa dalla determinazione "semplificata" delle NTC 2008 (categoria di sottosuolo E) fino al periodo di 0,28 secondi (0,22 s per SLD), mentre per periodi superiori prevale lo spettro di categoria E. Per il settore nord la RSL sia per SLD che per SLV è sempre risultata inferiore allo spettro di cat. E.

Su richiesta del Progettista, in accordo con Uffici regionali competenti, nell'ottica di eseguire un'analisi polimodale della struttura, sono stati individuati degli spettri specifici (inviluppo) che tenessero conto di una situazione cautelativa su tutti i periodi. Tali spettri specifici (inviluppo) sono stati definiti come il risultato della somma del ramo di spettro normalizzato RSL da 0 fino al periodo di intersezione più il ramo di spettro della categoria E dal periodo di intersezione in poi. Tale operazione è stata condotta sia per SLD che per SLV.

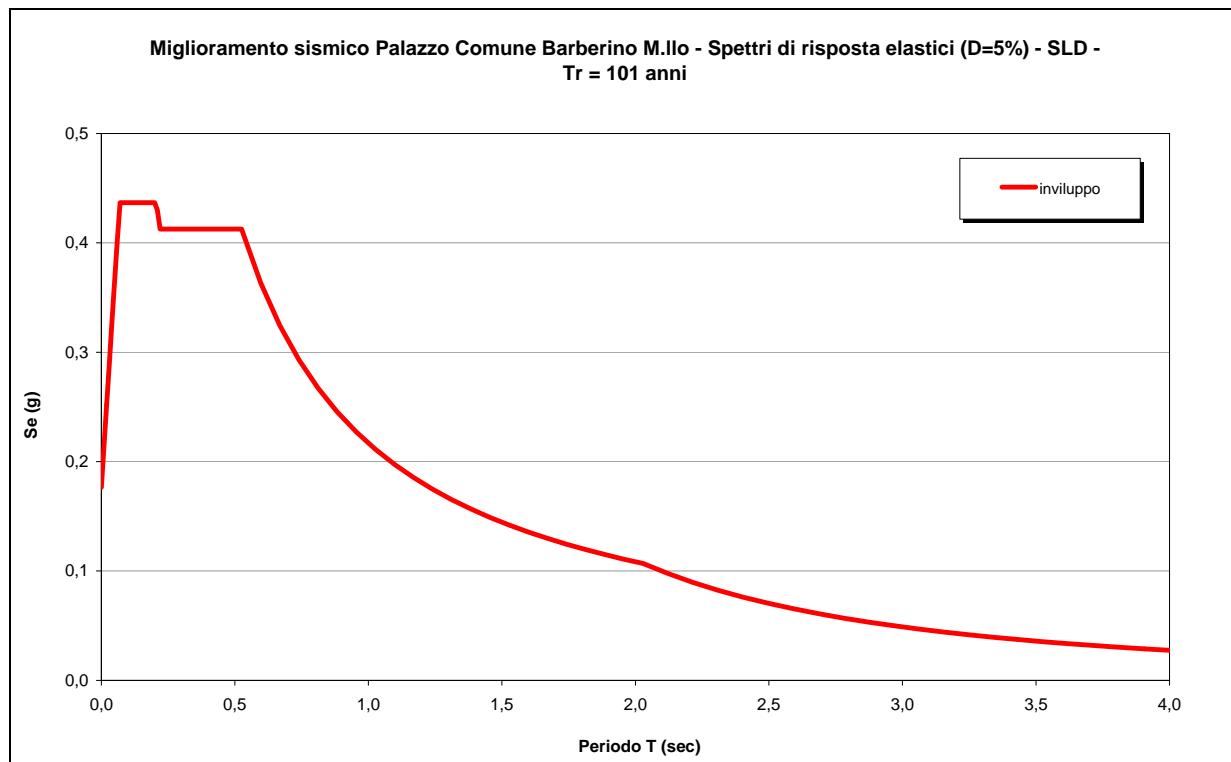


Figura 10a - Inviluppo SLD Tr = 101 anni

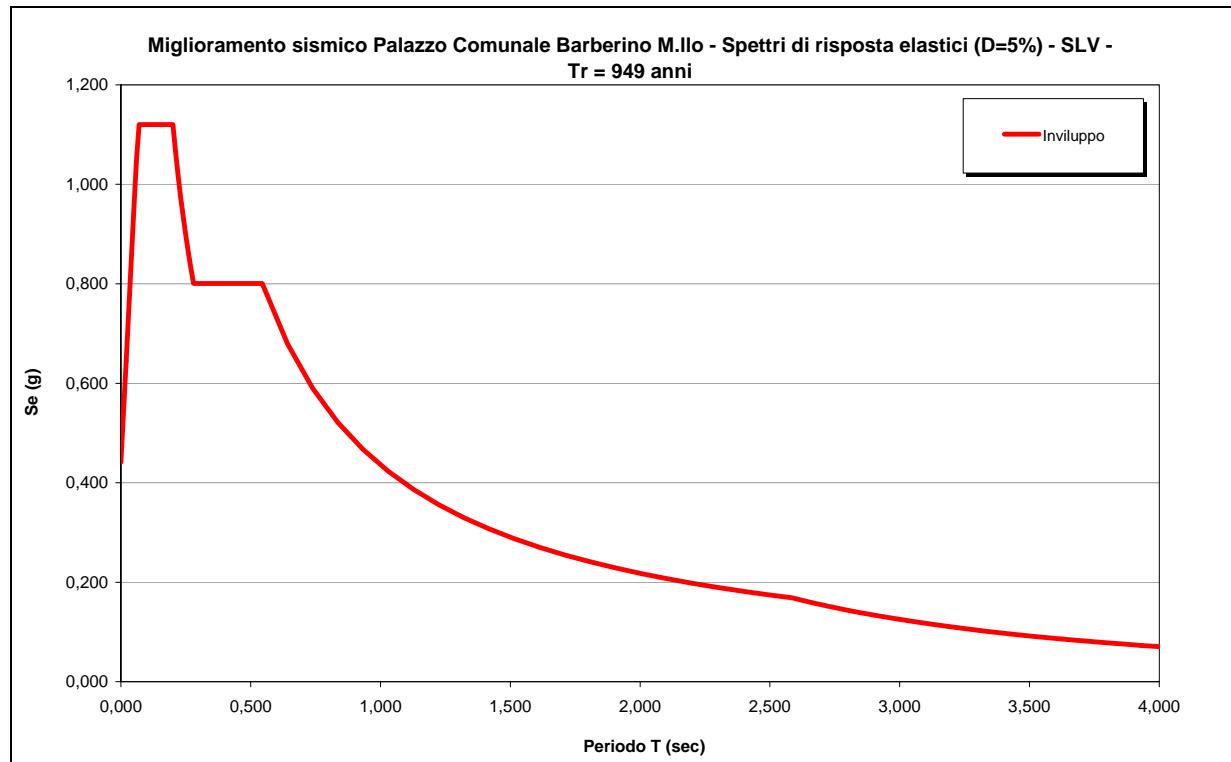


Figura 10b - Inviluppo SLV Tr = 949 anni

-----O-----

Per una ulteriore necessità progettuale legata alla ammissibilità a finanziamento pubblico dell'intervento di miglioramento sismico è stata prodotta una scalatura dello spettro RSL di interesse (inviluppo sud) per un Tempo di ritorno di 35 anni (SLD) e per un Tempo di ritorno di 77 anni (SLV). La scalatura, in accordo con gli Uffici regionali competenti, è stata eseguita tenuto conto del rapporto tra le accelerazioni tra tempo di ritorno di normativa e tempo di ritorno ridotto (con individuazione grafica della relativa accelerazione).

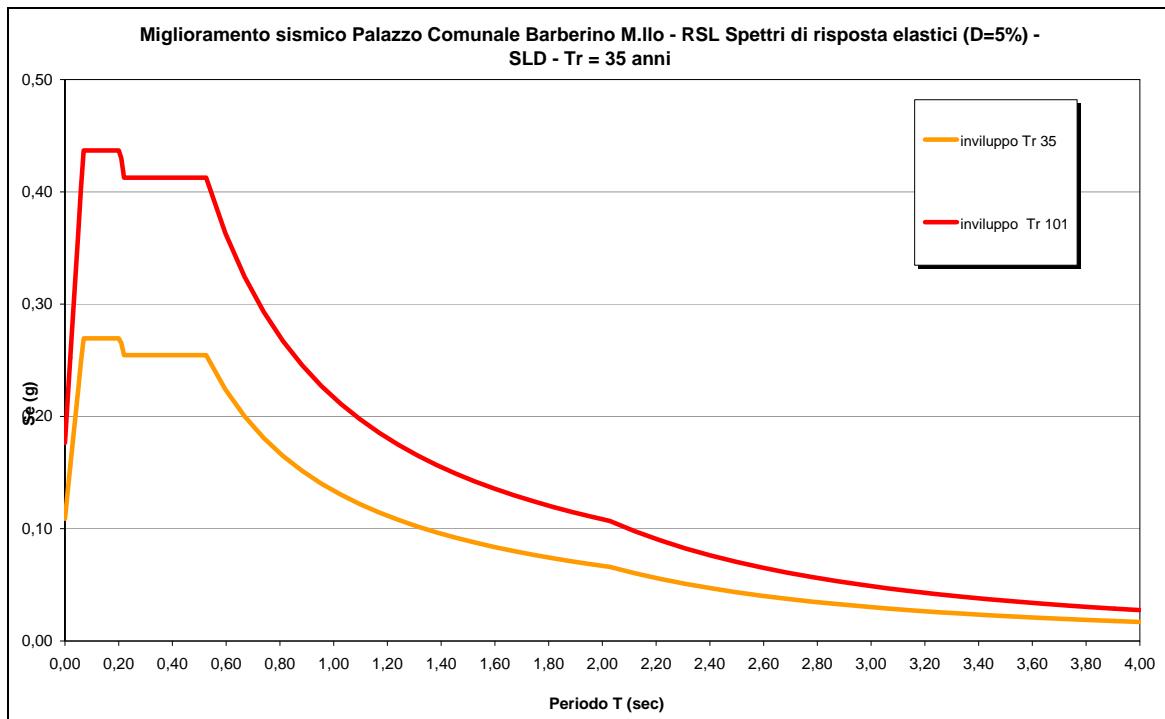


Figura 11a - Scalature dello spettro RSL (SLD)

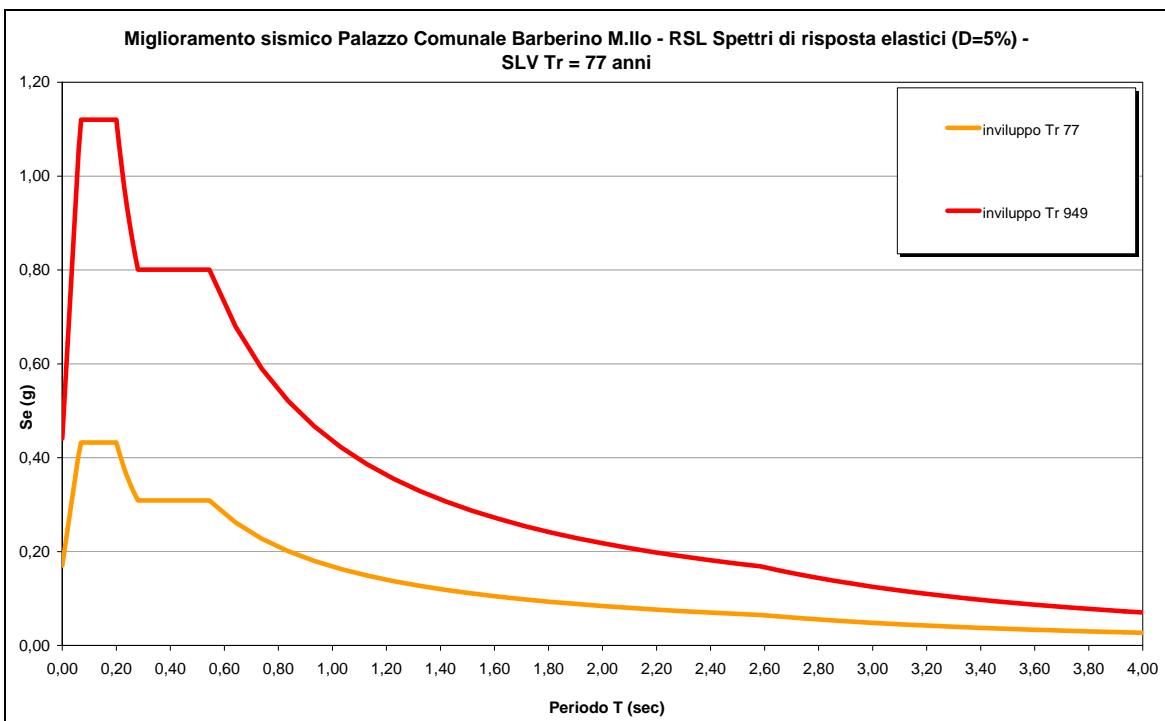


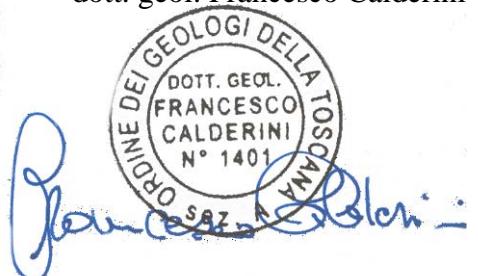
Figura 11b - Scalature dello spettro RSL (SLV)

Si precisa che in relazione alla scalatura del ramo di inviluppo relativo alla categoria E, è facoltà del Progettista delle strutture adottare spettri più cautelativi eventualmente forniti da software dotati di maggiore accuratezza.

Bibliografia

- Gruppo di lavoro MS (2008). *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Conferenza delle regioni e delle Province autonome. Dipartimento della protezione civile, Roma. 3 vol. e Dvd.
- Housner G.W. (1959). *Behaviour of structures during earthquakes*. Journal of the Engineering Mechanics Division. ASCE, Vol.85, N. EM14, pp. 109-129.
- Idriss I.M. & Sun J.I. (1992) – *SHAKE91: A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits*. User's Guide, University of California, Davis, California, 13 pp.
- Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2010) – *REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis*. Bulletin of Earthquake Engineering. 8:339-362
- Lai C.G., Zuccolo E. (2012) - *Definizione di input sismici sismo-compatibili e spettro-compatibili per i comuni della Regione Toscana*. Accordo di collaborazione Scientifica tra Regione Toscana e DICAR dell'Università di Pavia. Rapporto Scientifico, dicembre 2012.
http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/input_sismici/progettazione/index.htm
- Kottke A.R. & Rathje E.M. (2008). *Technical manual for Strata*. University of California, Berkeley.
- NTC2008 – *Norme Tecniche per le Costruzioni*. Decreto 14 gennaio 2008 del Ministero delle Infrastrutture. Supplemento Ordinario della G.U. n. 29 del 4.02.2008
- Pergalani F. & Compagnoni M. (2013) - *Microzonazione sismica di Umbertide: analisi numerica*. Atti del XXXII Convegno Nazionale GNGTS, Trieste.
- Schnabel P.B., Lysmer J. & Seed H.B. (1972) – *SHAKE: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites*. Report No. EERC 72-12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, California.

dott. geol. Francesco Calderini



Appendice

Tabella 1a – Risultati dell’analisi – SLD

Barberino di Mugello (FI), capoluogo, Palazzo comunale (spettri elastici D=5%) - SLD										
Spettro di normativa (Cat E)		Input		Output_RSL nord		Output_RSL sud		Inviluppo Tr=101 anni		Inviluppo Tr=35 anni
Periodo (sec)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Se (g)	
0.000	0.171	0.000	0.110	0.010	0.135	0.176	0.000	0.176	0.109	
0.175	0.413	0.025	0.119	0.020	0.157	0.252	0.020	0.252	0.156	
0.526	0.413	0.050	0.136	0.030	0.168	0.290	0.030	0.290	0.179	
0.597	0.363	0.075	0.201	0.040	0.179	0.328	0.040	0.328	0.202	
0.669	0.324	0.100	0.279	0.050	0.189	0.365	0.050	0.365	0.225	
0.740	0.293	0.125	0.274	0.060	0.200	0.403	0.060	0.403	0.249	
0.812	0.267	0.150	0.267	0.070	0.211	0.437	0.070	0.437	0.270	
0.883	0.246	0.175	0.265	0.080	0.222	0.437	0.080	0.437	0.270	
0.955	0.227	0.200	0.247	0.090	0.233	0.437	0.090	0.437	0.270	
1.026	0.211	0.225	0.287	0.100	0.243	0.437	0.100	0.437	0.270	
1.098	0.198	0.250	0.321	0.110	0.254	0.437	0.110	0.437	0.270	
1.169	0.185	0.275	0.286	0.120	0.265	0.437	0.120	0.437	0.270	
1.241	0.175	0.300	0.263	0.130	0.276	0.437	0.130	0.437	0.270	
1.313	0.165	0.325	0.242	0.140	0.287	0.437	0.140	0.437	0.270	
1.384	0.157	0.350	0.227	0.150	0.297	0.437	0.150	0.437	0.270	
1.456	0.149	0.375	0.228	0.160	0.308	0.437	0.160	0.437	0.270	
1.527	0.142	0.400	0.221	0.170	0.308	0.437	0.170	0.437	0.270	
1.599	0.136	0.425	0.204	0.180	0.308	0.437	0.180	0.437	0.270	
1.670	0.130	0.450	0.193	0.190	0.308	0.437	0.190	0.437	0.270	
1.742	0.125	0.475	0.187	0.200	0.308	0.437	0.200	0.437	0.270	
1.813	0.120	0.500	0.180	0.210	0.308	0.430	0.210	0.430	0.265	
1.885	0.115	0.525	0.165	0.220	0.308	0.410	0.220	0.413	0.255	
1.956	0.111	0.550	0.146	0.230	0.308	0.393	0.526	0.413	0.255	
2.028	0.107	0.575	0.137	0.240	0.308	0.376	0.597	0.363	0.224	
2.122	0.098	0.600	0.135	0.250	0.308	0.361	0.669	0.324	0.200	
2.216	0.090	0.625	0.132	0.260	0.308	0.347	0.740	0.293	0.181	
2.310	0.082	0.650	0.124	0.270	0.308	0.334	0.812	0.267	0.165	
2.404	0.076	0.675	0.120	0.280	0.308	0.322	0.883	0.246	0.151	
2.497	0.071	0.700	0.114	0.290	0.308	0.311	0.955	0.227	0.140	
2.591	0.065	0.725	0.107	0.300	0.308	0.301	1.026	0.211	0.130	
2.685	0.061	0.750	0.100	0.310	0.308	0.291	1.098	0.198	0.122	
2.779	0.057	0.775	0.093	0.320	0.308	0.282	1.169	0.185	0.114	
2.873	0.053	0.800	0.092	0.330	0.308	0.274	1.241	0.175	0.108	
2.967	0.050	0.825	0.091	0.340	0.308	0.266	1.313	0.165	0.102	
3.061	0.047	0.850	0.088	0.350	0.308	0.258	1.384	0.157	0.097	
3.155	0.044	0.875	0.085	0.360	0.308	0.251	1.456	0.149	0.092	
3.249	0.042	0.900	0.081	0.370	0.308	0.244	1.527	0.142	0.088	
3.343	0.039	0.925	0.079	0.380	0.308	0.238	1.599	0.136	0.084	
3.437	0.037	0.950	0.081	0.390	0.308	0.231	1.670	0.130	0.080	
3.530	0.035	0.975	0.081	0.400	0.308	0.226	1.742	0.125	0.077	
3.624	0.033	1.000	0.081	0.410	0.308	0.220	1.813	0.120	0.074	

3.718	0.032	1.025	0.079	0.420	0.308	0.215	1.885	0.115	0.071
3.812	0.030	1.050	0.075	0.430	0.308	0.210	1.956	0.111	0.068
3.906	0.029	1.075	0.072	0.440	0.308	0.205	2.028	0.107	0.066
4.000	0.027	1.100	0.070	0.450	0.308	0.201	2.122	0.098	0.060
		1.125	0.067	0.460	0.308	0.196	2.216	0.090	0.055
		1.150	0.065	0.470	0.308	0.192	2.310	0.082	0.051
		1.175	0.063	0.480	0.308	0.188	2.404	0.076	0.047
		1.200	0.062	0.490	0.302	0.184	2.497	0.071	0.044
		1.225	0.059	0.500	0.296	0.181	2.591	0.065	0.040
		1.250	0.057	0.510	0.291	0.177	2.685	0.061	0.038
		1.275	0.057	0.520	0.285	0.174	2.779	0.057	0.035
		1.300	0.056	0.530	0.280	0.170	2.873	0.053	0.033
		1.325	0.054	0.540	0.274	0.167	2.967	0.050	0.031
		1.350	0.053	0.550	0.269	0.164	3.061	0.047	0.029
		1.375	0.053	0.560	0.265	0.161	3.155	0.044	0.027
		1.400	0.052	0.570	0.260	0.158	3.249	0.042	0.026
		1.425	0.052	0.580	0.255	0.156	3.343	0.039	0.024
		1.450	0.051	0.590	0.251	0.153	3.437	0.037	0.023
		1.475	0.050	0.600	0.247	0.150	3.530	0.035	0.022
		1.500	0.048	0.610	0.243	0.148	3.624	0.033	0.021
		1.525	0.047	0.620	0.239	0.146	3.718	0.032	0.020
		1.550	0.046	0.630	0.235	0.143	3.812	0.030	0.019
		1.575	0.045	0.640	0.232	0.141	3.906	0.029	0.018
		1.600	0.044	0.650	0.228	0.139	4.000	0.027	0.017
		1.625	0.044	0.660	0.225	0.137			0.109
		1.650	0.043	0.670	0.221	0.135			0.156
		1.675	0.043	0.680	0.218	0.133			0.179
		1.700	0.042	0.690	0.215	0.131			0.202
		1.725	0.042	0.700	0.212	0.129			0.225
		1.750	0.041	0.710	0.209	0.127			0.249
		1.775	0.041	0.720	0.206	0.125			0.270
		1.800	0.040	0.730	0.203	0.124			0.270
		1.825	0.039	0.740	0.200	0.122			0.270
		1.850	0.039	0.750	0.198	0.120			0.270
		1.875	0.038	0.760	0.195	0.119			0.270
		1.900	0.038	0.770	0.192	0.117			0.270
		1.925	0.038	0.780	0.190	0.116			0.270
		1.950	0.038	0.790	0.188	0.114			0.270
		1.975	0.037	0.800	0.185	0.113			0.270
		2.000	0.037	0.810	0.183	0.111			0.270
		2.025	0.037	0.820	0.181	0.110			0.270
		2.050	0.037	0.830	0.179	0.109			0.270
		2.075	0.037	0.840	0.176	0.107			0.270
		2.100	0.036	0.850	0.174	0.106			0.270
		2.125	0.036	0.860	0.172	0.105			
		2.150	0.035	0.870	0.170	0.104			
		2.175	0.035	0.880	0.168	0.103			
		2.200	0.034	0.890	0.166	0.101			
		2.225	0.034	0.900	0.165	0.100			
		2.250	0.033	0.910	0.163	0.099			
		2.275	0.033	0.920	0.161	0.098			
		2.300	0.032	0.930	0.159	0.097			

2.325	0.031	0.940	0.158	0.096			
2.350	0.031	0.950	0.156	0.095			
2.375	0.030	0.960	0.154	0.094			
2.400	0.030	0.970	0.153	0.093			
2.425	0.029	0.980	0.151	0.092			
2.450	0.029	0.990	0.150	0.091			
2.475	0.028	1.000	0.148	0.090			
2.500	0.028	1.010	0.147	0.089			
2.525	0.027	1.020	0.145	0.089			
2.550	0.027	1.030	0.144	0.088			
2.575	0.027	1.040	0.142	0.087			
2.600	0.026	1.050	0.141	0.086			
2.625	0.026	1.060	0.140	0.085			
2.650	0.025	1.070	0.138	0.084			
2.675	0.025	1.080	0.137	0.084			
2.700	0.024	1.090	0.136	0.083			
2.725	0.024	1.100	0.135	0.082			
2.750	0.023	1.110	0.133	0.081			
2.775	0.022	1.120	0.132	0.081			
2.800	0.022	1.130	0.131	0.080			
2.825	0.021	1.140	0.130	0.079			
2.850	0.021	1.150	0.129	0.079			
2.875	0.020	1.160	0.128	0.078			
2.900	0.020	1.170	0.127	0.077			
2.925	0.019	1.180	0.126	0.077			
2.950	0.019	1.190	0.125	0.076			
2.975	0.018	1.200	0.123	0.075			
3.000	0.018	1.210	0.122	0.075			
3.025	0.018	1.220	0.121	0.074			
3.050	0.017	1.230	0.120	0.073			
3.075	0.017	1.240	0.119	0.073			
3.100	0.016	1.250	0.119	0.072			
3.125	0.016	1.260	0.118	0.072			
3.150	0.016	1.270	0.117	0.071			
3.175	0.016	1.280	0.116	0.071			
3.200	0.016	1.290	0.115	0.070			
3.225	0.016	1.300	0.114	0.069			
3.250	0.017	1.310	0.113	0.069			
3.275	0.017	1.320	0.112	0.068			
3.300	0.017	1.330	0.111	0.068			
3.325	0.017	1.340	0.111	0.067			
3.350	0.018	1.350	0.110	0.067			
3.375	0.018	1.360	0.109	0.066			
3.400	0.018	1.370	0.108	0.066			
3.425	0.018	1.380	0.107	0.065			
3.450	0.018	1.390	0.107	0.065			
3.475	0.018	1.400	0.106	0.064			
3.500	0.018	1.410	0.105	0.064			
3.525	0.018	1.420	0.104	0.064			
3.550	0.018	1.430	0.104	0.063			
3.575	0.018	1.440	0.103	0.063			
3.600	0.018	1.450	0.102	0.062			

3.625	0.018	1.460	0.101	0.062			
3.650	0.018	1.470	0.101	0.061			
3.675	0.018	1.480	0.100	0.061			
3.700	0.018	1.490	0.099	0.061			
3.725	0.017	1.500	0.099	0.060			
3.750	0.017	1.510	0.098	0.060			
3.775	0.017	1.520	0.097	0.059			
3.800	0.017	1.530	0.097	0.059			
3.825	0.017	1.540	0.096	0.059			
3.850	0.016	1.550	0.096	0.058			
3.875	0.016	1.560	0.095	0.058			
3.900	0.016	1.570	0.094	0.058			
3.925	0.016	1.580	0.094	0.057			
3.950	0.016	1.590	0.093	0.057			
3.975	0.015	1.600	0.093	0.056			
4.000	0.015	1.610	0.092	0.056			
		1.620	0.091	0.056			
		1.630	0.091	0.055			
		1.640	0.090	0.055			
		1.650	0.090	0.055			
		1.660	0.089	0.054			
		1.670	0.089	0.054			
		1.680	0.088	0.054			
		1.690	0.088	0.053			
		1.700	0.087	0.053			
		1.710	0.087	0.053			
		1.720	0.086	0.052			
		1.730	0.086	0.052			
		1.740	0.085	0.052			
		1.750	0.085	0.052			
		1.760	0.084	0.051			
		1.770	0.084	0.051			
		1.780	0.083	0.051			
		1.790	0.083	0.050			
		1.800	0.082	0.050			
		1.810	0.082	0.050			
		1.820	0.081	0.050			
		1.830	0.081	0.049			
		1.840	0.081	0.049			
		1.850	0.080	0.049			
		1.860	0.080	0.049			
		1.870	0.079	0.048			
		1.880	0.079	0.048			
		1.890	0.078	0.048			
		1.900	0.078	0.048			
		1.910	0.078	0.047			
		1.920	0.077	0.047			
		1.930	0.077	0.047			
		1.940	0.076	0.047			
		1.950	0.076	0.046			
		1.960	0.076	0.046			
		1.970	0.075	0.046			

	1.980	0.075	0.046			
	1.990	0.074	0.045			
	2.000	0.074	0.045			
	2.010	0.074	0.045			
	2.020	0.073	0.045			
	2.030	0.073	0.044			
	2.040	0.073	0.044			
	2.050	0.072	0.044			
	2.060	0.072	0.044			
	2.070	0.072	0.044			
	2.080	0.071	0.043			
	2.090	0.071	0.043			
	2.100	0.071	0.043			
	2.110	0.070	0.043			
	2.120	0.070	0.043			
	2.130	0.070	0.042			
	2.140	0.069	0.042			
	2.150	0.069	0.042			
	2.160	0.068	0.042			
	2.170	0.067	0.042			
	2.180	0.067	0.041			
	2.190	0.066	0.041			
	2.200	0.066	0.041			
	2.210	0.065	0.041			
	2.220	0.064	0.041			
	2.230	0.064	0.040			
	2.240	0.063	0.040			
	2.250	0.063	0.040			
	2.260	0.062	0.040			
	2.270	0.062	0.040			
	2.280	0.061	0.040			
	2.290	0.061	0.039			
	2.300	0.060	0.039			
	2.310	0.059	0.039			
	2.320	0.059	0.039			
	2.330	0.058	0.038			
	2.340	0.058	0.038			
	2.350	0.057	0.038			
	2.360	0.057	0.037			
	2.370	0.057	0.037			
	2.380	0.056	0.037			
	2.390	0.056	0.036			
	2.400	0.055	0.036			
	2.410	0.055	0.036			
	2.420	0.054	0.036			
	2.430	0.054	0.035			
	2.440	0.053	0.035			
	2.450	0.053	0.035			
	2.460	0.052	0.034			
	2.470	0.052	0.034			
	2.480	0.052	0.034			
	2.490	0.051	0.034			

	2.500	0.051	0.033			
	2.510	0.050	0.033			
	2.520	0.050	0.033			
	2.530	0.050	0.033			
	2.540	0.049	0.032			
	2.550	0.049	0.032			
	2.560	0.048	0.032			
	2.570	0.048	0.032			
	2.580	0.048	0.031			
	2.590	0.047	0.031			
	2.600	0.047	0.031			
	2.610	0.047	0.031			
	2.620	0.046	0.030			
	2.630	0.046	0.030			
	2.640	0.046	0.030			
	2.650	0.045	0.030			
	2.660	0.045	0.029			
	2.670	0.045	0.029			
	2.680	0.044	0.029			
	2.690	0.044	0.029			
	2.700	0.044	0.029			
	2.710	0.043	0.028			
	2.720	0.043	0.028			
	2.730	0.043	0.028			
	2.740	0.042	0.028			
	2.750	0.042	0.028			
	2.760	0.042	0.027			
	2.770	0.041	0.027			
	2.780	0.041	0.027			
	2.790	0.041	0.027			
	2.800	0.040	0.027			
	2.810	0.040	0.026			
	2.820	0.040	0.026			
	2.830	0.040	0.026			
	2.840	0.039	0.026			
	2.850	0.039	0.026			
	2.860	0.039	0.025			
	2.870	0.039	0.025			
	2.880	0.038	0.025			
	2.890	0.038	0.025			
	2.900	0.038	0.025			
	2.910	0.037	0.025			
	2.920	0.037	0.024			
	2.930	0.037	0.024			
	2.940	0.037	0.024			
	2.950	0.036	0.024			
	2.960	0.036	0.024			
	2.970	0.036	0.024			
	2.980	0.036	0.023			
	2.990	0.036	0.023			
	3.000	0.035	0.023			
	3.010	0.035	0.023			

	3.020	0.035	0.023			
	3.030	0.035	0.023			
	3.040	0.034	0.023			
	3.050	0.034	0.022			
	3.060	0.034	0.022			
	3.070	0.034	0.022			
	3.080	0.033	0.022			
	3.090	0.033	0.022			
	3.100	0.033	0.022			
	3.110	0.033	0.022			
	3.120	0.033	0.021			
	3.130	0.032	0.021			
	3.140	0.032	0.021			
	3.150	0.032	0.021			
	3.160	0.032	0.021			
	3.170	0.032	0.021			
	3.180	0.031	0.021			
	3.190	0.031	0.020			
	3.200	0.031	0.020			
	3.210	0.031	0.020			
	3.220	0.031	0.020			
	3.230	0.030	0.020			
	3.240	0.030	0.020			
	3.250	0.030	0.020			
	3.260	0.030	0.020			
	3.270	0.030	0.019			
	3.280	0.030	0.019			
	3.290	0.029	0.019			
	3.300	0.029	0.019			
	3.310	0.029	0.019			
	3.320	0.029	0.019			
	3.330	0.029	0.019			
	3.340	0.028	0.019			
	3.350	0.028	0.019			
	3.360	0.028	0.018			
	3.370	0.028	0.018			
	3.380	0.028	0.018			
	3.390	0.028	0.018			
	3.400	0.027	0.018			
	3.410	0.027	0.018			
	3.420	0.027	0.018			
	3.430	0.027	0.018			
	3.440	0.027	0.018			
	3.450	0.027	0.017			
	3.460	0.027	0.017			
	3.470	0.026	0.017			
	3.480	0.026	0.017			
	3.490	0.026	0.017			
	3.500	0.026	0.017			
	3.510	0.026	0.017			
	3.520	0.026	0.017			
	3.530	0.025	0.017			

	3.540	0.025	0.017			
	3.550	0.025	0.017			
	3.560	0.025	0.016			
	3.570	0.025	0.016			
	3.580	0.025	0.016			
	3.590	0.025	0.016			
	3.600	0.024	0.016			
	3.610	0.024	0.016			
	3.620	0.024	0.016			
	3.630	0.024	0.016			
	3.640	0.024	0.016			
	3.650	0.024	0.016			
	3.660	0.024	0.016			
	3.670	0.024	0.015			
	3.680	0.023	0.015			
	3.690	0.023	0.015			
	3.700	0.023	0.015			
	3.710	0.023	0.015			
	3.720	0.023	0.015			
	3.730	0.023	0.015			
	3.740	0.023	0.015			
	3.750	0.023	0.015			
	3.760	0.022	0.015			
	3.770	0.022	0.015			
	3.780	0.022	0.015			
	3.790	0.022	0.014			
	3.800	0.022	0.014			
	3.810	0.022	0.014			
	3.820	0.022	0.014			
	3.830	0.022	0.014			
	3.840	0.022	0.014			
	3.850	0.021	0.014			
	3.860	0.021	0.014			
	3.870	0.021	0.014			
	3.880	0.021	0.014			
	3.890	0.021	0.014			
	3.900	0.021	0.014			
	3.910	0.021	0.014			
	3.920	0.021	0.014			
	3.930	0.021	0.013			
	3.940	0.020	0.013			
	3.950	0.020	0.013			
	3.960	0.020	0.013			
	3.970	0.020	0.013			
	3.980	0.020	0.013			
	3.990	0.020	0.013			
	4.000	0.020	0.013			

Tabella 1b – Risultati dell’analisi – SLV

Barberino di Mugello (FI), capoluogo, Palazzo comunale (spettri elastici D=5%) - SLV										
Spettro di normativa (Cat E)		Input		Output_RSL nord		Output_RSL sud		Inviluppo Tr=949 anni		Inviluppo Tr=77 anni
Periodo (sec)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Se (g)	
0.000	0.332	0.000	0.293	0.010	0.301	0.441	0.000	0.441	0.170	
0.181	0.801	0.025	0.318	0.020	0.343	0.645	0.020	0.645	0.249	
0.544	0.801	0.050	0.376	0.030	0.364	0.746	0.030	0.746	0.288	
0.641	0.679	0.075	0.653	0.040	0.385	0.848	0.040	0.848	0.327	
0.739	0.590	0.100	0.749	0.050	0.406	0.950	0.050	0.950	0.367	
0.836	0.521	0.125	0.741	0.060	0.428	1.052	0.060	1.052	0.406	
0.933	0.467	0.150	0.733	0.070	0.449	1.120	0.070	1.120	0.432	
1.030	0.423	0.175	0.688	0.080	0.470	1.120	0.080	1.120	0.432	
1.128	0.386	0.200	0.664	0.090	0.491	1.120	0.090	1.120	0.432	
1.225	0.356	0.225	0.689	0.100	0.512	1.120	0.100	1.120	0.432	
1.322	0.330	0.250	0.669	0.110	0.533	1.120	0.110	1.120	0.432	
1.419	0.307	0.275	0.610	0.120	0.554	1.120	0.120	1.120	0.432	
1.516	0.287	0.300	0.553	0.130	0.575	1.120	0.130	1.120	0.432	
1.614	0.270	0.325	0.563	0.140	0.596	1.120	0.140	1.120	0.432	
1.711	0.255	0.350	0.538	0.150	0.617	1.120	0.150	1.120	0.432	
1.808	0.241	0.375	0.554	0.160	0.633	1.120	0.160	1.120	0.432	
1.905	0.229	0.400	0.541	0.170	0.633	1.120	0.170	1.120	0.432	
2.003	0.218	0.425	0.469	0.180	0.633	1.120	0.180	1.120	0.432	
2.100	0.207	0.450	0.429	0.190	0.633	1.120	0.190	1.120	0.432	
2.197	0.198	0.475	0.405	0.200	0.633	1.120	0.200	1.120	0.432	
2.294	0.190	0.500	0.384	0.210	0.633	1.067	0.210	1.067	0.412	
2.392	0.182	0.525	0.356	0.220	0.633	1.019	0.220	1.019	0.393	
2.489	0.175	0.550	0.344	0.230	0.633	0.974	0.230	0.974	0.376	
2.586	0.168	0.575	0.341	0.240	0.633	0.934	0.240	0.934	0.360	
2.653	0.160	0.600	0.326	0.250	0.633	0.896	0.250	0.896	0.346	
2.721	0.152	0.625	0.316	0.260	0.633	0.862	0.260	0.862	0.333	
2.788	0.145	0.650	0.309	0.270	0.633	0.830	0.270	0.830	0.320	
2.855	0.138	0.675	0.291	0.280	0.633	0.800	0.280	0.801	0.309	
2.923	0.132	0.700	0.261	0.290	0.633	0.773	0.544	0.801	0.309	
2.990	0.126	0.725	0.229	0.300	0.633	0.747	0.641	0.679	0.262	
3.057	0.121	0.750	0.220	0.310	0.633	0.723	0.739	0.590	0.228	
3.125	0.115	0.775	0.213	0.320	0.633	0.700	0.836	0.521	0.201	
3.192	0.111	0.800	0.214	0.330	0.633	0.679	0.933	0.467	0.180	
3.259	0.106	0.825	0.211	0.340	0.633	0.659	1.030	0.423	0.163	
3.327	0.102	0.850	0.203	0.350	0.633	0.640	1.128	0.386	0.149	
3.394	0.098	0.875	0.200	0.360	0.633	0.623	1.225	0.356	0.137	
3.461	0.094	0.900	0.202	0.370	0.633	0.606	1.322	0.330	0.127	
3.529	0.090	0.925	0.206	0.380	0.633	0.590	1.419	0.307	0.118	
3.596	0.087	0.950	0.207	0.390	0.633	0.575	1.516	0.287	0.111	
3.663	0.084	0.975	0.205	0.400	0.633	0.560	1.614	0.270	0.104	
3.731	0.081	1.000	0.204	0.410	0.633	0.547	1.711	0.255	0.098	
3.798	0.078	1.025	0.201	0.420	0.633	0.534	1.808	0.241	0.093	
3.865	0.075	1.050	0.195	0.430	0.633	0.521	1.905	0.229	0.088	

3.933	0.073	1.075	0.187	0.440	0.633	0.509	2.003	0.218	0.084
4.000	0.070	1.100	0.176	0.450	0.633	0.498	2.100	0.207	0.080
		1.125	0.170	0.460	0.633	0.487	2.197	0.198	0.077
		1.150	0.164	0.470	0.633	0.477	2.294	0.190	0.073
		1.175	0.161	0.480	0.622	0.467	2.392	0.182	0.070
		1.200	0.157	0.490	0.610	0.457	2.489	0.175	0.068
		1.225	0.156	0.500	0.598	0.448	2.586	0.168	0.065
		1.250	0.155	0.510	0.586	0.439	2.653	0.160	0.062
		1.275	0.153	0.520	0.575	0.431	2.721	0.152	0.059
		1.300	0.150	0.530	0.564	0.423	2.788	0.145	0.056
		1.325	0.148	0.540	0.553	0.415	2.855	0.138	0.053
		1.350	0.146	0.550	0.543	0.407	2.923	0.132	0.051
		1.375	0.143	0.560	0.534	0.400	2.990	0.126	0.049
		1.400	0.140	0.570	0.524	0.393	3.057	0.121	0.047
		1.425	0.137	0.580	0.515	0.386	3.125	0.115	0.045
		1.450	0.133	0.590	0.506	0.380	3.192	0.111	0.043
		1.475	0.129	0.600	0.498	0.374	3.259	0.106	0.041
		1.500	0.124	0.610	0.490	0.367	3.327	0.102	0.039
		1.525	0.120	0.620	0.482	0.361	3.394	0.098	0.038
		1.550	0.117	0.630	0.474	0.356	3.461	0.094	0.036
		1.575	0.113	0.640	0.467	0.350	3.529	0.090	0.035
		1.600	0.110	0.650	0.460	0.345	3.596	0.087	0.034
		1.625	0.108	0.660	0.453	0.340	3.663	0.084	0.032
		1.650	0.107	0.670	0.446	0.334	3.731	0.081	0.031
		1.675	0.107	0.680	0.439	0.330	3.798	0.078	0.030
		1.700	0.107	0.690	0.433	0.325	3.865	0.075	0.029
		1.725	0.107	0.700	0.427	0.320	3.933	0.073	0.028
		1.750	0.105	0.710	0.421	0.316	4.000	0.070	0.027
		1.775	0.103	0.720	0.415	0.311			
		1.800	0.101	0.730	0.409	0.307			
		1.825	0.099	0.740	0.404	0.303			
		1.850	0.097	0.750	0.398	0.299			
		1.875	0.095	0.760	0.393	0.295			
		1.900	0.093	0.770	0.388	0.291			
		1.925	0.091	0.780	0.383	0.287			
		1.950	0.089	0.790	0.378	0.284			
		1.975	0.087	0.800	0.373	0.280			
		2.000	0.086	0.810	0.369	0.277			
		2.025	0.084	0.820	0.364	0.273			
		2.050	0.083	0.830	0.360	0.270			
		2.075	0.081	0.840	0.356	0.267			
		2.100	0.079	0.850	0.351	0.264			
		2.125	0.078	0.860	0.347	0.261			
		2.150	0.076	0.870	0.343	0.258			
		2.175	0.074	0.880	0.340	0.255			
		2.200	0.073	0.890	0.336	0.252			
		2.225	0.072	0.900	0.332	0.249			
		2.250	0.071	0.910	0.328	0.246			
		2.275	0.069	0.920	0.325	0.244			
		2.300	0.068	0.930	0.321	0.241			
		2.325	0.066	0.940	0.318	0.238			
		2.350	0.065	0.950	0.314	0.236			

2.375	0.063	0.960	0.311	0.233			
2.400	0.062	0.970	0.308	0.231			
2.425	0.061	0.980	0.305	0.229			
2.450	0.059	0.990	0.302	0.226			
2.475	0.058	1.000	0.299	0.224			
2.500	0.057	1.010	0.296	0.222			
2.525	0.055	1.020	0.293	0.220			
2.550	0.055	1.030	0.290	0.218			
2.575	0.054	1.040	0.287	0.215			
2.600	0.053	1.050	0.285	0.213			
2.625	0.052	1.060	0.282	0.211			
2.650	0.052	1.070	0.279	0.209			
2.675	0.051	1.080	0.277	0.208			
2.700	0.050	1.090	0.274	0.206			
2.725	0.050	1.100	0.272	0.204			
2.750	0.049	1.110	0.269	0.202			
2.775	0.049	1.120	0.267	0.200			
2.800	0.048	1.130	0.264	0.198			
2.825	0.047	1.140	0.262	0.197			
2.850	0.047	1.150	0.260	0.195			
2.875	0.046	1.160	0.258	0.193			
2.900	0.045	1.170	0.255	0.192			
2.925	0.044	1.180	0.253	0.190			
2.950	0.043	1.190	0.251	0.188			
2.975	0.043	1.200	0.249	0.187			
3.000	0.042	1.210	0.247	0.185			
3.025	0.041	1.220	0.245	0.184			
3.050	0.041	1.230	0.243	0.182			
3.075	0.040	1.240	0.241	0.181			
3.100	0.039	1.250	0.239	0.179			
3.125	0.038	1.260	0.237	0.178			
3.150	0.038	1.270	0.235	0.176			
3.175	0.037	1.280	0.233	0.175			
3.200	0.037	1.290	0.232	0.174			
3.225	0.037	1.300	0.230	0.172			
3.250	0.036	1.310	0.228	0.171			
3.275	0.036	1.320	0.226	0.170			
3.300	0.036	1.330	0.225	0.169			
3.325	0.036	1.340	0.223	0.167			
3.350	0.035	1.350	0.221	0.166			
3.375	0.035	1.360	0.220	0.165			
3.400	0.035	1.370	0.218	0.164			
3.425	0.034	1.380	0.217	0.162			
3.450	0.034	1.390	0.215	0.161			
3.475	0.034	1.400	0.213	0.160			
3.500	0.033	1.410	0.212	0.159			
3.525	0.033	1.420	0.210	0.158			
3.550	0.033	1.430	0.209	0.157			
3.575	0.033	1.440	0.207	0.156			
3.600	0.033	1.450	0.206	0.155			
3.625	0.033	1.460	0.205	0.154			
3.650	0.032	1.470	0.203	0.152			

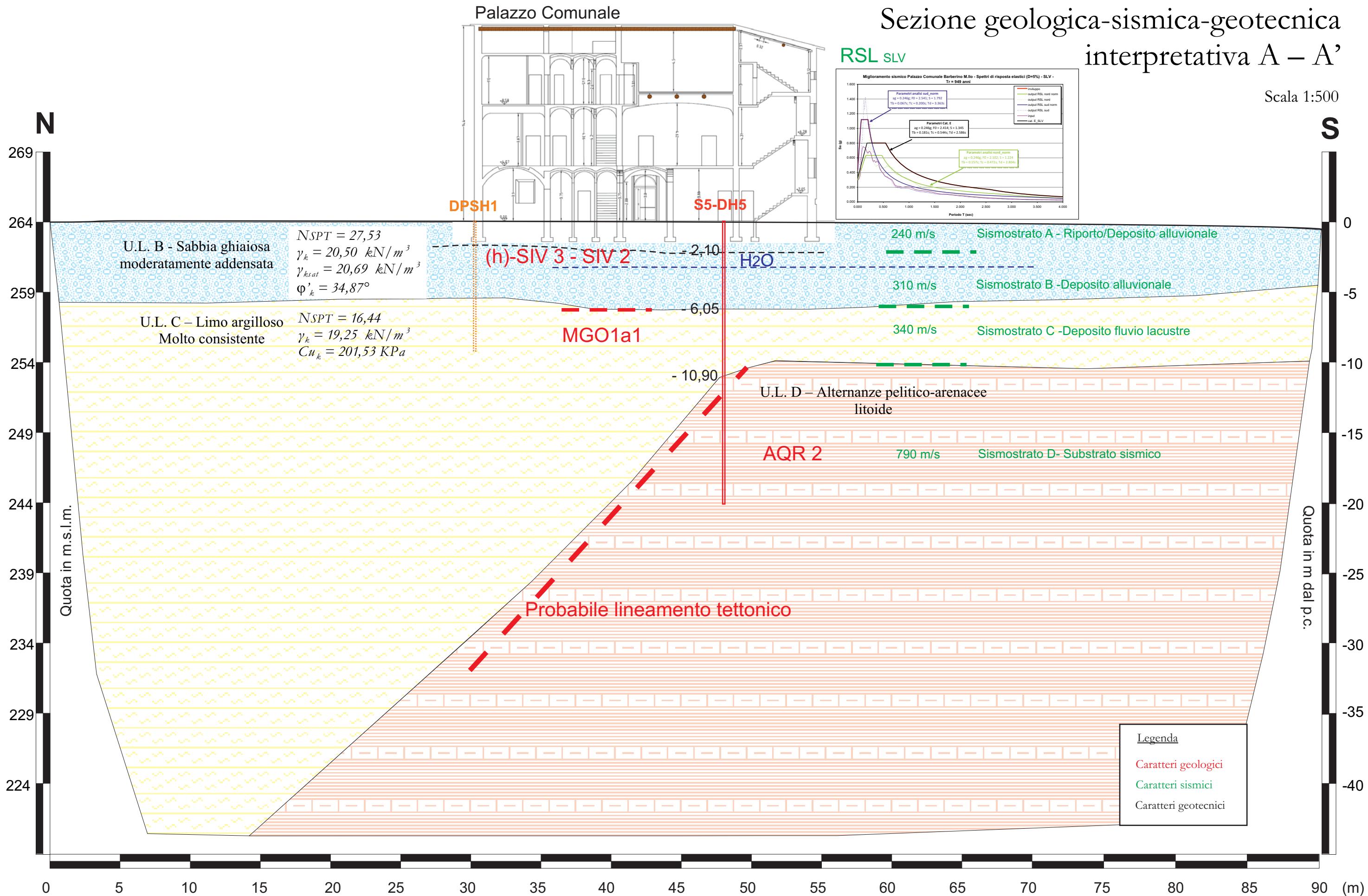
3.675	0.032	1.480	0.202	0.151			
3.700	0.032	1.490	0.201	0.150			
3.725	0.032	1.500	0.199	0.149			
3.750	0.031	1.510	0.198	0.148			
3.775	0.031	1.520	0.197	0.147			
3.800	0.031	1.530	0.195	0.146			
3.825	0.030	1.540	0.194	0.146			
3.850	0.030	1.550	0.193	0.145			
3.875	0.030	1.560	0.192	0.144			
3.900	0.029	1.570	0.190	0.143			
3.925	0.029	1.580	0.189	0.142			
3.950	0.028	1.590	0.188	0.141			
3.975	0.028	1.600	0.187	0.140			
4.000	0.028	1.610	0.186	0.139			
		1.620	0.184	0.138			
		1.630	0.183	0.137			
		1.640	0.182	0.137			
		1.650	0.181	0.136			
		1.660	0.180	0.135			
		1.670	0.179	0.134			
		1.680	0.178	0.133			
		1.690	0.177	0.133			
		1.700	0.176	0.132			
		1.710	0.175	0.131			
		1.720	0.174	0.130			
		1.730	0.173	0.130			
		1.740	0.172	0.129			
		1.750	0.171	0.128			
		1.760	0.170	0.127			
		1.770	0.169	0.127			
		1.780	0.168	0.126			
		1.790	0.167	0.125			
		1.800	0.166	0.125			
		1.810	0.165	0.124			
		1.820	0.164	0.123			
		1.830	0.163	0.122			
		1.840	0.162	0.122			
		1.850	0.161	0.121			
		1.860	0.161	0.120			
		1.870	0.160	0.120			
		1.880	0.159	0.119			
		1.890	0.158	0.119			
		1.900	0.157	0.118			
		1.910	0.156	0.117			
		1.920	0.156	0.117			
		1.930	0.155	0.116			
		1.940	0.154	0.116			
		1.950	0.153	0.115			
		1.960	0.152	0.114			
		1.970	0.152	0.114			
		1.980	0.151	0.113			
		1.990	0.150	0.113			

	2.000	0.149	0.112			
	2.010	0.149	0.111			
	2.020	0.148	0.111			
	2.030	0.147	0.110			
	2.040	0.146	0.110			
	2.050	0.146	0.109			
	2.060	0.145	0.109			
	2.070	0.144	0.108			
	2.080	0.144	0.108			
	2.090	0.143	0.107			
	2.100	0.142	0.107			
	2.110	0.142	0.106			
	2.120	0.141	0.106			
	2.130	0.140	0.105			
	2.140	0.140	0.105			
	2.150	0.139	0.104			
	2.160	0.138	0.104			
	2.170	0.138	0.103			
	2.180	0.137	0.103			
	2.190	0.136	0.102			
	2.200	0.136	0.102			
	2.210	0.135	0.101			
	2.220	0.135	0.101			
	2.230	0.134	0.100			
	2.240	0.133	0.100			
	2.250	0.133	0.100			
	2.260	0.132	0.099			
	2.270	0.132	0.099			
	2.280	0.131	0.098			
	2.290	0.130	0.098			
	2.300	0.130	0.097			
	2.310	0.129	0.097			
	2.320	0.129	0.097			
	2.330	0.128	0.096			
	2.340	0.128	0.096			
	2.350	0.127	0.095			
	2.360	0.127	0.095			
	2.370	0.126	0.095			
	2.380	0.126	0.094			
	2.390	0.125	0.094			
	2.400	0.124	0.093			
	2.410	0.124	0.093			
	2.420	0.123	0.093			
	2.430	0.123	0.092			
	2.440	0.122	0.092			
	2.450	0.122	0.091			
	2.460	0.121	0.091			
	2.470	0.121	0.091			
	2.480	0.120	0.090			
	2.490	0.120	0.090			
	2.500	0.120	0.090			
	2.510	0.119	0.089			

	2.520	0.119	0.089			
	2.530	0.118	0.089			
	2.540	0.118	0.088			
	2.550	0.117	0.088			
	2.560	0.117	0.088			
	2.570	0.116	0.087			
	2.580	0.116	0.087			
	2.590	0.115	0.087			
	2.600	0.115	0.086			
	2.610	0.114	0.086			
	2.620	0.114	0.086			
	2.630	0.114	0.085			
	2.640	0.113	0.085			
	2.650	0.113	0.085			
	2.660	0.112	0.084			
	2.670	0.112	0.084			
	2.680	0.111	0.084			
	2.690	0.111	0.083			
	2.700	0.111	0.083			
	2.710	0.110	0.083			
	2.720	0.110	0.082			
	2.730	0.109	0.082			
	2.740	0.109	0.082			
	2.750	0.109	0.081			
	2.760	0.108	0.081			
	2.770	0.108	0.081			
	2.780	0.107	0.081			
	2.790	0.107	0.080			
	2.800	0.107	0.080			
	2.810	0.106	0.080			
	2.820	0.105	0.079			
	2.830	0.105	0.079			
	2.840	0.104	0.079			
	2.850	0.103	0.079			
	2.860	0.102	0.078			
	2.870	0.102	0.078			
	2.880	0.101	0.078			
	2.890	0.100	0.078			
	2.900	0.100	0.077			
	2.910	0.099	0.077			
	2.920	0.098	0.077			
	2.930	0.098	0.076			
	2.940	0.097	0.076			
	2.950	0.096	0.076			
	2.960	0.096	0.076			
	2.970	0.095	0.075			
	2.980	0.094	0.075			
	2.990	0.094	0.075			
	3.000	0.093	0.075			
	3.010	0.092	0.074			
	3.020	0.092	0.074			
	3.030	0.091	0.074			

	3.040	0.091	0.074			
	3.050	0.090	0.073			
	3.060	0.089	0.073			
	3.070	0.089	0.073			
	3.080	0.088	0.073			
	3.090	0.088	0.073			
	3.100	0.087	0.072			
	3.110	0.087	0.072			
	3.120	0.086	0.072			
	3.130	0.086	0.072			
	3.140	0.085	0.071			
	3.150	0.084	0.071			
	3.160	0.084	0.071			
	3.170	0.083	0.071			
	3.180	0.083	0.070			
	3.190	0.082	0.070			
	3.200	0.082	0.070			
	3.210	0.081	0.070			
	3.220	0.081	0.070			
	3.230	0.080	0.069			
	3.240	0.080	0.069			
	3.250	0.079	0.069			
	3.260	0.079	0.069			
	3.270	0.078	0.069			
	3.280	0.078	0.068			
	3.290	0.077	0.068			
	3.300	0.077	0.068			
	3.310	0.076	0.068			
	3.320	0.076	0.068			
	3.330	0.076	0.067			
	3.340	0.075	0.067			
	3.350	0.075	0.067			
	3.360	0.074	0.067			
	3.370	0.074	0.066			
	3.380	0.073	0.066			
	3.390	0.073	0.066			
	3.400	0.072	0.065			
	3.410	0.072	0.065			
	3.420	0.072	0.064			
	3.430	0.071	0.064			
	3.440	0.071	0.064			
	3.450	0.070	0.063			
	3.460	0.070	0.063			
	3.470	0.070	0.063			
	3.480	0.069	0.062			
	3.490	0.069	0.062			
	3.500	0.068	0.062			
	3.510	0.068	0.061			
	3.520	0.068	0.061			
	3.530	0.067	0.060			
	3.540	0.067	0.060			
	3.550	0.066	0.060			

	3.560	0.066	0.059			
	3.570	0.066	0.059			
	3.580	0.065	0.059			
	3.590	0.065	0.058			
	3.600	0.065	0.058			
	3.610	0.064	0.058			
	3.620	0.064	0.058			
	3.630	0.064	0.057			
	3.640	0.063	0.057			
	3.650	0.063	0.057			
	3.660	0.063	0.056			
	3.670	0.062	0.056			
	3.680	0.062	0.056			
	3.690	0.062	0.055			
	3.700	0.061	0.055			
	3.710	0.061	0.055			
	3.720	0.061	0.054			
	3.730	0.060	0.054			
	3.740	0.060	0.054			
	3.750	0.060	0.054			
	3.760	0.059	0.053			
	3.770	0.059	0.053			
	3.780	0.059	0.053			
	3.790	0.058	0.052			
	3.800	0.058	0.052			
	3.810	0.058	0.052			
	3.820	0.057	0.052			
	3.830	0.057	0.051			
	3.840	0.057	0.051			
	3.850	0.057	0.051			
	3.860	0.056	0.051			
	3.870	0.056	0.050			
	3.880	0.056	0.050			
	3.890	0.055	0.050			
	3.900	0.055	0.050			
	3.910	0.055	0.049			
	3.920	0.055	0.049			
	3.930	0.054	0.049			
	3.940	0.054	0.049			
	3.950	0.054	0.048			
	3.960	0.053	0.048			
	3.970	0.053	0.048			
	3.980	0.053	0.048			
	3.990	0.053	0.047			
	4.000	0.052	0.047			



Palazzo Comunale

Sezione geologica-sismica-geotecnica
interpretativa B – B'

W

269

264

259

254

249

244

239

234

229

224

RSL SLV

Scala 1:500

E

0

-5

-10

-15

-20

-25

-30

-35

-40

Quota in m.s.l.m.

Quota in m dal p.c.

St14
DPSH1

(h)-SIV 3 - SIV 2

MGO1a1

AQR 2

U.L. B - Sabbia ghiaiosa
moderatamente addensata $NSPT = 27,53$
 $\gamma_k = 20,50 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{ksat} = 20,69 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 34,87^\circ$ U.L. C - Limo argilloso
Molto consistente $NSPT = 16,44$
 $\gamma_k = 19,25 \text{ kN/m}^3$
 $C_u = 201,53 \text{ KPa}$ U.L. D - Alternanze pelitico-arenacee
litoideH₂O

2,10

6,05

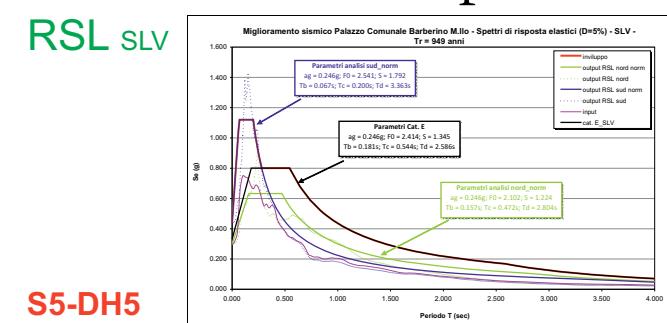
-2,10

Sismostrato A - Deposito alluvionale

Sismostrato B - Deposito alluvionale

340 m/s Sismostrato C - Deposito fluvio lacustre

790 m/s Sismostrato D - Substrato



Legenda

- Caratteri geologici
- Caratteri sismici
- Caratteri geotecnici