

# COMUNE DI COMACCHIO



## ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA PRIMARIA FATTIBELLO DI COMACCHIO - I e II LOTTO

Proprietà : Comune di Comacchio  
Committente : Comune di Comacchio  
Cantiere : Scuola Primaria Statale "Fattibello" - via Fattibello, 1 - Comacchio (FE)

### PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Progettista : Ing. Denis Zanetti  
  
via Mulinetto, 35 44100 FERRARA  
tel.: +39 0532 765117  
fax : +39 0532 769513  
e-mail : info@mezzadringegneria.it

POS.	7844	tav	REL.02	scala	data
					10.06.2021

Oggetto dell'elaborato:  
  
RELAZIONE GEOTECNICA

revisione	descrizione	elaborato	data
A	PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO	L.C.	17.06.2021
B			
C			
D			

La diffusione, distribuzione e/o copia del documento trasmesso da parte di qualsiasi soggetto diverso dal destinatario e' proibita, sia ai sensi dell' art. 616 c.p., sia ai sensi del D. lgs. 196/2003

Si riporta in allegato un compendio di relazioni richiamate della Relazione Tecnica di Calcolo.



# COMUNE DI COMACCHIO

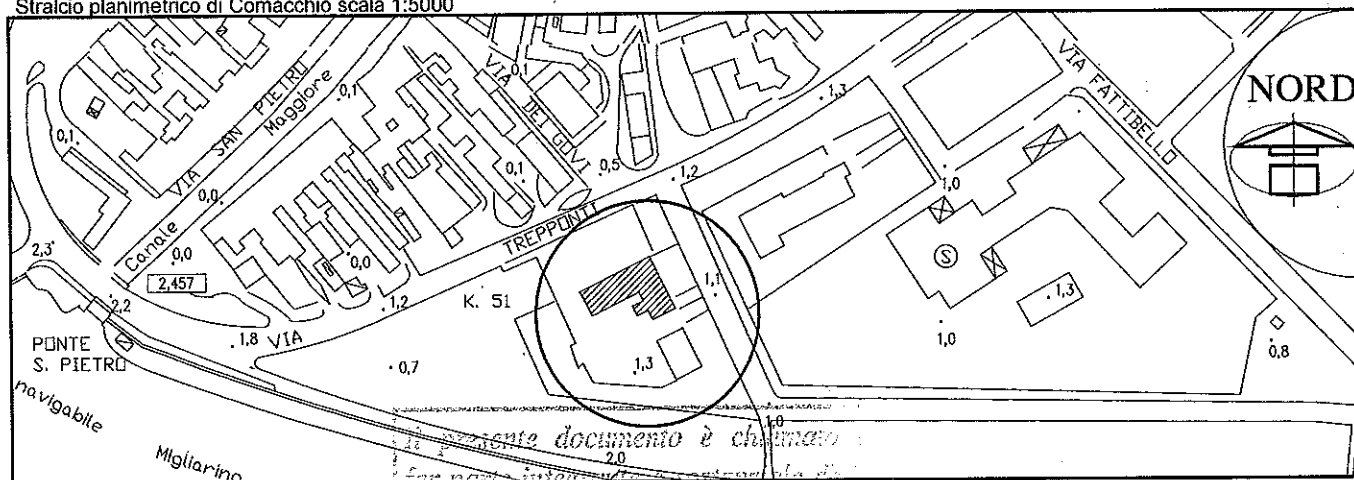
## Provincia di Ferrara

Oggetto :

### RISTRUTTURAZIONE ED AMPLIAMENTO DELLA CASERMA CARABINIERI DI COMACCHIO I° Stralcio

## PROGETTO DEFINITIVO

Stralcio planimetrico di Comacchio scala 1:5000



Il presente documento è chiamato  
proposta di deliberazione di Giunta  
Comunale / Consiglio Comunale  
prot. \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_, anche se  
ad essa materialmente non allegata  
in quanto custodito agli atti  
dell'Ufficio competente.

Il Segretario Direttore Generale



## RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

# Tav. 3

Approvato con Deliberazione

Data : 19 maggio 2008

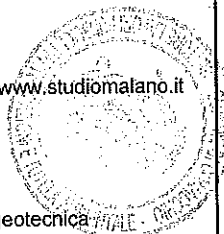
Rev: \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Rev: \_\_\_\_\_

Rev: \_\_\_\_\_

Gruppo di progettazione :

**Dott. Ing. Aldo Malano** - Progettista responsabile  
Viale Bonnet, 33 - Porto Garibaldi (FE) - tel 0533-326925 - [www.studiomalano.it](http://www.studiomalano.it)  
**Dott. Arch. Annalisa Ventura**  
**Dott. Ing. Antonello Rutilio**  
**Dott. Ing. Edi Massarenti** - Impianti  
**Per. Ind. Nicola Prando** - Impianti  
**Dott. Geol. Thomas Veronese** - Modellazione geologica-geotecnica



Amministrazione :

**Sig.ra Maria Cristina Cicognani**  
Sindaco

**Sig. Walter Cavalieri Foschini**  
Assessore Lavori Pubblici

**Dott. Ing. Mauro Monti**  
Dirigente Settore Tecnico

**Dott. Ing. Leonardo Nascosi**  
Resp. procedimento interno



*Studio Servizi Tecnici*  
*Settore geologia e ambiente*

**DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE**

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

Tel e fax. 0533 / 713798

E-mail: [thomas.veronese@tin.it](mailto:thomas.veronese@tin.it)

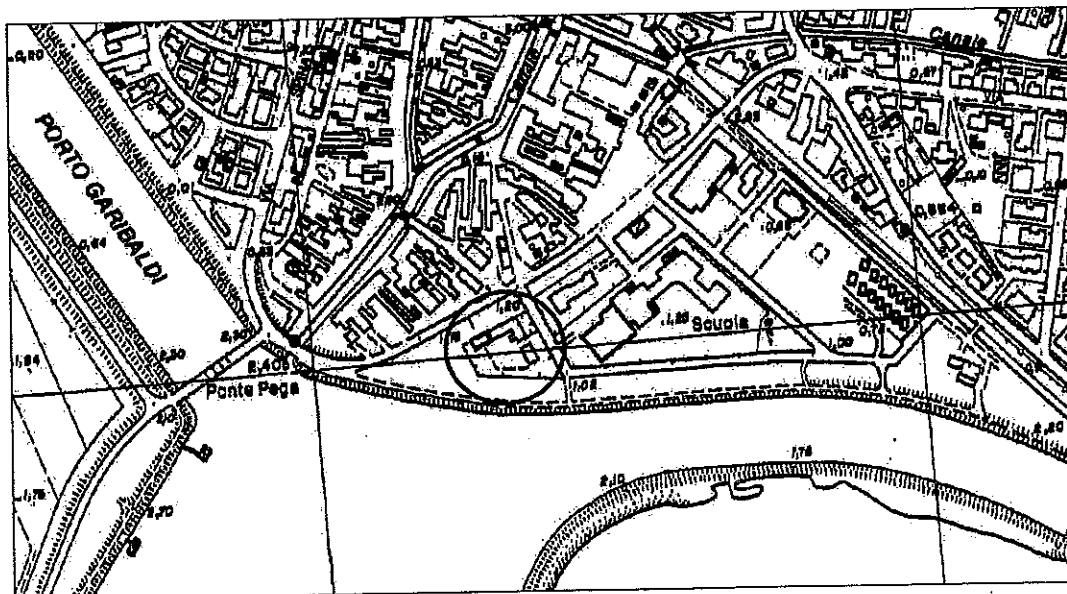
---

**MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

---

**Comune di COMACCHIO**

Ristrutturazione ed ampliamento della Caserma Carabinieri di Comacchio in  
via Trepponti, 17.



Committente: Comune di Comacchio  
Sede in: Piazza Folegatti, n° 15  
44022 COMACCHIO (FE)  
C.F. e P.I. 00342190386.

18 dicembre 2007

---

S.S.T.

Timbro

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Definizione dei Rischi Ambientali; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; Gestione e pianificazione territoriale; subirrigazioni,



INDICE:

1. PREMESSA

NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

2. GEOLOGIA DELL'AREA DELTIZIA

3. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

3.1. INDAGINI SPECIFICHE

3.2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

5. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

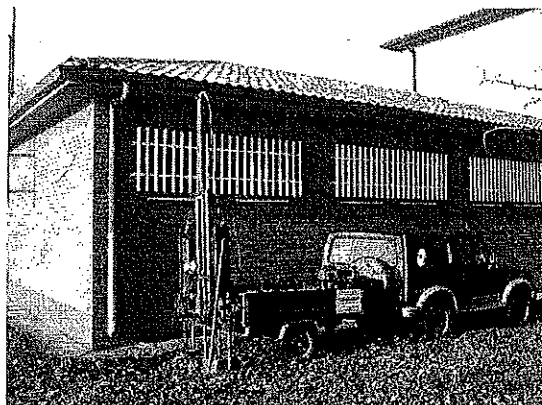
5.1. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

5.2. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI

6. PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO

6.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA

6.2. ELABORAZIONE DATI



ESECUZIONE PROVA PENETROMETRICA STATICA

## 1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Comacchio (Fe), si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica e geotecnica per il progetto di "ristrutturazione ed ampliamento" della Caserma dei Carabinieri in via Trepponti, 17 a Comacchio. In FIGURA 1.1 si riporta uno stralcio della C.T.R. con l'ubicazione dell'area di intervento a Comacchio.



FIGURA 1.1 – Area di intervento, via Trepponti, Comacchio.

### Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Delibera Assemblea Legislativa n° 112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonizzazione sismica.
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 14 settembre 2005
- «Norme Tecniche per le costruzioni», pubblicato su S.O. n° 159 della G.U. n° 222 del 23 settembre 2005.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003
- «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica». (Ordinanza n. 3274), pubblicato su S.O. n° 72 della G.U. n° 105 dell'8 maggio 2003.
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16 Gennaio 1996
- «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche»
- Ministero dei Lavori Pubblici, Presidenza del Consiglio Superiore, Servizio Tecnico Centrale, Circolare n. 65/AA.GG. 10 aprile 1997
- «Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al D.M. 16 gennaio 1996».
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64
- «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche».
- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988

"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."

- D.M. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483

"Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

"Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

"Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".

- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

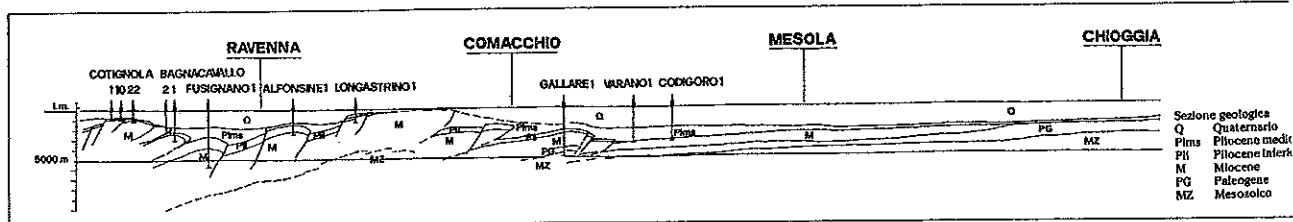
Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.

- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

## 2. GEOLOGIA DELL'AREA DELTIZIA

Nella **FIGURA 2.1.** si riporta la sezione geologica passante per Cotignola, Bagnacavallo, Ravenna, Comacchio, Codigoro, Mesola, Chioggia in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.



**FIGURA 2.1.** - Sezione geologica della bassa pianura padana.

Nella **FIGURA 2.2** viene riportata la carta Strutturale della Pianura Padana, (R.E.R., 2004) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Comacchio è stato inserito nella OPCM 3274/2003.

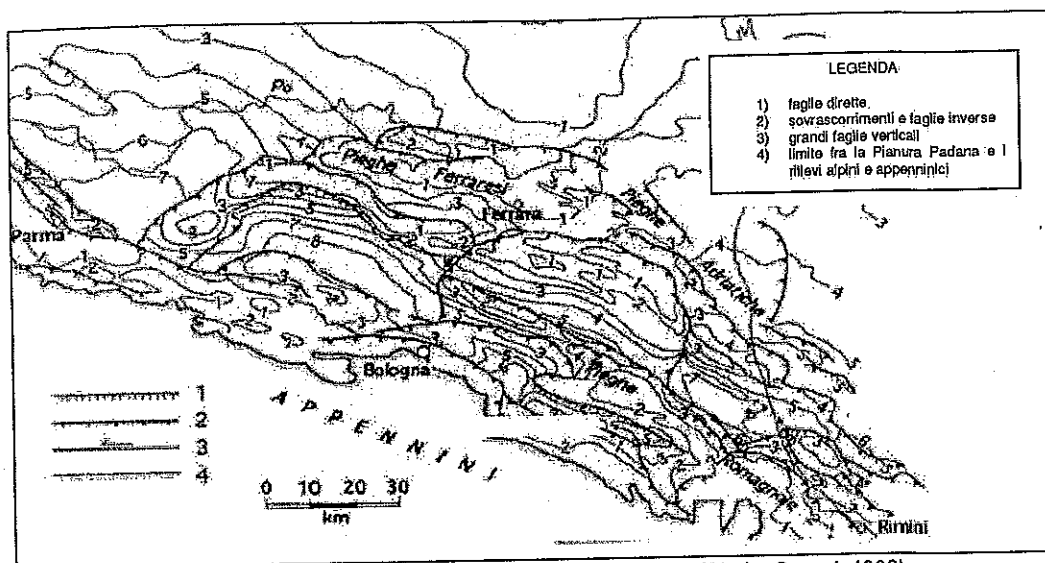


FIGURA 2.2. - carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Il substrato roccioso si trova a 3000/4000 m di profondità dal p.c..

### 3. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

Il territorio del Comune di Comacchio è caratterizzato da facies deposizionali di tipo deltizia, costiera, fluviale e palustre. I sedimenti rilevati sono costituiti principalmente da limi e sabbie fini, da livelli decimetrici di sostanza organica decomposta, intercalati a sabbie fini e a limi argillosi; localmente possono trovarsi intercalazioni di livelli torbosi o di bioclastiti.

#### 3.1. INDAGINI SPECIFICHE

Per la validazione del modello geologico è stata eseguita una indagine specifica in base all'importanza dell'opera, consistente in una prova penetrometrica statica spinta fino alla profondità di -21,0 m da piano campagna. Nel foro di investigazione è stato misurato il livello di falda soggiacente in data 06/12/2007 alla profondità di -1,8 m da p.c..

La stratigrafia del terreno sul quale si dovrà eseguire l'ampliamento della Caserma del Corpo dei Carabinieri è costituita per i primi 2,8m da materiale di riporto, costituito prevalentemente da sabbie argillose-limose a diversa consistenza; da -2,8 m a -5,2 m da p.c. sono presenti perlopiù due metri e mezzo di materiale molle o inconsistente con valore di resistenza alla punta media di 2,5 kg/cm<sup>2</sup>; da -5,2 m a -8,0m da p.c. si rileva un'alternanza fra sedimenti sabbiosi e prevalentemente coesivi, la resistenza alla punta media è di 34,8 kg/cm<sup>2</sup>; da -8,0 m a -12,4 m da p.c. è presente uno strato sabbioso moderatamente addensato maggiore di due metri con valore di resistenza alla punta media di 82,9 kg/cm<sup>2</sup>; da -12,4 m a -14,4 m da p.c. si rileva un secondo strato sabbioso con Rp media di 72,8 kg/cm<sup>2</sup>; da -14,4 m a -21,0 m nota una alternanza tra materiale sabbioso e prevalentemente coesivo che esercitano nel complesso una resistenza alla punta media di 34,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Da queste indagini e dalla fotointerpretazione aerea di immagini fotografiche in B/N del sito, si possono ricostruire i caratteri geomorfologici del sito.

#### 3.2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area di intervento ricade in un'area geomorfologicamente complessa, dove ha avuto sede per circa un millennio la foce del fiume Padoa - Eridano, antica diramazione di foce principale, di quello che è poi diventato l'attuale fiume Po. In questa area di delta fluviale ambienti di sedimentazione diversi si sono frequentemente sovrapposti ed affiancati, con il risultato di avere una forte disomogeneità stratigrafica in senso sia verticale che orizzontale.

In FIGURA 3.1. si può osservare una vecchia foto aerea, in FIGURA 3.2. si riporta una ricostruzione delle strutture geomorfologiche leggibili dalla foto aerea, e in FIGURA 3.3. si riporta una ricostruzione dettagliata delle strutture geomorfologiche più evidenti che attraversano la zona di Comacchio.

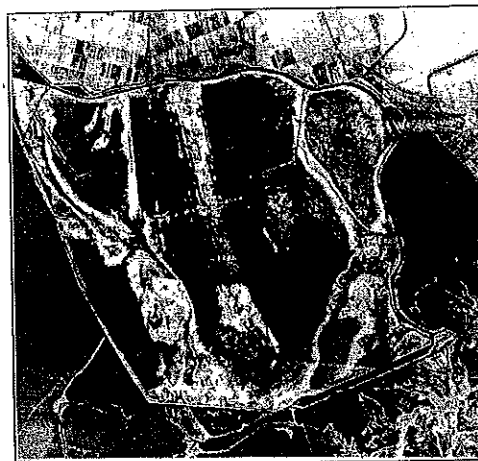


FIGURA 3.1.

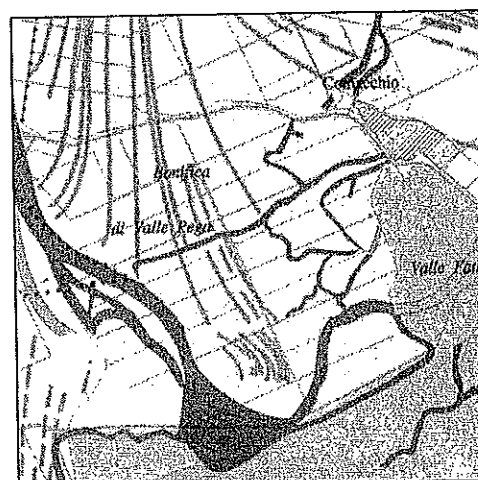


FIGURA 3.2.

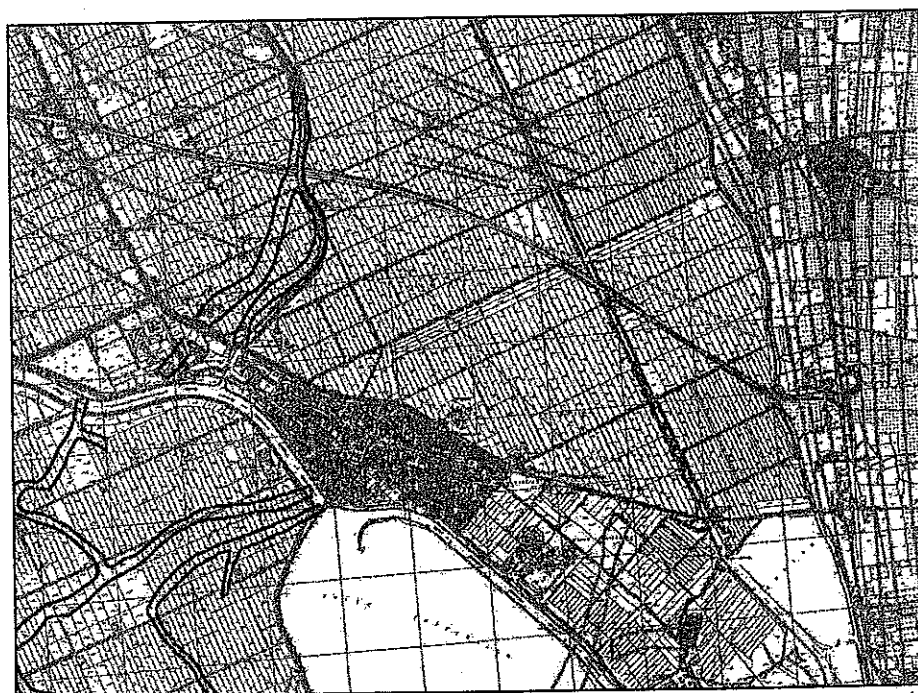
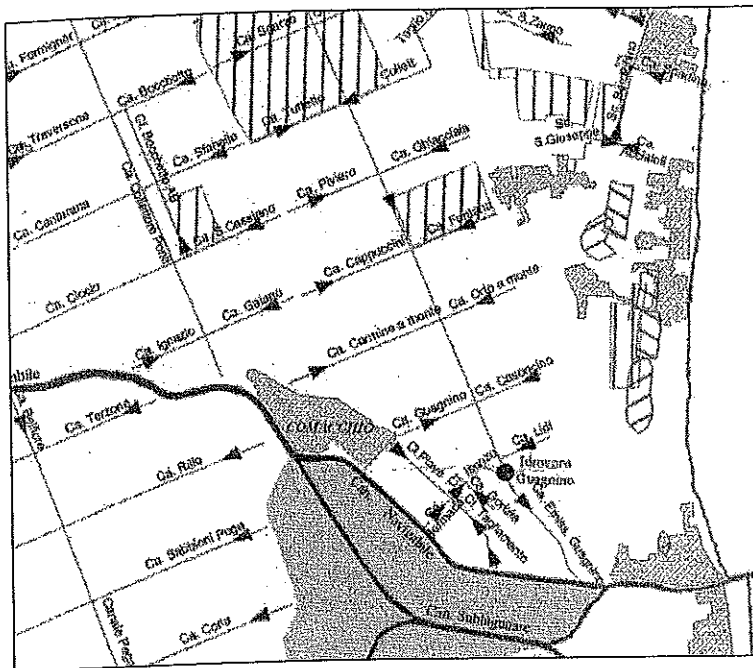


FIGURA 3.3 – Stralcio di dettaglio della Carta Geomorfologica di Comacchio. Le linee verdi rappresentano i cordi affioranti, le altre linee indicano paleo alvei di ubicazione sicura

#### 4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Le quote topografiche dell'area in esame sono superiori al l.m.m. con valori compresi fra le profondità di -1,10 e -1,20 m da l.m.m. Le acque meteoriche saranno convogliate nella rete fognaria urbana.

In **FIGURA 4.1** viene proposto uno stralcio di *Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996* dell'Amministrazione provinciale di Ferrara, che mostra in dettaglio la rete dei canali di scolo limitrofi all'Abitato di Comacchio.



**FIGURA 4.1** – Stralcio della Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996

## 5. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

"La regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico" (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004)

La nuova classificazione sismica introdotta con l'Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per la microzonizzazione sismica della regione Emilia Romagna, prevede per il comune di Comacchio la seguente accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T=0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ):

Accelerazione PGA ( $V_{s30} < 300 \text{ m/sec}$ ) = 0,103g per suolo rigido

Se si progetta in base alle predisposizioni del vecchio D.M. 16/01/1996, vanno considerate separatamente le sollecitazioni orizzontali e quelle verticali. Nel caso di quelle orizzontali si ipotizza la presenza di due sistemi di forze orizzontali agenti non contemporaneamente secondo due direzioni ortogonali. La forza orizzontale  $F_i$  ad una generica quota, si ottiene dalla relazione:

$$F_i = K_{hi} \cdot W_i$$

essendo:

$$K_{hi} = C \cdot R \cdot \varepsilon \cdot \beta \cdot \gamma_i \cdot I$$



e

$W_i = G_i + s \cdot Q_i$  peso della costruzione compresa una frazione dei carichi accidentali

$\beta$ ,  $\gamma$  ed  $I$  sono il coefficiente di struttura, di distribuzione e di protezione sismica e sono funzione delle caratteristiche progettuali e della finalità d'uso dell'edificio, mentre il coefficiente di fondazione  $\varepsilon$  dipende dalle caratteristiche stratigrafiche del terreno.

Per strutture dotate di periodo proprio  $T_0 > 1.4$  secondi e, comunque, per tutti i casi previsti dalla legge, dev'essere eseguita l'analisi dinamica con le modalità prescritte dalla medesima, adottando come spettro di risposta, i termini di accelerazione orizzontale, l'espressione:

$$a/g = C \cdot R \cdot \varepsilon \cdot \beta \cdot I$$

Non si approfondiscono i termini che compongono le equazioni sopra riportate, in quanto non di competenza dello studio geologico. Si definisce solamente il valore del coefficiente di fondazione, secondo la definizione di legge:

*Coefficiente di fondazione  $\varepsilon$*

*Si assume di regola  $\varepsilon = 1$ . In presenza di stratigrafie caratterizzate da depositi alluvionali di spessore variabile da 5 a 20 metri, soprastanti terreni coesivi o litoidi con caratteristiche meccaniche significativamente superiori, si assumerà per il coefficiente  $\varepsilon$  il valore 1.3.*

In base alle condizioni stratigrafiche rilevate con indagini in situ e con indagini bibliografiche possesso dello scrivente, il valore di  $\varepsilon$  che si adotterà, sarà, in questo caso:

$$\varepsilon = 1$$

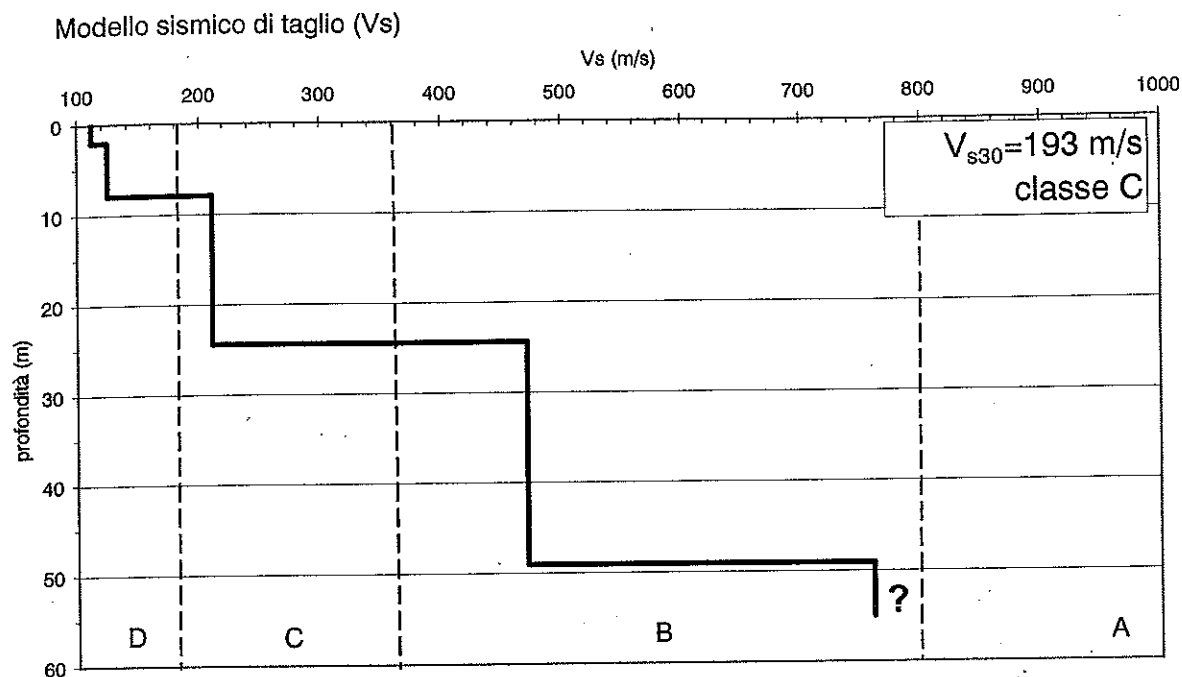
Se si intende progettare secondo la Nuova Normativa Tecnica per le costruzioni (che ha recepito l'OPC 3274/2003), è necessario disporre della velocità delle onde sismiche di taglio  $V_s$  parametrizzate nei primi trenta metri profondità del terreno, per poter definire la classificazione del suolo.

A tal fine è stato utilizzata una indagine geofisica eseguita nel giugno 2006 dalla società Te.Am Geofisica s.r.l. nei pressi del Ponte San Pietro a Comacchio, quindi a poche decine di metri dalla Caserma. La prova geofisica adottata per questa indagine si basa sulla tecnica dei microtremori (Refraction Microtremors "ReMi") che permette di ottenere con minor costo di processo il profilo verticale della velocità media delle onde di taglio "S" e contemporaneamente raggiungere profondità superiori a 30 m favorendo in alcuni casi il raggiungimento del bedrock - così come definito dalla normativa ( $V_s > 800$  m/s) - favorendo contemporaneamente l'interpretazione delle eventuali variazioni di rigidità sismica dei terreni investigati.

Il modello sismico VS (Tabella 5.1) ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione indica la presenza di cinque sismostrati caratterizzati da "VS" crescente con la profondità e valori compresi tra 111.9 e 761.4 m/s (FIGURA 5.1)

STRATO	VELOCITÀ (m/s)	PROFONDITÀ LETTO (m)	SPESSORE (m)
1	111.9	2.1	2.1
2	124.5	7.8	5.7
3	211.2	24.9	17.1
4	471.5	49.1	24.2
5	761.4	55.0 (?)	5.9 (?)

Tabella 5.1 - Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato



**Figura 5.2** - Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata. In base al modello sismico è stata determinata la VS30 che risulta pari a 193 m/s  $\pm$  11.5 m/s.

Definita la Vs30, è possibile stimare l'amplificazione sismica, che l'accelerazione può avere in questa stratificazione di terreni.

Secondo il **D.M. 14/09/2005**, Comacchio ha una accelerazione di 0,15g, ed essendo un suolo di categoria C, l'amplificazione S è di 1,25, causando una accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta pari a  $0,15g \times 1,25 = 0,1875g$ .

Secondo l'**Atto di Indirizzo 112/2007**, Comacchio ha una accelerazione di 0,103g, ed avendo una Vs30 prossima a 200m/sec, nel profilo stratigrafico profondo, quindi nel contesto geologico presente, si ha una amplificazione di F.A.=1,5, causando una accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta pari a  $0,103g \times 1,5 = 0,1545g$ .

Lo spettro di risposta caratteristico di questo terreno è riportato nella **FIGURA 5.1.**:

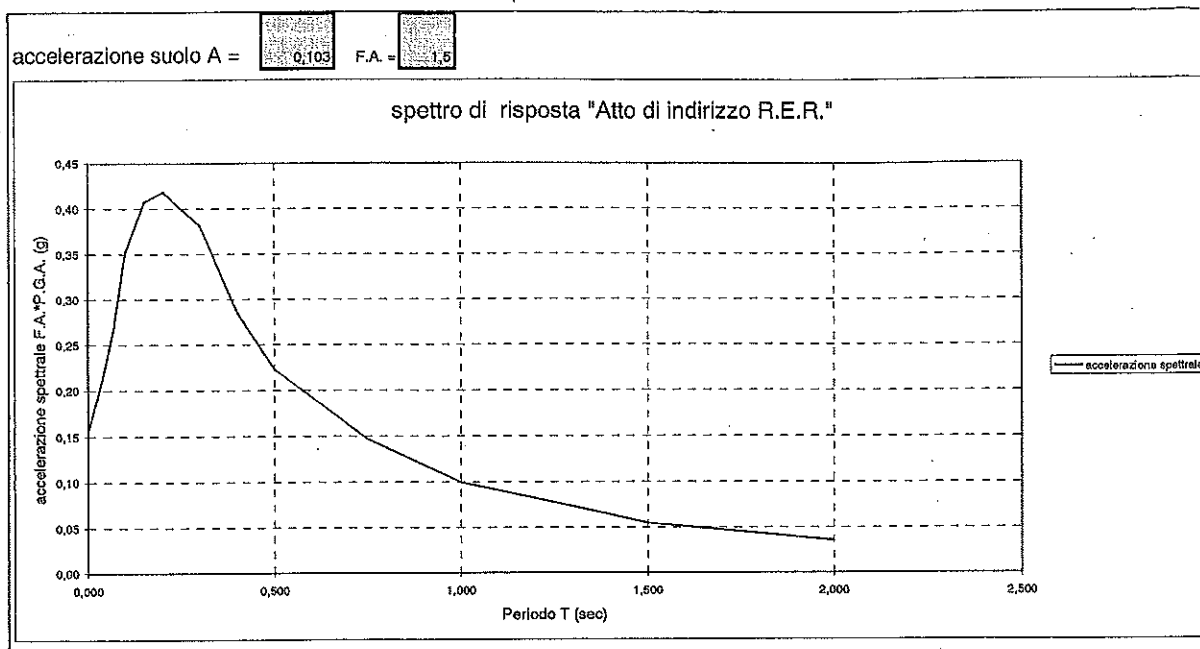


FIGURA 5.1 – Spettro di risposta per il suolo rilevato a Comacchio

### 5.1. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni e le cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

Si considera la prova CPT1 e si effettua l'analisi del fattore di resistenza alla liquefazione delle sabbie.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. **Eventi sismici attesi di magnitudo di momento Mw inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec** ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).
2. **Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;**
3. **Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:**
  - frazione di fine, FC, superiore al 20% (FC = frazione passante al setaccio ASTM 200, 0,074mm), con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

Dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 5.4 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  o  $U_c > 3,5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.
6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di  $M > 7$ .
7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della **densità relativa**  $D_r$  del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per*

*l'ingegneria civile* di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con  $D_r > 70\%$  vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

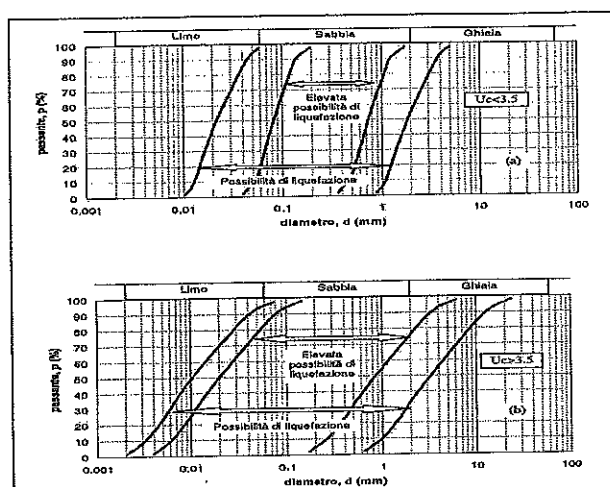


FIGURA 5.4.: Fusi granulometrici liquefacibili

Ai fini della verifica della liquefazione delle sabbie sature è stato utilizzato un software di analisi per valutare ogni strato da 20 cm parametrizzato con la CPT1 rif. 141-07.

Utilizzando i dati di input visualizzati in Figura 5.5, se ne deduce che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso.

FIGURA 5.5.: Dati input e metodi di calcolo adottati.

In FIGURA 5.6, si riporta un diagramma CSR,  $qc_1 N_{cs}$ , in cui si schematizzano i comportamenti di non liquefazione degli strati esaminati.

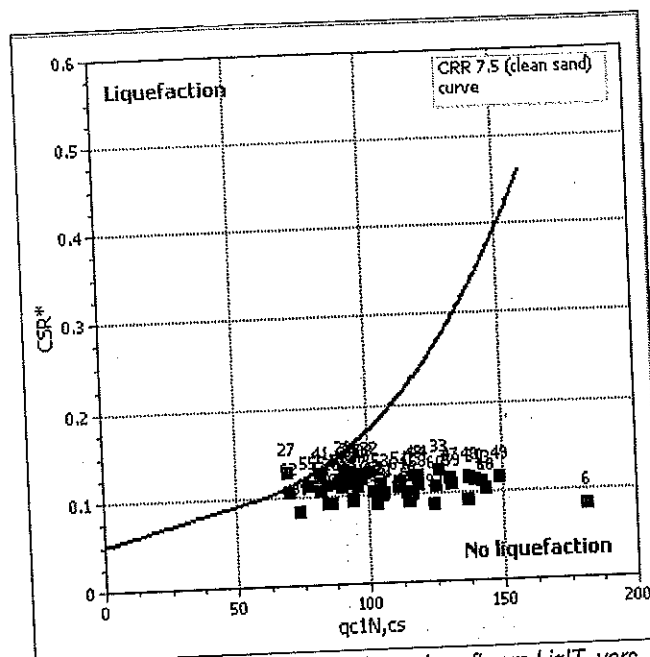


Figura 5.6 - Diagramma di liquefazione, da software LiqIT, vers. 4.7

Da notare come la maggior parte dei punti ricada al di sotto della curva di liquefazione. Dei calcoli effettuati si riporta solo la sintesi dei risultati finali.

Inoltre è stato verificato l'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$ , definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz,$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano di campagna in metri e  $w(z)=10-0.5z$

Ad una quota  $z$  il fattore  $F(z)=F$  vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Il software calcola automaticamente il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti, uguale in questo caso a 0,19 (Metodo Iwasaki).

## 5.2. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI

Dell'elaborazione completa dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale.

Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con la prova CPT1, gli stessi strati nei quali non si verifica il fenomeno di liquefazione delle sabbie sature.

E' stato dunque utilizzato lo stesso software di analisi che ha valutato ogni strato da 20 cm parametrizzato con la CPT. Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che solo alcuni livelli hanno il fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a 1,25 (EC-8), per cui le deformazioni sono pari a 1,94 cm con una Magnitudo di 5.50.

## 6. PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO

Uno dei motivi di pericolosità geologica del territorio, deriva in questi luoghi, dall'interazione tra opere di fondazione e terreni compressibili, su cui le costruzioni in elevazione possono creare condizioni di instabilità del complesso opera-terreno. Si rende quindi necessario fare alcune valutazioni per verificare le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, utilizzando in via indicativa, i dati derivabili dalle indagini specifiche eseguite per la modellazione geologica. E' dunque stata considerata la prova penetrometrica CPT1, spinta fino alla profondità di -18 m dal p.c., rifer. 111-07.

In FIGURA 6.1 viene riportata la planimetria dello stato di progetto.

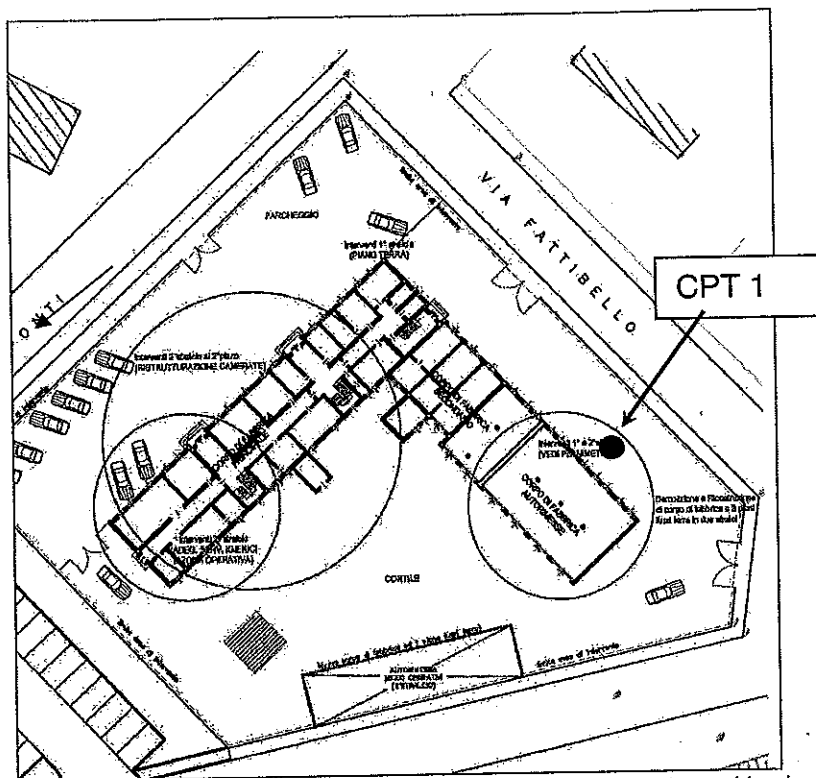


FIGURA 6.1 - Planimetria generale del fabbricato, in evidenza le aree soggette a ristrutturazione; ubicazione prova CPT1/141-07

### 6.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA

L'esecuzione della prova penetrometrica è avvenuta con un Penetrometro Statico Olandese tipo Gouda (tipo meccanico), con dispositivo idraulico di spinta da 10 t. fornito di punta telescopica tipo "Begemann" per il rilievo della resistenza alla punta  $R_p$  e dell'attrito laterale locale  $R_l$ , avente un'area di 10 cm<sup>2</sup>, angolo 60°, velocità di avanzamento 2 cm/sec.

Si allegano i diagrammi delle resistenze dal cui confronto si possono evincere le differenze di comportamento dei terreni nei vari strati incontrati. Nei **diagrammi di resistenza** relativi alla prova statica sono riportati, per ogni 20 cm di avanzamento, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro ( $R_p$  in Kg/cm<sup>2</sup>), i valori di resistenza di attrito laterale locale ( $R_l$  in kg/cm<sup>2</sup>) ed i valori del rapporto di Begemann  $R_p/R_l$  che permettono una stima della granulometria dei terreni attraversati.

Nelle colonne stratigrafiche, redatte in base al diagramma di Schmertmann relativo al rapporto  $R_p/(R_p/R_l)$ , sono evidenziate le successioni litologiche incontrate nel corso della prova. Sono inoltre riportate le **valutazioni litologiche** basate sul rapporto  $R_p/R_l$  secondo Begemann (1965) e secondo le raccomandazioni A.G.I. (1977), insieme alle valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978) ricavate dai valori di  $R_p$  e  $FR = (R_l/R_p)\%$  (vedi anche legenda allegata).

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati della penetrometria statica sono riportate in tabella (**parametri geotecnici**). Nelle tabelle viene fatta distinzione fra i terreni di natura coesiva e quelli di natura granulare.

Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro  $R_p$  (kg/cm<sup>2</sup>), del rapporto  $R_p/R_l$ , del peso di volume  $\gamma$  (t/m<sup>3</sup>), della tensione verticale geostatica del terreno  $\sigma'$  (t/m<sup>3</sup>), della coesione non drenata ( $C_u$  kg/cm<sup>2</sup>), del grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati  $E_{u50}$  ed  $E_{u25}$  (kg/cm<sup>2</sup>) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico  $M_o$  (kg/cm<sup>2</sup>).

Per i terreni di natura granulare vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro  $R_p$  (kg/cm<sup>2</sup>), della densità relativa  $D_r$  (%), dell'angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ ,

dell'accelerazione al suolo che può causare liquefazione  $A_{max}/g$  con  $g$  = accelerazione di gravità, dei moduli di deformazione drenati  $E'_{50}$  ed  $E'_{25}$  ( $kg/cm^2$ ) e del modulo di deformazione edometrico  $M_o$  ( $kg/cm^2$ ).

Nella legenda allegata vi sono ulteriori informazioni sui parametri geotecnici e sugli autori.

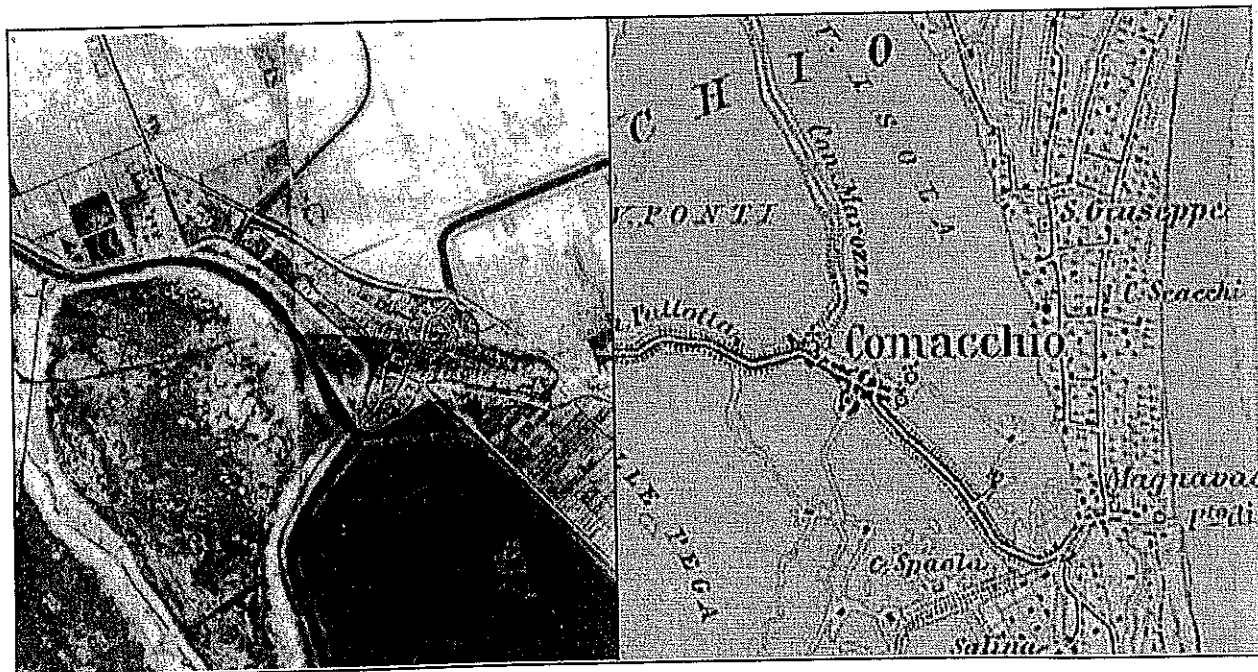
Nella **Tabella 6.1** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la  $p_t$  penetrometrica statica:

Cpt1 (Rif. 141-07)

strato (m da p.c.)	Rp media (kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu media (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Dr. %	$\phi_{my}$
0,4 – 1,8	32,70	1,72	0,35	92,60	63%	24°9
1,8 – 2,8	78,40	1,96	--	235,20	81%	32°6
2,8 – 5,2	2,50	1,62	0,13	9,20	--	--
5,2 – 8,0	34,40	1,91	0,22	96,40	37%	23°4
8,0 – 12,4	82,90	1,97	--	248,70	63%	32°8
12,4 – 14,4	72,80	1,96	0,20	218,40	50%	32°2
14,4 – 21,0	34,50	1,92	0,50	92,60	16%	20°6

**Tabella 6.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata.**

Si ricorda che i primi 2,8m di terreno sono costituiti da materiale di riporto; l'area era valle fino a prima di bonifiche del dopo guerra.



La falda freatica è stata rilevata in data 6 dicembre 2007 alla profondità di -1,8 m da p.c...

## 6.2. ELABORAZIONE DATI

### Fondazioni profonde

A causa delle scarse caratteristiche geotecniche dei sedimenti rilevati soprattutto nei primi cinque metri di profondità, si considera il caso di fondazioni profonde idonee per trasferire i carichi, sui banchi sabbiosi dotati di migliori caratteristiche geotecniche (FIGURA 6.5). In base alla stratigrafia rilevata si potrebbero ipotizzare di impostare i pali fino alla profondità di -10m da p.c., in corrispondenza di un banco sabbioso moderatamente addensato rilevato tra -8,0m e -14,4m da p.c..

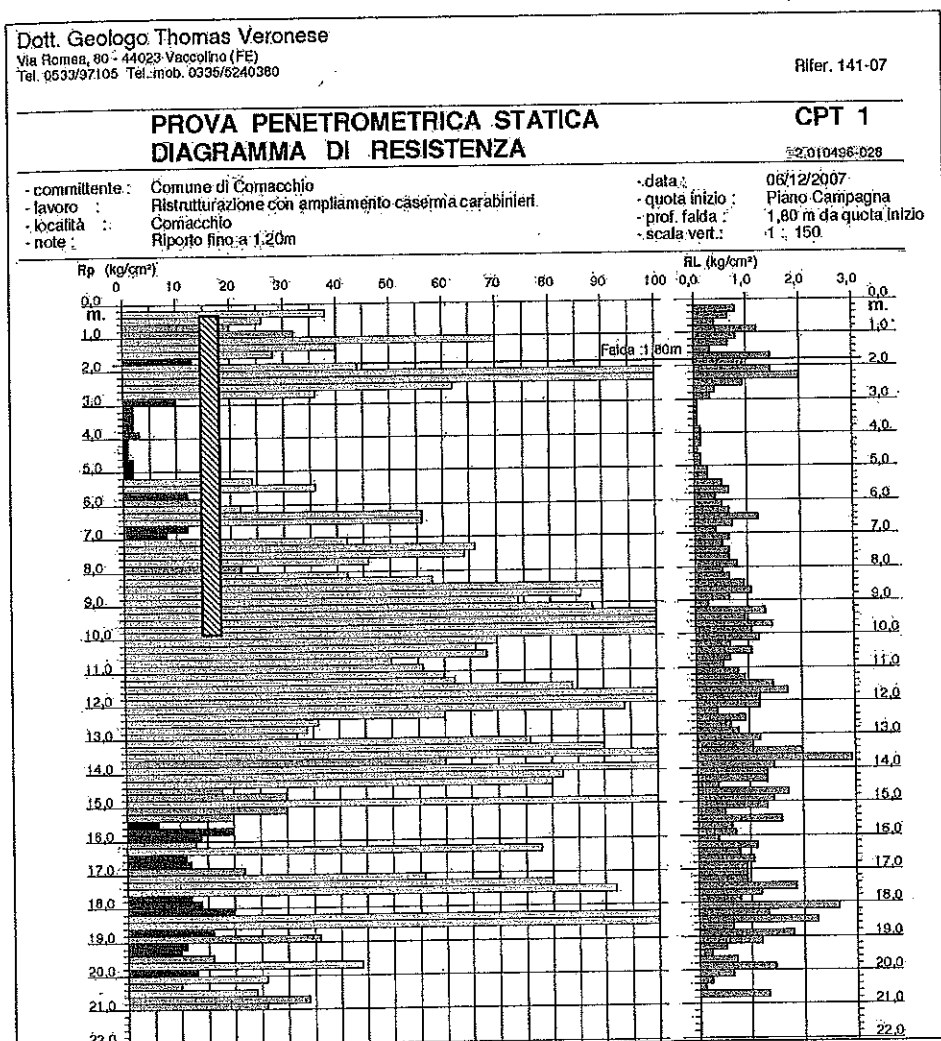


FIGURA 6.5 - Diagramma di resistenza alla punta.

L'esatta stima della portata dei pali sarà possibile solo dopo la scelta della tipologia di palo che opererà il progettista. Le diverse tipologie di palo e le diverse teorie di calcolo portano ad una dispersione di valori, nota in bibliografia. Perciò si rimanda alle fasi esecutive la stima esatta delle portate, con l'ausilio anche delle prove di portata, che rimangono il sistema più corretto per la determinazione delle portate di sicurezza e dei cedimenti.

Per le verifiche che seguono si ipotizza l'impiego di pali di fondazione di tipo vibroinfisso gettato in opera, con diametro alla punta  $\Phi$  pari a 300 mm e cilindrico.

Si fornisce la Tabella 6.2e si allegano le schede di calcolo in cui si possono vedere i diversi valori di portanza di punta, laterale e di conicità, in funzione della profondità di posa e del diametro del palo.

Si adotterà per la capacità portante di punta e per la capacità portante per attrito laterale il fattore di sicurezza  $F=2,5$ .

Per il calcolo della capacità portante si utilizzano direttamente i risultati della prova penetrometrica statica tramite software di calcolo (WIN-CPT); tale software richiede di introdurre i seguenti dati:



#### Pali Vibroinfisso

diametro di punta  $D_p = 300$  mm per pali in c.a.

conicità del palo  $C = 0$  cm/m

contributo di attrito laterale conteggiato da -0,5m dal p.c. attuale in giù.

Piano di infissione del palo  $H_p$  variabile in funzione dei carichi ammissibili necessari alla struttura.

Fattore di sicurezza  $F_1 = 2,5$  per la portata di punta e  $F_2 = 2,5$  per la portata laterale e di conicità.

Calcolando il contributo dell'interazione di ogni 20 cm di lunghezza di palo con il terreno, e calcolando contributo della portanza di punta, si ottiene:

- $q$  (kg/cm<sup>2</sup>) = pressione limite alla punta, valutata mediante opportune medie ponderate nell'ambito di spessore  $4D$  sotto e  $8D$  sopra la punta.
- $Q_p(t) = q A_p$  = portata limite alla punta; pari al prodotto della pressione limite  $q$  per l'area alla punta del palo  $A_p$ .
- $Q_L(t) = \sum \tau \delta S$  = portata limite laterale; ove  $\tau$  corrisponde all'involuppo minimo di RI lungo i vari tratti superficie laterale  $\delta S$ .
- $Q_c(t) = \sum \sigma \delta A$  = portata limite conicità; ove  $\sigma$  corrisponde all'involuppo minimo di  $R_p$  relativamente ai vari incrementi di sezione del palo  $\delta A$  per effetto conicità.
- $Q_t(t) = Q_p + Q_L + Q_c$  = portata limite totale.
- $Q_a(t) = Q_p/F_1 + (Q_L + Q_c)/F_2$  = portata ammissibile palo isolato ( $F$  coefficiente di sicurezza).

#### Prova penetrometrica statica CPT1 - PALO $\Phi_{punta}$ 300mm

Df Profondità di posa del palo $\Phi$	Portata limite di punta (tonn)	Portata limite laterale (tonn)	Portata limite conicità (tonn)	Portata limite totale (tonn)	Fattore di sicurezza F	portata ammissibile palo (tonn)
240						
-10 m da p.c.	39,83	23,88	--	23,88	2,5	25,48

Tabella 6.2 - Portata ammissibile palo in funzione della profondità di posa - PALO VIBROINFISSE

Dott. Geologo Thomas Veronese  
Via Roma, 80 - 44023 Vaccolino (FE)  
Tel. 0533/97105; Tel. mob. 0335/5240380

Rifer. 141-07

#### PROVA PENETROMETRICA STATICA PORTATA PALI PREFABBRICATI BATTUTI

CPT 1

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : Ristrutturazione con ampliamento caserma carabinieri  
- località : Comacchio  
- note : Riporto fino a 1,20m

- data : 06/12/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova :  $H_{max} = 21,00$  m

- PALO PREFABBRICATO :

- CILINDRICO

- Diametro punta :  $D_p = 30$  cm

- Area sezione punta :

$A_p = 706,86$  cm<sup>2</sup>

- Conicità palo :  $C = 0,0$  cm/m

- Pressione lim. punta :

$q = 56,35$  kg/cm<sup>2</sup>

- Prof. scavo fondazione :  $H = 0,50$  m (da q.i.)

- Prof. infissione palo :  $H_p = 10,00$  m (da quota inizio)

- Portata limite punta :  $Q_p = 39,83$  t

- Portata limite laterale :  $Q_L = 23,88$  t

- Portata limite conicità :  $Q_c = 0,00$  t

- Portata limite Totale :  $Q_T = 63,71$  t ( $Q_p + Q_L + Q_c$ )

- coefficiente di sicurezza :  $F = 2,5$

PORTATA AMMISSIBILE PALO :  $Q_a = (Q_T/F) = 25,48$  t

Generalmente, più lunghi e più larghi sono i pali e maggiore è la portata che si può ottenere.

Con le indagini geognostiche non si indagano tutti i punti sotto il sedime del fabbricato in progetto. Nell'area nota la possibile disomogeneità stratigrafica. Nonostante ciò, comparando gli esiti della prova eseguita con qu

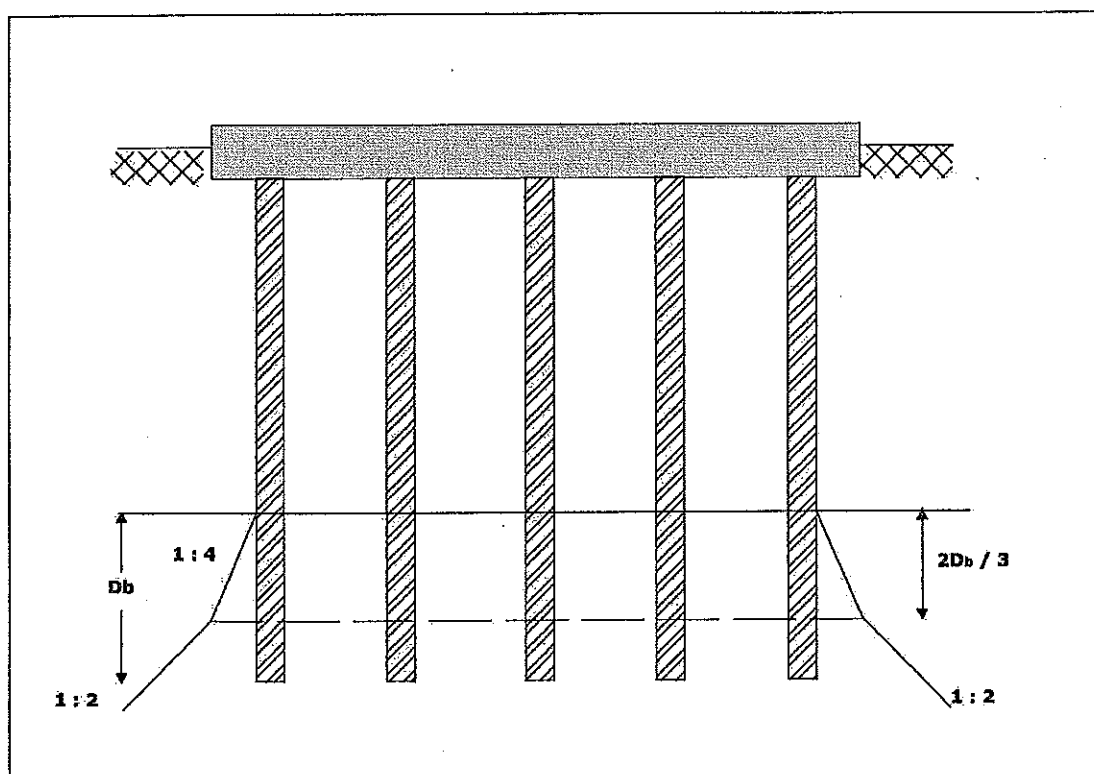
appartenenti alla banca dati dello scrivente, eseguite nel raggio di 300m attorno al fabbricato di intervento, si ritiene che la prova CPT indichi una situazione rappresentativa di tutto il sedime del fabbricato in progetto.

Il progettista delle strutture eseguirà, per i pali vibroinfissi gettati in opera, prove di carico sul palo per la corretta e più giusta stima della portata e del cedimento.

In via del tutto preliminare e prodromica, si ipotizza che il fabbricato venga costruito su una platea appoggiata su una palificata, la cui geometria coincide con l'impronta della platea, ovvero 9m di larghezza per 14m di lunghezza. Si ipotizza che nel complesso la platea trasmetta sulla palificata una pressione unitaria di  $0,40 \text{ kg/cm}^2$ . Si ipotizza inoltre che la base dei pali sia a -10m dal p.c., quindi incassata per due metri nel bancone sabbioso che inizia a -8m dal p.c.

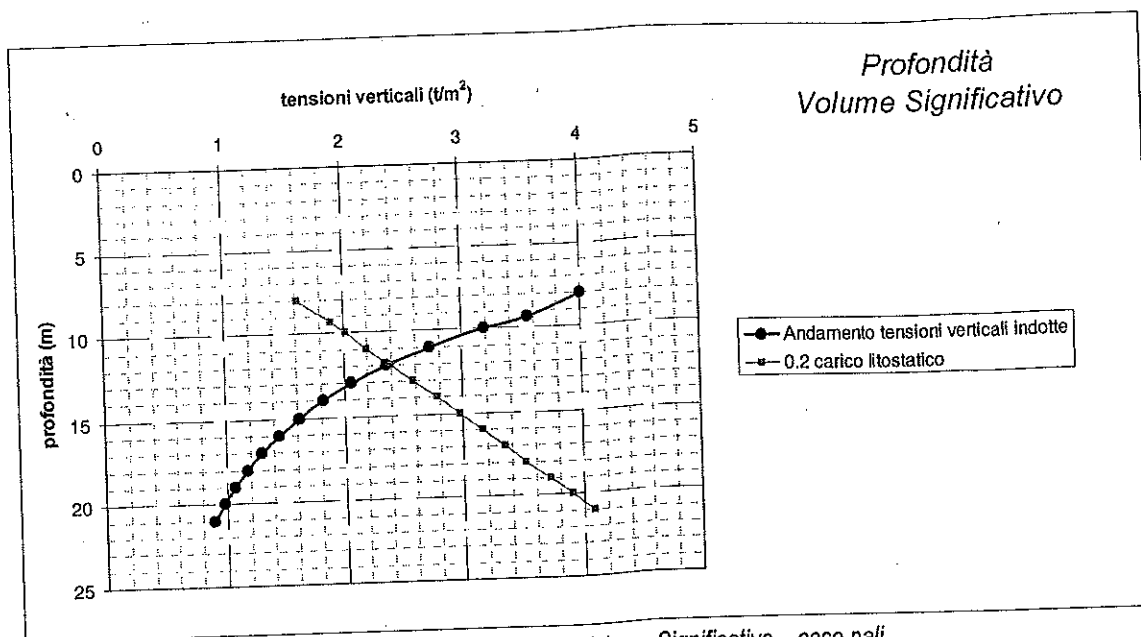
Lo schema riportato in **FIGURA 6.2**, esemplifica la stima del volume significativo nel caso in cui si adottassero dei pali cilindrici.

Molta importanza va riservata alla parametrizzazione dei sedimenti nello spessore di terreno in cui l'incremento di carico  $\Delta q$  è superiore al 20% del carico litostatico esistente (EC-7). Dentro a questo volume significativo si stima il cedimento.



**FIGURA 6.2** – Schema esemplificativo Volume Significativo.

Con le assunzioni sopra fatte si stima l'andamento delle tensioni verticali indotte nel terreno dalla palificata, che si assume trasmetta il carico solo di punta. L'intersezione tra la curva dell'incremento di carico con la curva del 20% del carico litostatico la si ottiene alla profondità di circa -12m dal p.c. (**FIGURA 6.3**).



**FIGURA 6.3 – Profondità del Volume Significativo – caso pali.**

Per quanto concerne il sottosuolo si fa riferimento ai seguenti valori del Modulo Edometrico  $M_o$ , (ricavato in base a opportune correlazioni con la resistenza alla punta  $R_p$ ):

Considerando i valori del modulo edometrico  $M_o$ , calcolato tramite correlazioni con la resistenza alla punta, si possono stimare i cedimenti complessivi compresi tra -9,35m e -12m da p.c., pari a 6,5 cm. Nella FIGURA 6.4 è riportato il foglio di calcolo, prodotto dallo scrivente, in cui si possono notare i dati input per la stima del volume significativo, della diffusione del carico, del modulo edometrico e dei relativi cedimenti.

Profondità (m)	prex vert. (kg/cm <sup>2</sup> )	$M_o$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$S_{ed}$ (cm)
8,0	0,400		1,96
9,35	0,356	245	0,59
10	0,319	350	1,29
11	0,273	210	0,96
12	0,236	245	1,67
13	0,207	123	
Cedimento totale			6,47 cm

Applicando un coefficiente di rigidità strutturale  $n=0,75$  si ottiene:

**CEDIMENTO TOTALE MASSIMO PALIFICATA:  $0,75 \times 6,47 \text{ cm} = 4,85 \text{ cm}$**

N.B. Il carico di sicurezza  $q_{sic}$  deve essere comprensivo di:

- Carico permanente: peso della struttura e di tutti gli elementi a essa permanentemente solidali.
- Carico accidentale: qualsiasi carico non gravante in permanenza sulla struttura, ma al quale la struttura può essere soggetta.

- Carico neve; agisce sulle coperture.

- Carico vento: agisce sulle parti esposte della struttura.

Per carichi di esercizio applicati inferiori ai valori dati, si lavorerebbe con fattore di sicurezza  $F$  maggiore di 3, e di conseguenza si avrebbero i cedimenti più contenuti di quelli calcolati. Per carichi superiori a quelli forniti si scende sotto il valore  $F=3$ , che è il valore consigliato dal D.M. 11/3/88, paragrafo C.4.2..

Si procede di seguito con ulteriore calcolo automatico con software dedicato.

dott. Geologo Thomas Veronese - tel. +39.335/5240380  
via Roma 10 - 44021 Codigoro FE

ALLEGATO – CAPACITA' PORTANTE PALI DA 300mm di diametro.

### CALCOLO AUTOMATICO

Pali e Micropali di Fondazione Versione 7.5.5.  
GeoStru Software

Comune di	Comacchio (FE)
Progetto	Micropali di fondazione per demolizione fabbricato esistente e nuova costruzione di fabbricato per ampliamento della Caserma dei Carabinieri.
Geologo	Geol Thomas Veronese
Progettista	Ing. Aldo Malano

## PALI DI FONDAZIONE

### *Normative di riferimento*

**- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

**- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**- D.M. 9 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

**- D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

**- D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

**- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

**- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

### **Convenzioni**

- a) La forza verticale  $F_y$ , positiva se diretta verso il basso.
- b) La forza orizzontale  $F_x$  positiva da sinistra verso destra.
- c) La coppia  $M$  è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale  $F_x$ .

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di Winkler consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo ( $K$  costante) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa ( $\lambda$ ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile

### **Carico limite verticale**

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite  $Q_{lim}$  viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta  $Q_p$  e la resistenza laterale  $Q_s$ .

## Resistenza unitaria alla punta

### Formula di Terzaghi

La soluzione proposta da Terzaghi assume che il terreno esistente al disopra della profondità raggiunta dalla punta del palo possa essere sostituito da un sovraccarico equivalente pari alla tensione verticale efficace (trascurando pertanto il fatto che l'interazione tra palo e terreno di fondazione possa modificare tale valore) e riconduce l'analisi al problema di capacità portante di una fondazione superficiale. La formula di Terzaghi può essere scritta:

$$Q_p = c \times N_c \times s_c + \gamma \times L \times N_q + 0.5 \times \gamma \times D \times N_\gamma \times s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 (45 + \varphi / 2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \varphi / 2) \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

### Metodo di Berezantzev

Fondamentalmente Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano di posa (punta del palo); tuttavia egli considera che il cilindro di terreno coassiale al palo ed avente diametro paria all'estensione in sezione della superficie di scorrimento sia in parte "sostenuto" per azione tangenziale dal rimanente terreno lungo la superficie laterale. Ne consegue un valore della pressione alla base inferiore a  $\gamma D$ , e tanto minore quanto più questo "effetto silo" è marcato, cioè quanto più grande è il rapporto  $D/B$ ; di ciò tiene conto il coefficiente  $N_q$ , che quindi è funzione decrescente di  $D/B$ .

La resistenza unitaria  $Q_p$  alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito ( $\varphi$ ) e di coesione ( $c$ ), è data dall'espressione:

$$Q_p = c \times N_c + \gamma \times L \times N_q$$

Avendo indicato con:

$\gamma$  peso unità di volume del terreno;

$L$  lunghezza del palo;

$N_c$  e  $N_q$  sono i fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

### Metodo di Vesic

Vesic ha assimilato il problema della rottura intorno alla punta del palo a quello di espansione di una cavità cilindrica in mezzo elasto-plastico, in modo da tener conto anche della compressibilità del mezzo.

Secondo Vesic' i coefficienti di capacità portante  $N_q$  e  $N_c$  si possono calcolare come segue:

$$N_q = \frac{3}{3 - \sin \phi} \left\{ \exp \left[ \left( \frac{\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right] \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) I_{rr}^{(4 \sin \phi) / [3(1 + \sin \phi)]} \right\}$$

L'indice di rigidezza ridotto  $I_{rr}$  nella precedente espressione viene calcolato a partire dalla deformazione volumetrica  $\varepsilon_v$ .

L'indice di rigidezza  $I_r$  si calcola utilizzando il modulo di elasticità tangenziale  $G'$  e la resistenza a taglio  $s$  del terreno.

Quando si hanno condizioni non drenate o il suolo si trova in uno stato raddensato, il termine  $\varepsilon_v$  può essere assunto pari a zero e si ottiene  $I_{rr} = I_r$ .

E' possibile fare una stima di  $I_r$  con i valori seguenti:

TERRENO	$I_r$
Sabbia	75-150
Limo	50-75
Argilla	150-250

Il termine  $N_c$  della capacità portante viene calcolato:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (a)$$

Quando  $\phi = 0$  (condizioni non drenate)

$$N_c = \frac{4}{3} (\ln I_{rr} + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

### Metodo di Janbu

Janbu calcola  $N_q$  (con l'angolo  $\psi$  espresso in radianti) come segue:

$$N_q = \left( \tan \phi + \sqrt{1 + \tan^2 \phi} \right)^2 \exp(2\psi \tan \phi)$$

$N_c$  si può ricavare dalla (a) quando  $\phi > 0$ .

Per  $\phi = 0$  si usa  $N_c = 5.74$

### Formula di Hansen

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto  $D/B$ , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori  $L/D > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{L}{D}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{L}{D}$$

Nel caso  $\phi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
$d'_c$	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando  $\phi=0$ .

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{D}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{D}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L} \tan \phi$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L} \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{D}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)k$$

$$d_\gamma = 1 \text{ per qualsiasi } \phi$$

$$k = \tan^{-1} \frac{L}{D} \text{ se } \frac{L}{D} > 1$$

### Resistenza del fusto

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo A, proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \times c + q \times K \times \tan \delta$$

$c$  = valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.



$q$  = pressione verticale del terreno  
 $k$  = coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e  
precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \tan^2 \phi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \tan^2 \phi$$

$\delta$  attrito palo terreno funzione della scabrezza della superficie del palo

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \tan \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan \phi$$

$\alpha$  è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente $\alpha$ per palo infisso	
$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente $\alpha$ per palo trivellato	
$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

### Inoltre

In presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione  
coefficiente sismico  $k_h$  come segue:

$$\text{Coeffrid} = 1 - k_h$$

In presenza di sforzi di trazione applicati sul palo la resistenza laterale viene ridotta  
del 30%

### Inoltre

a) Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza ( $c, \phi$ ) sia il coefficiente  
del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.

b) In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%

c) Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

d) Secondo le indicazioni di Okamoto in zona sismica, le caratteristiche di resistenza sono state ridotte in funzione del coefficiente sismico

### Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il

palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo  $n$  superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie  $i$  per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie  $j$  esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

$\tau_j$  = Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia

$E$  = Modulo elastico del terreno

$B$  = Diametro del palo

$I_{i,j}$  = Coefficiente di influenza

Il cedimento complessivo si ottiene sommando  $W_{i,j}$  per tutte le  $j$  aree

### Carico limite orizzontale

Il carico limite orizzontale è stato calcolato secondo la teoria sviluppata da Broms il quale assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico, e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento a rimanga costante al crescere dello spostamento stesso.

Si assume che il comportamento flessionale del palo sia di tipo rigido-perfettamente plastico, vale a dire che le rotazioni elastiche del palo sono trascurabili finché il momento flettente non attinge al valore  $M_y$  di plasticizzazione.

Per i terreni coesivi Broms propone di adottare una reazione del terreno costante con la profondità pari a:

$$p = 9 \times c_u \times B$$

con reazione nulla fino alla profondità di 1.5 d;  
avendo indicato con:

$c_u$  Coesione non drenata,

$B$  Diametro del palo

$p$  Reazione del terreno.

Per i terreni incoerenti si assume che la resistenza vari linearmente con la profondità secondo la legge:

$$P = 3K_p \gamma zB$$

avendo indicato con:

$P$	Carico limite orizzontale;
$K_p$	Coefficiente di spinta passiva;
$\gamma$	Peso unità di volume del terreno
$z$	Profondità.
$B$	Diametro del palo

#### Palo in condizioni di esercizio

Il palo in condizioni di esercizio è stato esaminato con il modello di *Winkler*.

Tale modello consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle caratteristiche meccaniche del terreno.

Si ipotizza che in ogni punto del palo esista proporzionalità tra la pressione esercitata dal terreno  $p$  e lo spostamento  $v$ :

$$p = k_h \times v$$

$k_h$  rappresenta il coefficiente di sottofondo orizzontale

La caratteristica  $\lambda$  del sistema a espressioni diverse a seconda della legge di variazione di  $k$ .

Per mezzo omogeneo ( $k$  costante):

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k \cdot B}{4 \cdot E \cdot I}}$$

Per  $k$  lineare con la profondità:

$$\lambda = \sqrt[5]{\frac{k_{hb}}{E \cdot I}}$$

Avendo indicato con:

$k$	Modulo di Winkler
$k_{hb}$	Coefficiente di sottofondo orizzontale del palo di dimensione $b$ alla profondità $b$
$I$	Momento d'inerzia della sezione trasversale;
$E$	Modulo di Young del materiale del palo;
$B$	Diametro del palo;

Nel caso di  $k$  costante:

$D\lambda < \pi/4$	Palo corto o rigido
$\pi/4 < D\lambda < \pi$	Palo relativamente flessibile
$\pi < D\lambda$	Palo lungo o infinitamente flessibile

*Nel caso di k lineare con la profondità:*

$D\lambda < 2$	Palo corto o rigido
$2 < D\lambda < 4$	Palo relativamente flessibile
$D\lambda > 4$	Palo lungo o infinitamente flessibile

### Verifica della sezione

La verifica della sezione del palo è stata effettuata nei punti di massima sollecitazione tra cui la testa del palo ossia nel punto di applicazione delle azioni esterne

La verifica è stata effettuata per sezione circolare soggetta a presso-tensoflessione e taglio.

### DATI GENERALI

Diametro palo	30,0 cm
Lunghezza del palo	1000,0 cm
Zona sismica	2,0
Coeff. di Poisson strato di base	0,33
Densità relativa strato di base	70,0 %
Modulo di reaz. orizzontale	0,605 kg/cmc

Coeff. sicurezza Qlimite laterale	3,0
Coeff. sicurezza Qlimite punta	2,0
Coeff. sicurezza instabilità	5,0

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

#### Strato 1.....sabbia limosa

Spessore strato	280,0 cm
Peso unità volume	1800,0 kg/mc
Peso unità volume saturo	1950,0 kg/mc
Angolo di resistenza al taglio	20,0 °
Coesione del terreno	0,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità del terreno	30,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico	50,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo reazione orizz. terreno	0,8 kg/cmc

=====

**Strato 2.....argilla limosa**

=====

Spessore strato	240,0 cm
Peso unità volume	1650,0 kg/mc
Peso unità volume saturo	1850,0 kg/mc
Angolo di resistenza al taglio	0,0 °
Coesione del terreno	0,05 kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata	0,1 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità del terreno	2,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico	5,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo reazione orizz. terreno	0,1 kg/cm <sup>2</sup>

=====

=====

**Strato 3.....sabbia e limo**

=====

Spessore strato	280,0 cm
Peso unità volume	1850,0 kg/mc
Peso unità volume saturo	2050,0 kg/mc
Angolo di resistenza al taglio	10,0 °
Coesione del terreno	0,2 kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata	0,22 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità del terreno	40,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico	60,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo reazione orizz. terreno	0,5 kg/cm <sup>2</sup>

=====

=====

**Strato 4.....sabbia debolmente li**

=====

Spessore strato	640,0 cm
Peso unità volume	1900,0 kg/mc
Peso unità volume saturo	2100,0 kg/mc
Angolo di resistenza al taglio	33,0 °
Coesione del terreno	0,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità del terreno	150,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico	210,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo reazione orizz. terreno	1,2 kg/cm <sup>2</sup>

=====

=====

**Strato 5.....argilla sabbiosa**

=====

Spessore strato	660,0 cm
Peso unità volume	1800,0 kg/mc
Peso unità volume saturo	2000,0 kg/mc
Angolo di resistenza al taglio	20,0 °
Coesione del terreno	0,4 kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata	0,5 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità del terreno	36,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico	52,0 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo reazione orizz. terreno	0,6 kg/cm <sup>2</sup>

=====

=====

**COEFFICIENTI DI CAPACITA' PORTANTE (Berezantzev)**

=====

Angolo di attrito alla punta	33,0 °
N <sub>q</sub>	38,665
N <sub>c</sub>	58,0

=====

## CARICO LIMITE

Carico limite alla punta	41,128 t
Carico limite laterale	33,265 t
Peso del palo	1,767 t
<b>Carico limite totale</b>	<b>72,626 t</b>

Carico amm. punta	20,564 t
Carico amm. laterale	11,088 t
<b>Carico amm. totale</b>	<b>29,885 t</b>

Palo verificato	
-----------------	--

## Pressione limite orizzontale (BROMS)

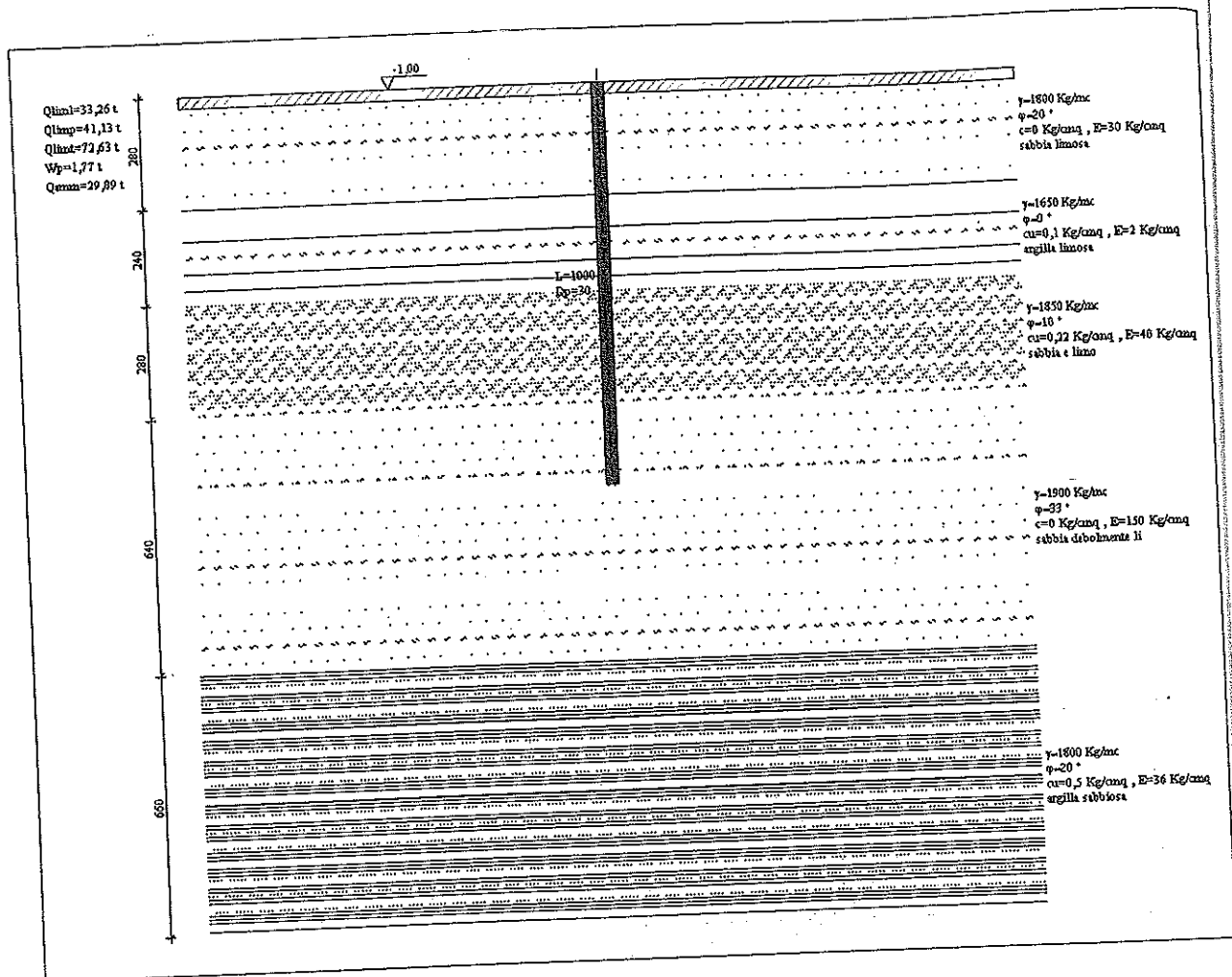
Pressione limite Z=0	0,0 Kg/cm <sup>2</sup>
Pressione limite Z=223,50	2,461 Kg/cm <sup>2</sup>

## SPOSTAMENTI

Cedimento del palo	0,331 mm
Spostamento in x	0,0 mm
Rotazione	0,0 °

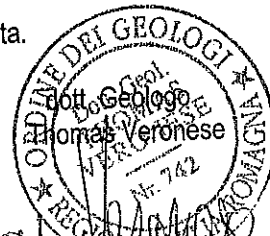
## CARICO LIMITE E AMM. AL VARIARE DELLA PROFONDITA'

L(cm)	Wp(t)	Qlim(t)	Qamm(t)
900,0	1,59	60,29	25,531
<b>1000,0</b>	<b>1,767</b>	<b>72,626</b>	<b>29,885</b>
1100,0	1,944	85,702	34,479
1200,0	2,121	99,52	39,313



Il risultato a cui si perviene è del tutto simile a quello calcolato con il programma WIN-CPT con la stima di una portata utile di sicurezza di 25-29 tonnellate.

Cambiando le geometrie del palo, cambiano i valori di portata.  
Codigoro, 18 dicembre 2007



Thomas Veronese



*Studio Servizi Tecnici*  
*Settore geologia e ambiente*

**DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE**

*Via Roma, 10*

*44021 CODIGORO (Ferrara)*

**Tel e fax. 0533 / 713798 cell 335-5240380**

**E-mail: [thomas.veronese@tin.it](mailto:thomas.veronese@tin.it)**

***Prove penetrometriche statiche***  
***CPT***  
***Cone penetration test***

Codigoro, 13 dicembre 2007

---

**STUDIO SERVIZI TECNICI**

• Geotecnica • Idrogeologia; • subirrigazione • Geochimica • Geofisica • Contributi allo Studio di Impatto Ambientale • Definizione dei Rischi Ambientali • studi di fattibilità; P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee • Gestione e pianificazione territoriale.



# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : Ristrutturazione con ampliamento caserma carabinieri  
- località : Comacchio  
- note : Riporto fino a 1.20m

- data : 06/12/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio  
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	----	----	----	10,20	35,0	43,0	70,0	1,20	58,0
0,40	19,0	----	38,0	0,80	47,0	10,40	33,0	42,0	66,0	0,67	99,0
0,60	13,0	19,0	26,0	0,67	39,0	10,60	34,0	39,0	68,0	1,07	64,0
0,80	10,0	15,0	20,0	0,40	50,0	10,80	25,0	33,0	50,0	0,67	75,0
1,00	16,0	19,0	32,0	1,20	27,0	11,00	28,0	33,0	56,0	0,53	105,0
1,20	35,0	44,0	70,0	0,80	87,0	11,20	30,0	34,0	60,0	0,80	75,0
1,40	20,0	26,0	40,0	0,67	60,0	11,40	31,0	37,0	62,0	0,93	66,0
1,60	14,0	19,0	28,0	0,33	84,0	11,60	42,0	49,0	84,0	1,47	57,0
1,80	6,5	9,0	13,0	1,47	9,0	11,80	52,0	63,0	104,0	1,73	60,0
2,00	22,0	33,0	44,0	0,93	47,0	12,00	60,0	73,0	120,0	1,20	100,0
2,20	70,0	77,0	140,0	1,47	95,0	12,20	47,0	56,0	94,0	1,20	78,0
2,40	55,0	66,0	110,0	2,00	55,0	12,40	30,0	39,0	60,0	0,40	150,0
2,60	31,0	46,0	62,0	0,93	66,0	12,60	18,0	21,0	36,0	0,93	39,0
2,80	18,0	25,0	36,0	0,40	90,0	12,80	17,0	24,0	34,0	0,67	51,0
3,00	5,0	8,0	10,0	0,33	30,0	13,00	16,0	21,0	32,0	0,80	40,0
3,20	1,0	3,5	2,0	0,07	30,0	13,20	38,0	44,0	76,0	1,20	63,0
3,40	1,0	1,5	2,0	0,07	30,0	13,40	45,0	54,0	90,0	1,07	84,0
3,60	1,0	1,5	2,0	0,07	30,0	13,60	69,0	77,0	138,0	2,00	69,0
3,80	1,0	1,5	2,0	0,07	30,0	13,80	30,0	45,0	60,0	2,93	20,0
4,00	1,5	2,0	3,0	0,13	22,0	14,00	50,0	72,0	100,0	1,47	68,0
4,20	0,5	1,5	1,0	0,13	7,0	14,20	41,0	52,0	82,0	1,33	61,0
4,40	0,5	1,5	1,0	0,13	7,0	14,40	40,0	50,0	80,0	1,33	60,0
4,60	0,5	1,5	1,0	0,07	15,0	14,60	9,0	19,0	18,0	0,40	45,0
4,80	1,0	1,5	2,0	0,13	15,0	14,80	15,0	18,0	30,0	1,73	17,0
5,00	1,0	2,0	2,0	0,13	15,0	15,00	57,0	70,0	114,0	1,47	78,0
5,20	1,0	2,0	2,0	0,27	7,0	15,20	15,0	26,0	30,0	1,33	22,0
5,40	12,0	14,0	24,0	0,27	90,0	15,40	10,0	20,0	20,0	0,53	37,0
5,60	18,0	20,0	36,0	0,53	67,0	15,60	3,0	7,0	6,0	1,60	4,0
5,80	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0	15,80	10,0	22,0	20,0	0,67	30,0
6,00	8,0	13,0	16,0	0,40	40,0	16,00	7,0	12,0	14,0	0,73	19,0
6,20	11,0	14,0	22,0	0,53	41,0	16,20	6,5	12,0	13,0	0,40	32,0
6,40	28,0	32,0	56,0	0,67	84,0	16,40	39,0	42,0	78,0	1,13	69,0
6,60	28,0	33,0	56,0	1,20	47,0	16,60	5,5	14,0	11,0	0,80	14,0
6,80	6,0	15,0	12,0	0,73	16,0	16,80	6,0	12,0	12,0	1,07	11,0
7,00	4,0	9,5	8,0	0,40	20,0	17,00	11,0	19,0	22,0	0,93	24,0
7,20	21,0	24,0	42,0	0,67	63,0	17,20	28,0	35,0	56,0	0,93	60,0
7,40	33,0	38,0	66,0	0,53	124,0	17,40	40,0	47,0	80,0	0,93	86,0
7,60	32,0	36,0	64,0	0,67	96,0	17,60	46,0	53,0	92,0	1,87	49,0
7,80	23,0	28,0	46,0	0,67	69,0	17,80	6,0	20,0	12,0	1,20	10,0
8,00	11,0	16,0	22,0	0,80	27,0	18,00	7,0	16,0	14,0	0,80	17,0
8,20	21,0	27,0	42,0	0,53	79,0	18,20	10,0	16,0	20,0	2,67	7,0
8,40	29,0	33,0	58,0	0,67	87,0	18,40	55,0	75,0	110,0	1,33	82,0
8,60	45,0	50,0	90,0	0,93	96,0	18,60	50,0	60,0	100,0	2,27	44,0
8,80	43,0	50,0	86,0	1,07	81,0	18,80	8,0	25,0	16,0	0,67	24,0
9,00	37,0	45,0	74,0	0,67	111,0	19,00	18,0	23,0	36,0	1,80	20,0
9,20	44,0	49,0	88,0	0,27	330,0	19,20	5,5	19,0	11,0	1,20	9,0
9,40	50,0	52,0	100,0	1,33	75,0	19,40	5,0	14,0	10,0	0,53	19,0
9,60	65,0	75,0	130,0	0,93	139,0	19,60	8,0	12,0	16,0	0,27	60,0
9,80	65,0	72,0	130,0	1,47	89,0	19,80	22,0	24,0	44,0	0,73	60,0
10,00	66,0	77,0	132,0	1,07	124,0	20,00	6,5	12,0	13,0	1,47	9,0

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\sigma = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

### LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

C

12

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : Ristrutturazione con ampliamento caserma carabinieri  
- località : Comacchio  
- note : Riporto fino a 1.20m

- data : 06/12/20  
- quota inizio : Piano Ca  
- prof. falda : 1,80 m d.  
- pagina : 2

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
20,20	13,0	24,0	26,0	0,67	39,0	20,80	17,0	18,0	34,0	1,33
20,40	5,0	10,0	10,0	0,27	37,0	21,00	13,0	23,0	26,0	-----
20,60	12,0	14,0	24,0	0,13	180,0					

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

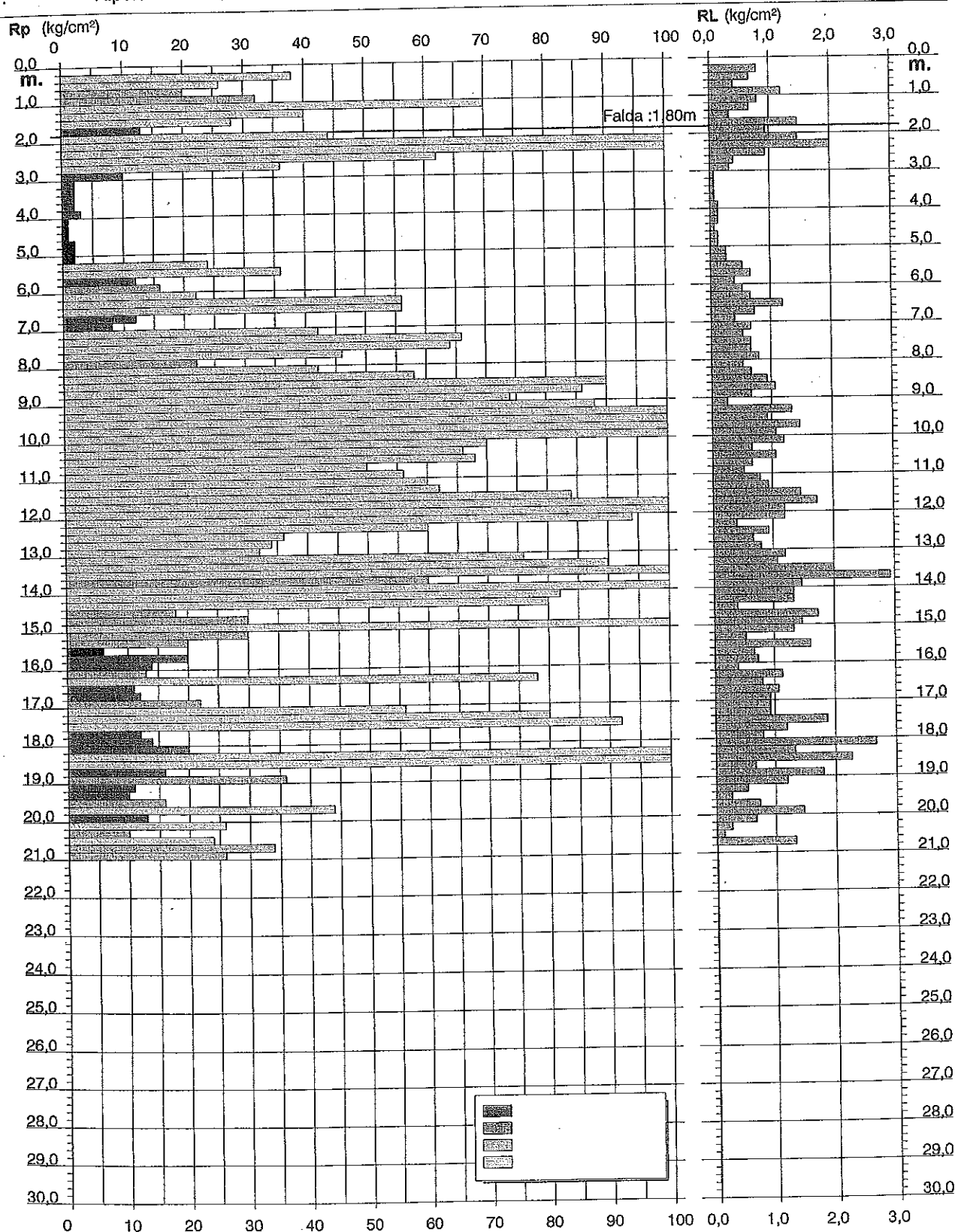
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : Ristrutturazione con ampliamento caserma carabinieri  
- località : Comacchio  
- note : Riporto fino a 1.20m

- data : 06/12/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 150



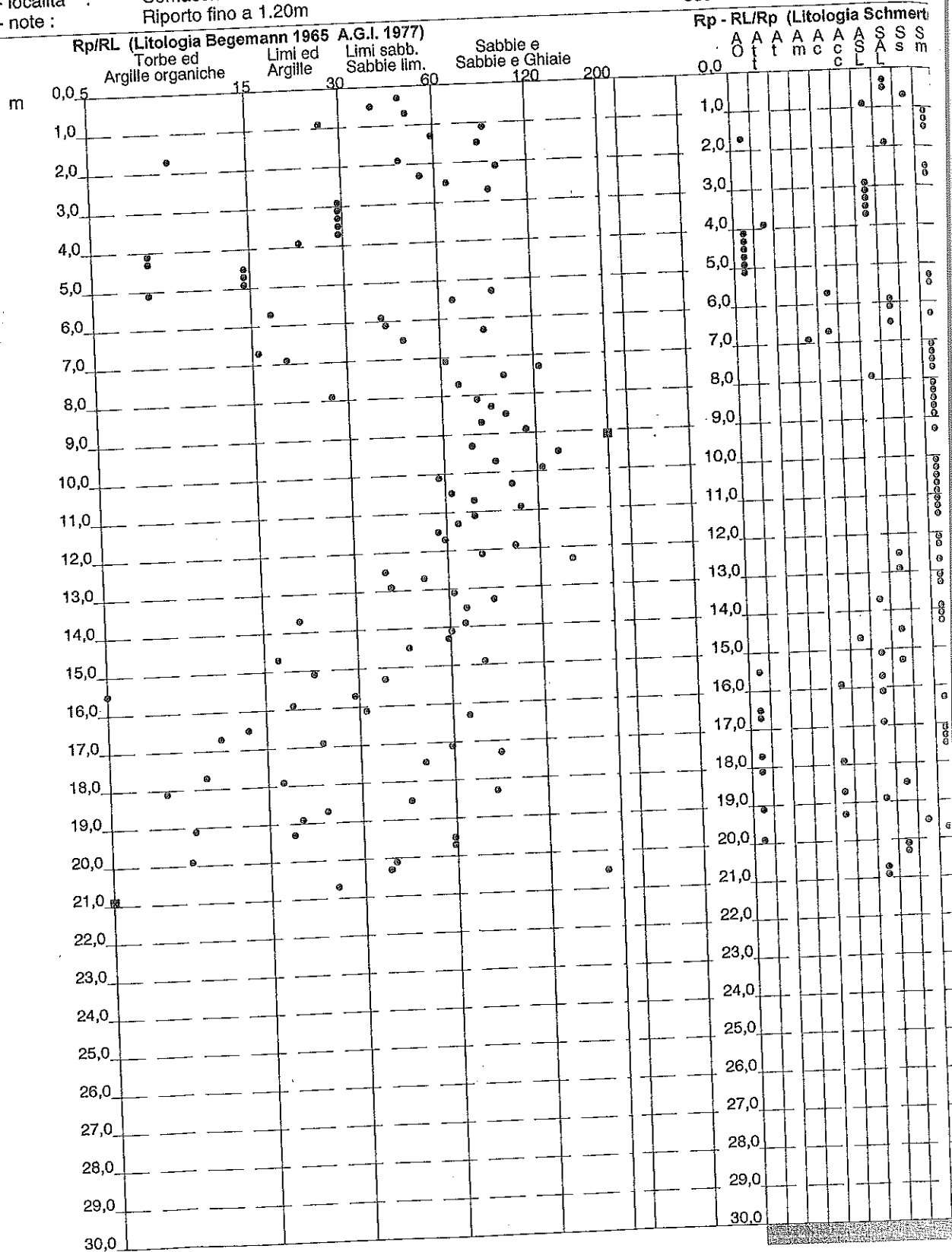
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CP

2.010.

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : Ristrutturazione con ampliamento caserma carabinieri  
- località : Comacchio  
- note : Riporto fino a 1.20m

- data : 06/12/2007  
- quota inizio : Piano Camp  
- prof. falda : 1,80 m da q  
- scala vert.: 1 : 150



# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : Ristrutturazione con ampliamento caserma carabinieri  
- località : Comacchio  
- note : Riporto fino a 1.20m

- data : 06/12/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio  
- pagina : 1

località :  
note :

Riporto fino a 1.20m

pagina: 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	30	0,258	63	95	114
0,40	38	47	3:1	1,85	0,07	--	--	--	--	--	79	39	41	43	44	41	28	0,188	43	65	78
0,60	26	39	3:1	1,85	0,11	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	38	27	0,140	33	50	60
0,80	20	30	4:1	1,85	0,15	0,80	51,7	136	204	60	74	38	40	42	44	40	29	0,171	53	80	96
1,00	32	27	4:1	1,85	0,19	1,07	56,1	181	272	98	96	42	43	44	46	42	32	0,246	117	175	210
1,20	70	87	3:1	1,85	0,22	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	39	30	0,170	67	100	120
1,40	40	60	3:1	1,85	0,26	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	37	28	0,125	47	70	84
1,60	28	84	3:1	1,85	0,30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	13	9	2:1	0,93	0,31	0,60	14,2	103	154	47	71	38	40	42	44	38	31	0,161	73	110	132
2,00	44	47	3:1	0,91	0,33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	36	0,258	233	350	420
2,20	140	95	3:1	1,06	0,35	--	--	--	--	--	99	42	43	45	46	42	34	0,256	183	275	330
2,40	110	55	3:1	1,02	0,37	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	39	32	0,185	103	155	186
2,60	62	68	3:1	0,94	0,39	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	36	30	0,127	60	90	108
2,80	36	90	3:1	0,89	0,41	--	--	--	--	--	14	30	33	36	39	29	26	0,026	17	25	30
3,00	10	30	4:1	0,86	0,43	0,50	7,6	104	166	40	--	28	31	35	38	25	25	--	3	5	6
3,20	2	30	4:1	0,77	0,44	0,10	1,0	60	90	10	--	28	31	35	38	25	25	--	3	5	6
3,40	2	30	4:1	0,77	0,46	0,10	0,9	60	90	10	--	28	31	35	38	25	25	--	3	5	6
3,60	2	30	4:1	0,77	0,47	0,10	0,9	60	90	10	--	28	31	35	38	25	25	--	3	5	6
3,80	2	30	4:1	0,77	0,49	0,10	0,9	60	90	10	--	28	31	35	38	25	25	--	3	5	6
4,00	3	22	2:1	0,76	0,51	0,15	1,4	88	132	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	1	7	1:1	0,46	0,51	0,05	0,3	7	10	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	1	7	1:1	0,46	0,52	0,05	0,3	7	10	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	1	15	1:1	0,46	0,53	0,05	0,3	13	20	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	2	15	1:1	0,46	0,54	0,10	0,8	13	20	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	2	15	1:1	0,46	0,55	0,10	0,7	13	20	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	2	7	1:1	0,46	0,56	0,10	0,7	13	20	3	36	33	36	38	41	32	28	0,071	40	60	72
5,40	24	90	3:1	0,86	0,58	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	34	30	0,103	60	90	108
5,60	36	67	3:1	0,89	0,60	--	--	--	--	--	20	31	34	37	40	29	27	0,038	27	40	48
5,80	12	18	2:1	0,92	0,61	0,57	5,7	164	247	52	31	32	35	38	40	31	28	0,059	37	55	66
6,00	16	40	4:1	0,90	0,63	0,70	7,1	158	237	52	62	37	39	41	43	36	31	0,136	93	140	168
6,20	22	41	3:1	0,86	0,65	--	--	--	--	--	61	37	39	41	43	36	31	0,134	93	140	168
6,40	56	84	3:1	0,93	0,67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	56	47	3:1	0,93	0,69	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	12	16	2:1	0,92	0,70	0,57	4,8	195	293	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	8	20	2:1	0,86	0,72	0,40	3,0	197	296	35	50	35	37	40	42	34	30	0,103	70	105	126
7,20	42	63	3:1	0,90	0,74	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	36	32	0,143	110	165	198
7,40	66	124	3:1	0,94	0,76	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	36	32	0,138	107	160	192
7,60	64	96	3:1	0,94	0,78	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	34	31	0,106	77	115	138
7,80	46	69	3:1	0,91	0,80	--	--	--	--	--	25	31	34	37	40	30	28	0,048	37	55	66
8,00	22	27	4:1	0,93	0,81	0,85	6,6	209	313	66	47	35	37	39	42	33	30	0,096	70	105	126
8,20	42	79	3:1	0,90	0,83	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	35	31	0,123	97	145	174
8,40	58	87	3:1	0,93	0,85	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	37	33	0,158	143	215	258
8,60	90	96	3:1	0,98	0,87	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	37	33	0,164	150	225	270
8,80	86	81	3:1	0,98	0,89	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	36	32	0,142	123	185	222
9,00	74	111	3:1	0,96	0,91	--	--	--	--	--	69	38	40	42	44	37	33	0,157	147	220	264
9,20	88	330	3:1	0,98	0,93	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	37	34	0,169	167	250	300
9,40	100	75	3:1	1,00	0,95	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	38	35	0,196	217	325	390
9,60	130	139	3:1	1,05	0,97	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	38	35	0,194	220	330	396
9,80	130	89	3:1	1,05	0,99	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	38	35	0,194	220	330	396
10,00	132	124	3:1	1,05	1,01	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	35	32	0,128	117	175	210
10,20	70	58	3:1	0,95	1,03	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	34	32	0,123	113	170	204
10,40	66	99	3:1	0,94	1,05	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	33	31	0,094	83	125	150
10,60	68	64	3:1	0,95	1,07	--	--	--	--	--	46	34	37	40	42	33	31	0,103	93	140	168
10,80	50	75	3:1	0,92	1,09	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	33	32	0,108	100	150	180
11,00	56	105	3:1	0,93	1,10	--	--	--	--	--	52	35	38	40	42	34	32	0,110	103	155	186
11,20	60	75	3:1	0,93	1,12	--	--	--	--	--	52	35	38	40	42	34	32	0,110	103	155	186
11,40	62	66	3:1	0,94	1,14	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	35	33	0,137	140	210	252
11,60	84	57	3:1	0,97	1,16	--	--	--	--	--	69	38	40	42	44	37	35	0,170	200	300	360
11,80	104	60	3:1	1,01	1,18	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	37	34	0,144	157	235	282
12,00	120	100	3:1	1,03	1,20	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	36	34	0,144	157	235	282
12,20	94	78	3:1	0,99	1,22	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	33	32	0,102	100	150	180
12,40	60	150	3:1	0,93	1,24	--	--	--	--	--	31	32	35	38	41	30	30	0,060	60	90	108
12,60	36	39	3:1	0,89	1,26	--	--	--	--	--	29	32	35	37	40	29	29	0,			

# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : Ristrutturazione con ampliamento caserma carabinieri  
- località : Comacchio  
- note : Riporto fino a 1.20m

- data : 06/12/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,80 m da quota in  
- pagina : 2

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
20,20	26	39	3:...	0,87	1,97	--	--	--	--	--	9	29	32	35	39	26	28	0,019	43	65	78
20,40	10	37	4:...	0,86	1,99	0,50	1,1	298	447	40	--	28	31	35	38	25	26	--	17	25	30
20,60	24	180	3:...	0,86	2,00	--	--	--	--	--	6	29	32	35	38	25	28	0,014	40	60	72
20,80	34	25	4:...	0,98	2,02	1,13	3,0	555	833	102	18	30	33	36	39	27	29	0,034	57	85	102
21,00	26	--	4:...	0,95	2,04	0,93	2,3	501	752	78	8	29	32	35	39	25	28	0,018	43	65	78



*Studio Servizi Tecnici*  
*Settore geologia e ambiente*

*DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE*

*Via Roma, 10*

*44021 CODIGORO (Ferrara)*

*Tel e fax. 0533 / 713798 cell 335-5240380*

*E-mail: thomas.veronese@tin.it*

---

## *Verifica Liquefazione delle Sabbie*

*Codigoro, 13 dicembre 2007*

---

### STUDIO SERVIZI TECNICI

Geotecnica • Idrogeologia; • subirrigazione • Geochimica • Geofisica • Contributi allo  
Studio di Impatto Ambientale • Definizione dei Rischi Ambientali • studi di fattibilità;  
P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per  
l'uso di risorse idriche sotterranee • Gestione e pianificazione territoriale.



**Dott. GEOLOGO**

Thomas Veronese

via Roma 10 - 44021 Codigoro (FE) tel. 0533713798

email: thomas.veronese@tin.it

## LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

**Project title : Comune Comacchio Caserma Carabinieri**

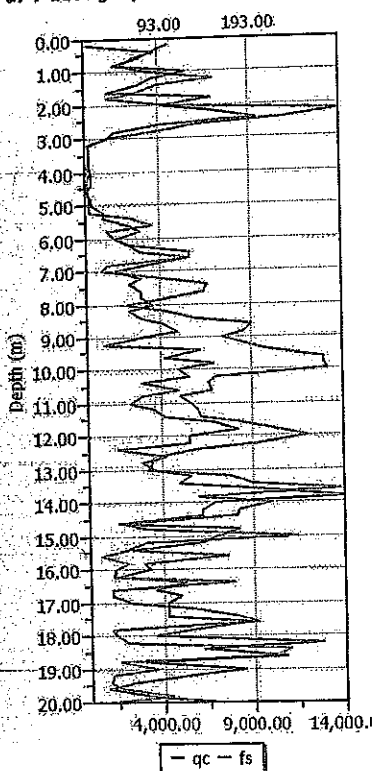
**Project subtitle :**

### Input parameters and analysis data

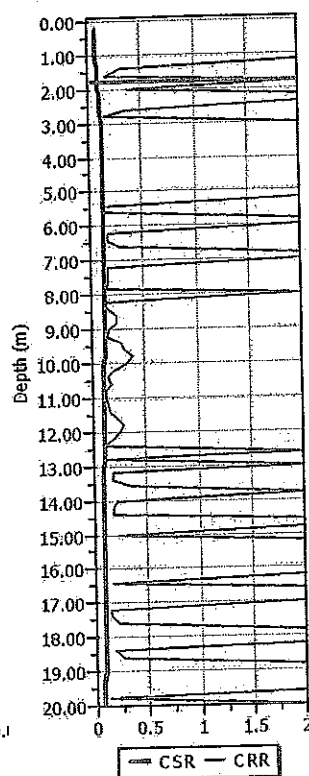
In-situ data type: Cone Penetration Test  
 Analysis type: Deterministic  
 Analysis method: Robertson (1998)  
 Fines correction method: Robertson (1998)

Depth to water table: 1.80 m  
 Earthquake magnitude  $M_w$ : 5.50  
 Peak ground acceleration: 0.16 g  
 User defined F.S.: 1.25

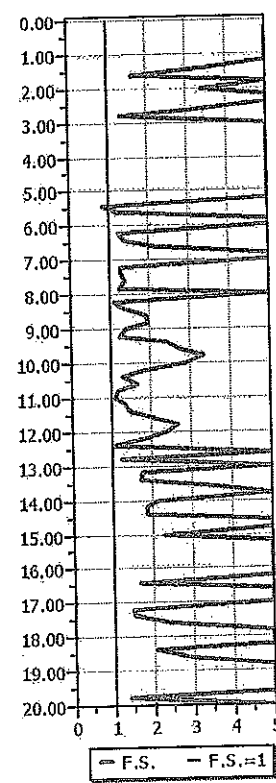
**CPT data graph**



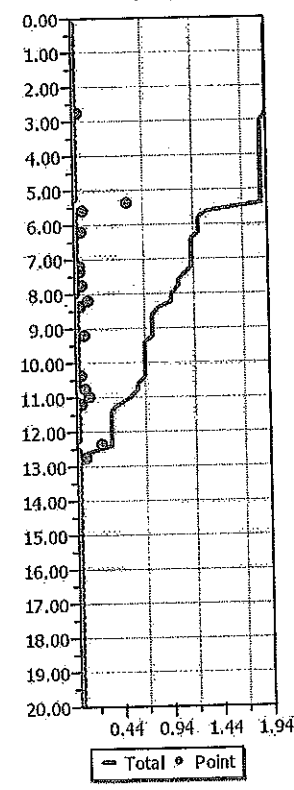
**Shear stress ratio**



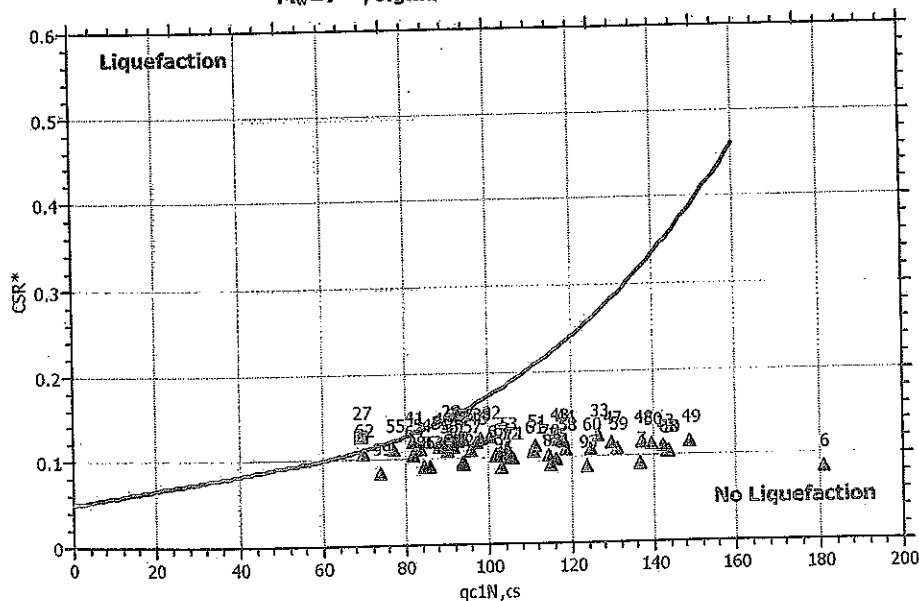
**Factor of safety**



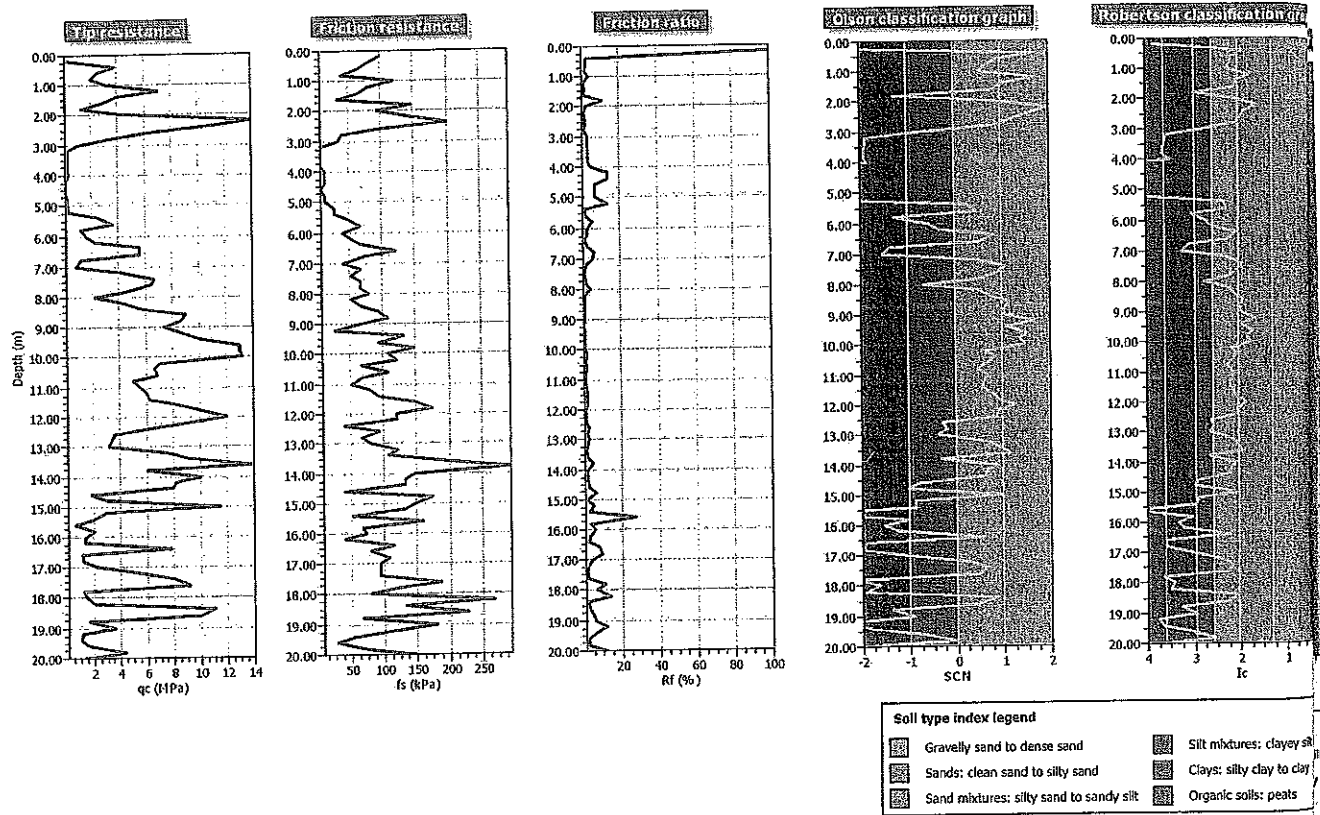
**Settlements (cm)**



$M_w = 7^{1/2}$ ,  $\sigma'_{vm} = 1$  atm base curve







## Field input data ::

Point ID	Depth (m)	$q_c$ (MPa)	$f_s$ (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
1	0.20	0.10	100.00	100.00	17.20
2	0.40	3.80	80.00	11.76	17.20
3	0.60	2.60	67.00	17.60	17.20
4	0.80	2.00	40.00	19.19	17.20
5	1.00	3.20	120.00	22.48	17.20
6	1.20	7.00	80.00	7.93	17.20
7	1.40	4.00	67.00	14.95	17.20
8	1.60	2.80	33.00	16.18	17.20
9	1.80	1.30	147.00	56.88	17.20
10	2.00	4.40	93.00	17.84	19.60
11	2.20	14.00	147.00	5.31	19.60
12	2.40	11.00	200.00	10.25	19.60
13	2.60	6.20	93.00	12.99	19.60
14	2.80	3.60	40.00	15.81	19.60
15	3.00	1.00	33.00	45.96	16.20
16	3.20	0.20	7.00	100.00	16.20
17	3.40	0.20	7.00	100.00	16.20
18	3.60	0.20	7.00	100.00	16.20
19	3.80	0.20	7.00	100.00	16.20
20	4.00	0.30	13.00	91.44	16.20
21	4.20	0.10	13.00	100.00	16.20
22	4.40	0.10	13.00	100.00	16.20
23	4.60	0.10	7.00	100.00	16.20
24	4.80	0.20	13.00	100.00	16.20
25	5.00	0.20	13.00	100.00	16.20
26	5.20	0.20	27.00	100.00	19.10
27	5.40	2.40	27.00	23.69	19.10
28	5.60	3.60	53.00	21.10	19.10
29	5.80	1.20	67.00	59.00	19.10
30	6.00	1.60	40.00	40.38	19.10
31	6.20	2.20	53.00	34.51	19.10
32	6.40	5.60	67.00	15.34	19.10
33	6.60	5.60	120.00	20.78	19.10
34	6.80	1.20	73.00	64.17	19.10
35	7.00	0.80	40.00	73.36	19.10
36	7.20	4.20	67.00	21.90	19.10
37	7.40	6.60	53.00	11.75	19.10
38	7.60	6.40	67.00	13.98	19.10
39	7.80	4.60	67.00	20.54	19.10
40	8.00	2.20	80.00	43.90	19.10
41	8.20	4.20	53.00	20.79	19.70
42	8.40	5.80	67.00	16.39	19.70
43	8.60	9.00	93.00	11.42	19.70
44	8.80	8.60	107.00	13.31	19.70
45	9.00	7.40	67.00	12.52	19.70
46	9.20	8.80	27.00	5.77	19.70
47	9.40	10.00	133.00	12.83	19.70
48	9.60	13.00	93.00	6.80	19.70
49	9.80	13.00	147.00	9.67	19.70
50	10.00	13.20	107.00	7.54	19.70
51	10.20	7.00	120.00	19.21	19.70
52	10.40	6.60	67.00	15.45	19.70
53	10.60	6.80	107.00	19.02	19.70
54	10.80	5.00	67.00	21.55	19.70
55	11.00	5.60	53.00	17.23	19.70

**:: Field Input data (continued) ::**

Point ID	Depth (m)	q <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
56	11.20	6.00	80.00	19.45	19.70
57	11.40	6.20	93.00	20.30	19.70
58	11.60	8.40	147.00	18.31	19.70
59	11.80	10.40	173.00	15.69	19.70
60	12.00	12.00	120.00	10.39	19.70
61	12.20	9.40	120.00	14.60	19.70
62	12.40	6.00	40.00	14.79	19.60
63	12.60	3.60	93.00	36.44	19.60
64	12.80	3.40	67.00	34.15	19.60
65	13.00	3.20	80.00	38.84	19.60
66	13.20	7.60	120.00	19.49	19.60
67	13.40	9.00	107.00	15.08	19.60
68	13.60	13.80	200.00	12.64	19.60
69	13.80	6.00	293.00	38.20	19.60
70	14.00	10.00	147.00	16.09	19.60
71	14.20	8.20	133.00	19.43	19.60
72	14.40	8.00	133.00	20.10	19.60
73	14.60	1.80	40.00	54.29	19.20
74	14.80	3.00	173.00	57.37	19.20
75	15.00	11.40	147.00	14.02	19.20
76	15.20	3.00	133.00	52.83	19.20
77	15.40	2.00	53.00	55.39	19.20
78	15.60	0.60	160.00	100.00	19.20
79	15.80	2.00	67.00	60.33	19.20
80	16.00	1.40	73.00	83.89	19.20
81	16.20	1.30	40.00	76.21	19.20
82	16.40	7.80	113.00	20.15	19.20
83	16.60	1.10	80.00	100.00	19.20
84	16.80	1.20	107.00	100.00	19.20
85	17.00	2.20	93.00	63.92	19.20
86	17.20	5.60	93.00	27.07	19.20
87	17.40	8.00	93.00	18.24	19.20
88	17.60	9.20	187.00	22.19	19.20
89	17.80	1.20	120.00	100.00	19.20
90	18.00	1.40	80.00	91.26	19.20
91	18.20	2.00	267.00	98.06	19.20
92	18.40	11.00	133.00	15.17	19.20
93	18.60	10.00	227.00	22.86	19.20
94	18.80	1.60	67.00	79.92	19.20
95	19.00	3.60	180.00	55.45	19.20
96	19.20	1.10	120.00	100.00	19.20
97	19.40	1.00	53.00	100.00	19.20
98	19.60	1.60	27.00	63.66	19.20
99	19.80	4.40	73.00	33.55	19.20
100	20.00	1.30	147.00	100.00	19.20

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)  
q<sub>c</sub> : Measured cone resistance  
f<sub>s</sub> : Sleeve friction resistance  
Fines content : Percentage of fines in soil (%)  
Unit weight : Bulk soil unit weight (kPa)

**:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::**

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r <sub>d</sub>	CSR	MSF	CSR <sub>eq, M=7.5</sub>	K <sub>sigma</sub>	CSR*
1	0.20	3.44	0.00	3.44	1.00	0.10	1.69	0.06	1.00	0.08

## Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r <sub>d</sub>	CSR	MSF	CSR <sub>eq,H=7.5</sub>	K <sub>sigma</sub>	CSR*
2	0.40	6.88	0.00	6.88	1.00	0.10	1.69	0.06	1.00	0.08
3	0.60	10.32	0.00	10.32	1.00	0.10	1.69	0.06	1.00	0.08
4	0.80	13.76	0.00	13.76	1.00	0.10	1.69	0.06	1.00	0.08
5	1.00	17.20	0.00	17.20	0.99	0.10	1.69	0.06	1.00	0.08
6	1.20	20.64	1.96	18.68	0.99	0.11	1.69	0.07	1.00	0.08
7	1.40	24.08	3.92	20.16	0.98	0.12	1.69	0.07	1.00	0.09
8	1.60	27.52	5.89	21.63	0.98	0.13	1.69	0.08	1.00	0.10
9	1.80	30.96	7.85	23.11	0.98	0.14	1.69	0.08	1.00	0.10
10	2.00	34.88	9.81	25.07	0.97	0.14	1.69	0.08	1.00	0.10
11	2.20	38.80	11.77	27.03	0.97	0.14	1.69	0.09	1.00	0.11
12	2.40	42.72	13.73	28.99	0.96	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
13	2.60	46.64	15.70	30.94	0.96	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
14	2.80	50.56	17.66	32.90	0.96	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
15	3.00	53.80	19.62	34.18	0.95	0.16	1.69	0.09	1.00	0.12
16	3.20	57.04	21.58	35.46	0.95	0.16	1.69	0.09	1.00	0.12
17	3.40	60.28	23.54	36.74	0.94	0.16	1.69	0.10	1.00	0.12
18	3.60	63.52	25.51	38.01	0.94	0.16	1.69	0.10	1.00	0.12
19	3.80	66.76	27.47	39.29	0.93	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
20	4.00	70.00	29.43	40.57	0.93	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
21	4.20	73.24	31.39	41.85	0.92	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
22	4.40	76.48	33.35	43.13	0.92	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
23	4.60	79.72	35.32	44.40	0.91	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
24	4.80	82.96	37.28	45.68	0.91	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
25	5.00	86.20	39.24	46.96	0.90	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
26	5.20	90.02	41.20	48.82	0.90	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
27	5.40	93.84	43.16	50.68	0.89	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
28	5.60	97.66	45.13	52.53	0.89	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
29	5.80	101.48	47.09	54.39	0.88	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
30	6.00	105.30	49.05	56.25	0.88	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
31	6.20	109.12	51.01	58.11	0.87	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
32	6.40	112.94	52.97	59.97	0.87	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
33	6.60	116.76	54.94	61.82	0.86	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
34	6.80	120.58	56.90	63.68	0.86	0.17	1.69	0.10	1.00	0.13
35	7.00	124.40	58.86	65.54	0.85	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
36	7.20	128.22	60.82	67.40	0.85	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
37	7.40	132.04	62.78	69.26	0.84	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
38	7.60	135.86	64.75	71.11	0.84	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
39	7.80	139.68	66.71	72.97	0.83	0.17	1.69	0.10	1.00	0.12
40	8.00	143.50	68.67	74.83	0.82	0.16	1.69	0.10	1.00	0.12
41	8.20	147.44	70.63	76.81	0.82	0.16	1.69	0.10	1.00	0.12
42	8.40	151.38	72.59	78.79	0.81	0.16	1.69	0.10	1.00	0.12
43	8.60	155.32	74.56	80.76	0.81	0.16	1.69	0.10	1.00	0.12
44	8.80	159.26	76.52	82.74	0.80	0.16	1.69	0.10	1.00	0.12
45	9.00	163.20	78.48	84.72	0.80	0.16	1.69	0.09	1.00	0.12
46	9.20	167.14	80.44	86.70	0.79	0.16	1.69	0.09	1.00	0.12
47	9.40	171.08	82.40	88.68	0.79	0.16	1.69	0.09	1.00	0.12
48	9.60	175.02	84.37	90.65	0.78	0.16	1.69	0.09	1.00	0.12
49	9.80	178.96	86.33	92.63	0.77	0.16	1.69	0.09	1.00	0.12
50	10.00	182.90	88.29	94.61	0.77	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
51	10.20	186.84	90.25	96.59	0.76	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
52	10.40	190.78	92.21	98.57	0.76	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
53	10.60	194.72	94.18	100.54	0.75	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
54	10.80	198.66	96.14	102.52	0.75	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
55	11.00	202.60	98.10	104.50	0.74	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11
56	11.20	206.54	100.06	106.48	0.74	0.15	1.69	0.09	1.00	0.11

## :: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r <sub>d</sub>	CSR	MSF	CSR <sub>eq,M=7.5</sub>	K <sub>sigma</sub>	CSR*
57	11.40	210.48	102.02	108.46	0.73	0.15	1.69	0.09	0.99	0.11
58	11.60	214.42	103.99	110.43	0.73	0.15	1.69	0.09	0.99	0.11
59	11.80	218.36	105.95	112.41	0.72	0.15	1.69	0.09	0.99	0.11
60	12.00	222.30	107.91	114.39	0.71	0.14	1.69	0.09	0.99	0.11
61	12.20	226.24	109.87	116.37	0.71	0.14	1.69	0.08	0.99	0.11
62	12.40	230.16	111.83	118.33	0.70	0.14	1.69	0.08	0.99	0.11
63	12.60	234.08	113.80	120.28	0.70	0.14	1.69	0.08	0.99	0.11
64	12.80	238.00	115.76	122.24	0.69	0.14	1.69	0.08	0.99	0.11
65	13.00	241.92	117.72	124.20	0.69	0.14	1.69	0.08	0.99	0.10
66	13.20	245.84	119.68	126.16	0.68	0.14	1.69	0.08	0.98	0.10
67	13.40	249.76	121.64	128.12	0.68	0.14	1.69	0.08	0.98	0.10
68	13.60	253.68	123.61	130.07	0.67	0.14	1.69	0.08	0.97	0.10
69	13.80	257.60	125.57	132.03	0.67	0.14	1.69	0.08	0.98	0.10
70	14.00	261.52	127.53	133.99	0.66	0.13	1.69	0.08	0.97	0.10
71	14.20	265.44	129.49	135.95	0.66	0.13	1.69	0.08	0.98	0.10
72	14.40	269.36	131.45	137.91	0.65	0.13	1.69	0.08	0.98	0.10
73	14.60	273.28	133.42	139.87	0.65	0.13	1.69	0.08	0.98	0.10
74	14.80	277.20	135.38	141.82	0.64	0.13	1.69	0.08	0.98	0.10
75	15.00	281.12	137.34	143.78	0.64	0.13	1.69	0.08	0.97	0.10
76	15.20	285.04	139.30	145.74	0.63	0.13	1.69	0.08	0.98	0.10
77	15.40	288.96	141.26	147.70	0.63	0.13	1.69	0.08	0.98	0.10
78	15.60	292.88	143.23	149.67	0.62	0.13	1.69	0.08	0.99	0.10
79	15.80	296.80	145.19	151.61	0.62	0.13	1.69	0.07	0.98	0.10
80	16.00	300.72	147.15	153.57	0.61	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
81	16.20	304.64	149.11	155.53	0.61	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
82	16.40	308.56	151.07	157.49	0.60	0.12	1.69	0.07	0.97	0.09
83	16.60	312.48	153.04	159.44	0.60	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
84	16.80	316.40	155.00	161.40	0.59	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
85	17.00	320.32	156.96	163.36	0.59	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
86	17.20	324.24	158.92	165.32	0.58	0.12	1.69	0.07	0.97	0.09
87	17.40	328.16	160.88	167.28	0.58	0.12	1.69	0.07	0.96	0.09
88	17.60	332.08	162.85	169.23	0.58	0.12	1.69	0.07	0.96	0.09
89	17.80	336.00	164.81	171.19	0.57	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
90	18.00	340.00	166.77	173.23	0.57	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
91	18.20	344.00	168.73	175.27	0.56	0.12	1.69	0.07	0.98	0.09
92	18.40	348.00	170.69	177.31	0.56	0.11	1.69	0.07	0.95	0.09
93	18.60	352.00	172.66	179.34	0.56	0.11	1.69	0.07	0.95	0.09
94	18.80	356.00	174.62	181.38	0.55	0.11	1.69	0.07	0.98	0.09
95	19.00	360.00	176.58	183.42	0.55	0.11	1.69	0.07	0.97	0.09
96	19.20	364.00	178.54	185.46	0.54	0.11	1.69	0.07	0.98	0.08
97	19.40	368.00	180.50	187.50	0.54	0.11	1.69	0.07	0.98	0.08
98	19.60	372.00	182.47	189.53	0.54	0.11	1.69	0.07	0.97	0.08
99	19.80	376.00	184.43	191.57	0.53	0.11	1.69	0.06	0.97	0.08
100	20.00	380.00	186.39	193.61	0.53	0.11	1.69	0.06	0.97	0.08

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)  
 Sigma : Total overburden pressure at test point, during earthquake (kPa)  
 u : Water pressure at test point, during earthquake (kPa)  
 Sigma' : Effective overburden pressure, during earthquake (kPa)  
 r<sub>d</sub> : Nonlinear shear mass factor  
 CSR : Cyclic Stress Ratio  
 MSF : Magnitude Scaling Factor  
 CSR<sub>eq,M=7.5</sub> : CSR adjusted for M=7.5  
 K<sub>sigma</sub> : Effective overburden stress factor  
 CSR\* : CSR fully adjusted



Cyclic Resistance Ratio calculation CRR<sub>7.5</sub> (continued) ::

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	I <sub>c</sub>	F (%)	n	q <sub>c1n</sub>	K <sub>c</sub>	q <sub>c1cs</sub>	CRR <sub>7.5</sub>
----------	-------------------------	----------------	----------	---	------------------	----------------	-------------------	--------------------

Cyclic Resistance Ratio calculation CRR<sub>7.5</sub> ::

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	I <sub>c</sub>	F (%)	n	q <sub>c1n</sub>	K <sub>c</sub>	q <sub>c1cs</sub>	CRR <sub>7.5</sub>
----------	-------------------------	----------------	----------	---	------------------	----------------	-------------------	--------------------

1	0.10	3.81	103.56	1.00	28.07	0.00	0.00	2.00
2	3.80	1.95	2.11	0.60	186.67	1.25	232.46	2.00
3	2.60	2.16	2.59	0.66	114.82	1.57	180.10	2.00
4	2.00	2.21	2.01	0.67	75.05	1.68	126.16	2.00
5	3.20	2.30	3.77	0.70	108.50	1.95	211.05	2.00
6	7.00	1.79	1.15	0.54	164.72	1.10	181.20	2.00
7	4.00	2.07	1.69	0.63	97.27	1.40	136.63	0.32
8	2.80	2.11	1.19	0.64	63.37	1.48	93.62	0.16
9	1.30	2.98	11.58	0.90	36.48	1.48	53.89	2.00
10	4.40	2.16	2.13	0.66	90.59	1.58	143.58	0.36
11	14.00	1.66	1.05	0.51	237.68	1.01	239.38	2.00
12	11.00	1.89	1.83	0.58	194.78	1.18	230.50	2.00
13	6.20	2.00	1.51	0.61	109.45	1.30	142.48	0.35
14	3.60	2.10	1.13	0.64	62.92	1.46	91.55	0.15
15	1.00	2.80	3.49	0.85	19.73	1.46	28.71	2.00
16	0.20	3.52	4.90	1.00	3.30	1.46	4.80	2.00
17	0.20	3.54	5.01	1.00	3.13	1.46	4.56	2.00
18	0.20	3.56	5.13	1.00	2.98	1.46	4.33	2.00
19	0.20	3.59	5.25	1.00	2.83	1.46	4.11	2.00
20	0.30	3.42	5.65	1.00	4.75	1.46	6.91	2.00
21	0.10	4.74	48.58	1.00	0.54	1.46	0.78	2.00
22	0.10	4.82	55.27	1.00	0.46	1.46	0.67	2.00
23	0.10	4.76	34.52	1.00	0.39	1.46	0.56	2.00
24	0.20	3.86	11.11	1.00	2.19	1.46	3.18	2.00
25	0.20	3.89	11.42	1.00	2.08	1.46	3.02	2.00
26	0.20	4.12	24.55	1.00	1.94	1.46	2.82	2.00
27	2.40	2.33	1.17	0.71	33.69	2.05	69.13	0.11
28	3.60	2.26	1.51	0.69	49.51	1.83	90.57	0.15
29	1.20	3.01	6.10	0.91	16.92	1.83	30.94	2.00
30	1.60	2.70	2.68	0.82	21.51	1.83	39.34	2.00
31	2.20	2.58	2.53	0.78	28.97	3.22	93.32	0.16
32	5.60	2.08	1.22	0.63	70.17	1.43	100.14	0.17
33	5.60	2.25	2.19	0.68	70.20	1.80	126.58	0.27
34	1.20	3.08	6.76	0.93	14.75	1.80	26.60	2.00
35	0.80	3.20	5.92	0.97	9.12	1.80	16.44	2.00
36	4.20	2.28	1.65	0.69	49.59	1.90	93.99	0.16
37	6.60	1.95	0.82	0.59	75.49	1.24	93.97	0.16
38	6.40	2.04	1.07	0.62	72.51	1.35	98.05	0.17
39	4.60	2.24	1.50	0.68	51.57	1.78	92.01	0.15
40	2.20	2.76	3.89	0.84	24.11	1.78	43.02	2.00
41	4.20	2.25	1.31	0.68	45.41	1.80	81.96	0.13
42	5.80	2.12	1.19	0.64	61.95	1.49	92.33	0.15
43	9.00	1.94	1.05	0.59	94.99	1.23	116.89	0.23
44	8.60	2.01	1.27	0.61	89.67	1.32	118.14	0.23
45	7.40	1.98	0.93	0.60	75.82	1.28	97.03	0.16
46	8.80	1.68	0.31	0.51	88.85	1.00	88.85	0.15
47	10.00	2.00	1.35	0.61	100.42	1.29	129.95	0.28
48	13.00	1.74	0.73	0.53	129.28	1.06	137.28	0.32
49	13.00	1.87	1.15	0.57	127.86	1.16	148.51	0.38
50	13.20	1.77	0.82	0.54	128.48	1.09	139.64	0.33
51	7.00	2.21	1.76	0.67	66.18	1.68	111.37	0.21
52	6.60	2.09	1.05	0.63	61.61	1.43	88.31	0.14

## Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	$q_c$ (MPa)	$q_{c1N,cs}$	$F_{SL}$	$e_v$ (%)	Settle. (cm)
----------	----------------	--------------	----------	--------------	-----------------

## Settlements calculation for saturated sands ::

point ID	$q_c$ (MPa)	$q_{c1N,cs}$	$F_{SL}$	$e_v$ (%)	Settle. (cm)
1	0.10	0.00	5.00	0.00	0.00
2	3.80	232.46	5.00	0.00	0.00
3	2.60	180.10	5.00	0.00	0.00
4	2.00	126.16	5.00	0.00	0.00
5	3.20	211.05	5.00	0.00	0.00
6	7.00	181.20	5.00	0.00	0.00
7	4.00	136.63	3.50	0.00	0.00
8	2.80	93.62	1.62	0.00	0.00
9	1.30	53.89	5.00	0.00	0.00
10	4.40	143.58	3.40	0.00	0.00
11	14.00	239.38	5.00	0.00	0.00
12	11.00	230.50	5.00	0.00	0.00
13	6.20	142.48	3.13	0.00	0.00
14	3.60	91.55	1.34	0.31	0.06
15	1.00	28.71	5.00	0.00	0.00
16	0.20	4.80	5.00	0.00	0.00
17	0.20	4.56	5.00	0.00	0.00
18	0.20	4.33	5.00	0.00	0.00
19	0.20	4.11	5.00	0.00	0.00
20	0.30	6.91	5.00	0.00	0.00
21	0.10	0.78	5.00	0.00	0.00
22	0.10	0.67	5.00	0.00	0.00
23	0.10	0.56	5.00	0.00	0.00
24	0.20	3.18	5.00	0.00	0.00
25	0.20	3.02	5.00	0.00	0.00
26	0.20	2.82	5.00	0.00	0.00
27	2.40	69.13	0.87	2.71	0.54
28	3.60	90.57	1.17	0.43	0.09
29	1.20	30.94	5.00	0.00	0.00
30	1.60	39.34	5.00	0.00	0.00
31	2.20	93.32	1.23	0.42	0.08
32	5.60	100.14	1.38	0.00	0.00
33	5.60	126.58	2.14	0.00	0.00
34	1.20	26.60	5.00	0.00	0.00
35	0.80	16.44	5.00	0.00	0.00
36	4.20	93.99	1.27	0.30	0.06
37	6.60	93.97	1.27	0.30	0.06
38	6.40	98.05	1.36	0.00	0.00
39	4.60	92.01	1.24	0.43	0.09
40	2.20	43.02	5.00	0.00	0.00
41	4.20	81.96	1.08	0.63	0.13
42	5.80	92.33	1.27	0.31	0.06
43	9.00	116.89	1.91	0.00	0.00
44	8.60	118.14	1.96	0.00	0.00
45	7.40	97.03	1.39	0.00	0.00
46	8.80	88.85	1.23	0.44	0.09
47	10.00	129.95	2.43	0.00	0.00
48	13.00	137.28	2.76	0.00	0.00
49	13.00	148.51	3.33	0.00	0.00
50	13.20	139.64	2.91	0.00	0.00
51	7.00	111.37	1.83	0.00	0.00
52	6.60	88.31	1.27	0.32	0.06

Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::

Point ID	F	W <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>	Point ID	F	W <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>
----------	---	----------------	----------------	----------	---	----------------	----------------

Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	W <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>	Point ID	F	W <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>
1	0.00	9.90	0.00	2	0.00	9.80	0.00
3	0.00	9.70	0.00	4	0.00	9.60	0.00
5	0.00	9.50	0.00	6	0.00	9.40	0.00
7	0.00	9.30	0.00	8	0.00	9.20	0.00
9	0.00	9.10	0.00	10	0.00	9.00	0.00
11	0.00	8.90	0.00	12	0.00	8.80	0.00
13	0.00	8.70	0.00	14	0.00	8.60	0.00
15	0.00	8.50	0.00	16	0.00	8.40	0.00
17	0.00	8.30	0.00	18	0.00	8.20	0.00
19	0.00	8.10	0.00	20	0.00	8.00	0.00
21	0.00	7.90	0.00	22	0.00	7.80	0.00
23	0.00	7.70	0.00	24	0.00	7.60	0.00
25	0.00	7.50	0.00	26	0.00	7.40	0.00
27	0.13	7.30	0.19	28	0.00	7.20	0.00
29	0.00	7.10	0.00	30	0.00	7.00	0.00
31	0.00	6.90	0.00	32	0.00	6.80	0.00
33	0.00	6.70	0.00	34	0.00	6.60	0.00
35	0.00	6.50	0.00	36	0.00	6.40	0.00
37	0.00	6.30	0.00	38	0.00	6.20	0.00
39	0.00	6.10	0.00	40	0.00	6.00	0.00
41	0.00	5.90	0.00	42	0.00	5.80	0.00
43	0.00	5.70	0.00	44	0.00	5.60	0.00
45	0.00	5.50	0.00	46	0.00	5.40	0.00
47	0.00	5.30	0.00	48	0.00	5.20	0.00
49	0.00	5.10	0.00	50	0.00	5.00	0.00
51	0.00	4.90	0.00	52	0.00	4.80	0.00
53	0.00	4.70	0.00	54	0.00	4.60	0.00
55	0.00	4.50	0.00	56	0.00	4.40	0.00
57	0.00	4.30	0.00	58	0.00	4.20	0.00
59	0.00	4.10	0.00	60	0.00	4.00	0.00
61	0.00	3.90	0.00	62	0.00	3.80	0.00
63	0.00	3.70	0.00	64	0.00	3.60	0.00
65	0.00	3.50	0.00	66	0.00	3.40	0.00
67	0.00	3.30	0.00	68	0.00	3.20	0.00
69	0.00	3.10	0.00	70	0.00	3.00	0.00
71	0.00	2.90	0.00	72	0.00	2.80	0.00
73	0.00	2.70	0.00	74	0.00	2.60	0.00
75	0.00	2.50	0.00	76	0.00	2.40	0.00
77	0.00	2.30	0.00	78	0.00	2.20	0.00
79	0.00	2.10	0.00	80	0.00	2.00	0.00
81	0.00	1.90	0.00	82	0.00	1.80	0.00
83	0.00	1.70	0.00	84	0.00	1.60	0.00
85	0.00	1.50	0.00	86	0.00	1.40	0.00
87	0.00	1.30	0.00	88	0.00	1.20	0.00
89	0.00	1.10	0.00	90	0.00	1.00	0.00
91	0.00	0.90	0.00	92	0.00	0.80	0.00
93	0.00	0.70	0.00	94	0.00	0.60	0.00
95	0.00	0.50	0.00	96	0.00	0.40	0.00
97	0.00	0.30	0.00	98	0.00	0.20	0.00
99	0.00	0.10	0.00	100	0.00	0.00	0.00



**:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::**

Point ID	F	w <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>
<b>Overall potential I<sub>L</sub> : 0.19</b>			

Point ID	F	w <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>
----------	---	----------------	----------------

I<sub>L</sub> = 0.00 - No liquefaction  
I<sub>L</sub> between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable  
I<sub>L</sub> between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable  
I<sub>L</sub> > 15.00 - Liquefaction certain

DELTAGEOLOGIA

studio

Dr. Thomas Veronese  
**GEOLOGO**

via Romea 80 - 44023 Vaccolino di Comacchio (FE)  
Tel. 0533-97105 . Tel. mob. 0335-5240380

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

**COMACCHIO**  
**Provincia di Ferrara**

**Ampliamento della scuola elementare Fattibello  
in via Trepponti a Comacchio (FE)**

Committente: **Comune di Comacchio**

Sede in: **Piazza Folegatti, n° 15  
44022 COMACCHIO (FE)  
C.F. e P.I. 00342190386**

**Studio DELTAGEOLOGIA**

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Geomeccanica; Stabilità dei versanti; Idrogeologia; Geochimica; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica ; Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Definizione dell'assetto geologico, geomorfologico, geodinamico e idrogeologico del territorio; Definizione dei Rischi Ambientali; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, subirrigazioni, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; Gestione e pianificazione territoriale.



INDICE:

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>3</b>
3.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVE PENETROMETRICHE STATICHE.....	4
3.2. ELABORAZIONE DATI.....	5
3.2.1. <i>Fondazioni profonde:</i> .....	5



## 1. PREMESSA

Con Determina di incarico del Dirigente n° 212 del 31/07/2001 (Prot. 3866 del 31/07/01), esecutiva dal 19/12/2001, il Comune di Comacchio, Settore LL.PP. ha dato compito al sottoscritto di redigere la relazione geologico-tecnica per il progetto di "Ampliamento della scuola elementare Fattibello" in via Trepponti a Comacchio (FE); in FIGURA 1 si riporta uno stralcio della C.T.R. con ubicazione dell'area di intervento.

## 2. Geomorfologia ed idrogeologia

Il sito di intervento ricade in un'area di transizione tra ambienti deposizionali di facies deltizia; questi sono gli ambienti litologicamente più disomogenei in quanto le condizioni idrodinamiche in cui si depositavano i sedimenti, variavano repentinamente in senso orizzontale, causando sottili stratificazioni lentiformi di termini litorologici di alta, di media e di bassa energia idrodinamica. In FIGURA 2 si riporta uno stralcio della carta geomorfologica della provincia di Ferrara.

Il paese di Comacchio è sorto storicamente su un dosso riconducibile alla linea di costa del II° sec. dopo Cristo. L'area di intervento ricade però fuori dal centro storico, in una zona allagata dalle acque fino a pochi decenni fa, bonificata per colmata.

A poche decine di metri dal sedime della scuola di progetto corre il canale Navigabile Migliarino-Porto Garibaldi, che, vista la vicinanza, condiziona i livelli di falda.

In data 10/05/2001 i livelli della superficie di falda sotto il sedime del fabbricato di progetto, erano attestati a profondità comprese tra -1,60m e -1,80m dal p.c..

Considerato che nell'area a) non ci sono canali di scolo per la regimazione della falda freatica, b) le litologie in affioramento sono sabbie permeabili, se ne deriva che i livelli della superficie freatica possono variare in funzione della climatologia e dei livelli d'acqua nel canale Navigabile, subendo significative variazioni rispetto a quanto misurato in data 10/05/2001.

## 3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Per verificare le caratteristiche geotecniche del sito sono state eseguite due prove penetrometriche statiche, ubicata nella FIGURA 3 come CPT1 e CPT2.

(Negli Allegati sono inserite, per la CPT eseguita, le seguenti schede: a) diagrammi di resistenza, b) valutazioni litologiche, c) tabelle parametri geotecnici.

Gli spessori di terreno sotto le fondazioni da prendere in particolare considerazione sono ricavati dalla formula di Meyerhof (1953):

$$H = 0,5 B \operatorname{tg} (45^\circ + \varphi/2)$$

dove H è la profondità a cui si spinge il cuneo di terreno solidale con la fondazione. Inoltre vanno valutate le resistenze alla punta presenti negli spessori di terreno in cui l'incremento di carico  $\Delta q$  è superiore al 10% del carico applicato in superficie, secondo gli andamenti riportati in FIGURA 4 dai grafici di Boussinesq per la stima del cosiddetto "volume significativo".



### 3.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Le prove CPT1 e CPT2 sono state spinte rispettivamente fino a -12m e -13m dall'attuale piano campagna. L'esecuzione è avvenuta con un Penetrometro Statico Olandese tipo Gouda (tipo meccanico), con dispositivo idraulico di spinta da 10 t. fornito di punta telescopica tipo "Begemann" per il rilievo della resistenza alla punta  $R_p$  e dell'attrito laterale locale  $R_l$ , avente un'area di  $10 \text{ cm}^2$ , angolo  $60^\circ$ , velocità di avanzamento  $2 \text{ cm/sec}$ .

Nel lotto di intervento si sono rilevati dal p.c. fino a -2,0/-2,2m dal p.c. probabili terreni di riporto, sabbiosi, a diverso grado di addensamento, dotati di  $R_p$  variabili; per la CPT1 si sono misurate  $R_p$  medie di  $27,7 \text{ kg/cm}^2$ , mentre per la CPT2 si sono misurate  $R_p$  medie di  $27,7 \text{ kg/cm}^2$ . Seguono fino a -5,2/-5,4m dal p.c. terreni a bassissime  $R_p$ , mediamente  $3,6 \text{ kg/cm}^2$ , con minimi di  $2 \text{ kg/cm}^2$ , ascrivibili a argille limose organiche molli. Da -5,2/-5,4 fino a -8,0/-8,2m dal p.c. si rileva un banco con  $R_p$  medie di  $53,7 \text{ kg/cm}^2$  (CPT1) e  $62,2 \text{ kg/cm}^2$  (CPT2). Queste sabbie sono interrotte tra -8,0/-8,2 e -8,6/-8,8 m dal p.c. da un livello coesivo, dotato di buone caratteristiche geotecniche. Da -8,8/-8,6m dal p.c. fino a -13m si rilevano sabbie, con  $R_p$  medie di  $71 \text{ kg/cm}^2$  (CPT1) e  $61,7 \text{ kg/cm}^2$  (CPT2).

Si allegano i diagrammi delle resistenze dal cui confronto si possono evincere le differenze di comportamento dei terreni nei vari strati incontrati. Nei **diagrammi di resistenza** relativi alle prove statiche sono riportati, per ogni 20 cm di avanzamento, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro ( $R_p$  in  $\text{Kg/cm}^2$ ), i valori di resistenza di attrito laterale locale ( $R_l$  in  $\text{kg/cm}^2$ ) ed i valori del rapporto di Begemann  $R_p/R_l$  che permettono una stima della granulometria dei terreni attraversati. Nelle colonne stratigrafiche, redatte in base al diagramma di Schmerton relativo al rapporto  $R_p/(R_p/R_l)$ , sono evidenziate le successioni litologiche incontrate nel corso delle prove. Sono inoltre riportate le **valutazioni litologiche** basate sul rapporto  $R_p/R_l$  secondo Begemann (1965) e secondo le raccomandazioni A.G.I. (1977), insieme alle valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978) ricavate dai valori di  $R_p$  e  $FR = (R_l/R_p)\%$  (vedi anche legenda allegata). Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati delle penetrometrie statiche sono riportate in tabelle (**parametri geotecnici**). Nelle tabelle viene fatta distinzione fra i terreni di natura coesiva e quelli di natura granulare. Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro  $R_p$  ( $\text{kg/cm}^2$ ), del rapporto  $R_p/R_l$ , del peso di volume  $\gamma'$  ( $\text{t/m}^3$ ), della tensione verticale geostatica del terreno  $\sigma'$  ( $\text{t/m}^3$ ), della coesione non drenata ( $C_u$   $\text{kg/cm}^2$ ), del grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati  $E_{u50}$  ed  $E_{u25}$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico  $M_o$  ( $\text{kg/cm}^2$ ). Per i terreni di natura granulare vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro  $R_p$  ( $\text{kg/cm}^2$ ), della densità relativa  $D_r$  (%), dell'angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ , dell'accelerazione al suolo che può causare liquefazione  $A_{max}/g$  con  $g$ = accelerazione di gravità, dei moduli di deformazione drenati  $E'_{50}$  ed  $E'_{25}$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) e del modulo di deformazione edometrico  $M_o$  ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Nella legenda allegata vi sono ulteriori informazioni sui parametri geotecnici e sugli autori. Segue una tabella con la parametrizzazione geotecnica dei terreni investigati con le CPT:



**CPT1 STRATIGRAFIA GEOTECNICA SEMPLIFICATA** falda -1,60m dal p.c.

strato (m dal p.c.)	Rp media (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp min. (kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu media (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Dr. %	$\phi_{my}$
0.2 - 2.2	40	12	1.88	0.32	108	53.3	22°
2.2 - 5.2	3.8	3	1.63	0.19	16.5	--	--
5.2 - 8.2	53.7	24	1.93	0.74	87.5	--	--
8.2 - 8.6	17.5	17	1.94	0.74	87.5	--	--
8.6 - 12	71	16	1.96	--	213	57	32°

**CPT2 STRATIGRAFIA GEOTECNICA SEMPLIFICATA** falda -1,80m dal p.c.

strato (m dal p.c.)	Rp media (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp min. (kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu media (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Dr. %	$\phi_{my}$
0.2 - 2.0	27.7	9	1.88	0.29	72.5	42.2	20°
2.0 - 5.4	3.6	2	1.73	0.18	17.4	--	--
5.4 - 8.0	62.2	17	1.95	--	182.5	59.6	29° 4
8.0 - 8.8	22	10	1.90	0.57	72.5	22	26°
8.8 - 13	61.7	17	1.94	--	182.6	48.3	30°

- tabella a)

### 3.2. ELABORAZIONE DATI

Le caratteristiche geotecniche rilevate nei terreni di fondazione sconsigliano l'uso di fondazioni dirette, facendo optare per la soluzione di fondazioni profonde, cioè pali, che trasferiscano i carichi del fabbricato di progetto in strati con caratteristiche migliori di quelli superficiali.

#### 3.2.1. Fondazioni profonde:

##### 1) Pali di fondazione vibrati

Il diametro di punta del palo prefabbricato può variare. Si ipotizza l'utilizzo dei pali con diametro alla punta  $\phi$  20 cm con conicità di 1,5 cm/m. La profondità del piano di posa può essere scelta da -6m dal p.c. a -9 m, a seconda dell'entità dei carichi da trasmettere. La modesta dimensione dell'intervento fa presumere che questo intervallo di profondità sia sufficiente.

Per il calcolo della capacità portante si utilizzano direttamente i risultati della prova penetrometrica statica tramite software di calcolo (WIN-CPT); tale software richiede di introdurre i seguenti dati:

diametro di punta  $D_p=20\text{cm}$

conicità del palo  $C = 1,5\text{cm/m}$

contributo di attrito laterale conteggiato da -0,50m dal p.c. attuale in giù.

Piano di infissione del palo  $H_p$  variabile da -6,0m dal p.c. a -9,0m.

Fattore di sicurezza  $F = 2,5$ .



Calcolando il contributo dell'interazione di ogni 20 cm di lunghezza di palo con il terreno, e calcolando il contributo della portanza di punta, si ottiene:

- $q$  (kg/cm<sup>2</sup>) = pressione limite alla punta, valutata mediante opportune medie ponderate nell'ambito di uno spessore 4D sotto e 8D sopra la punta.
- $Q_p(t) = q A_p$  = portata limite alla punta; pari al prodotto della pressione limite  $q$  per l'area alla punta del palo  $A_p$ .
- $Q_L(t) = \sum \tau \delta S$  = portata limite laterale; ove  $\tau$  corrisponde all'involuppo minimo di Rl lungo i vari tratti di superficie laterale  $\delta S$ .
- $Q_c(t) = \sum \sigma \delta A$  = portata limite conicità; ove  $\sigma$  corrisponde all'involuppo minimo di  $R_p$  relativamente ai vari incrementi di sezione del palo  $\delta A$  per effetto conicità.
- $Q_t(t) = Q_p + Q_L + Q_c$  = portata limite totale.
- $Q_a(t) = (Q_p + Q_L + Q_c) / F$  = portata ammissibile palo isolato ( $F$  = coefficiente di sicurezza)

Le portate di punta, laterali e di conicità, il fattore di sicurezza, ed la portata ammissibile sono riassunti nella seguente tabella:

prova penetrometrica statica CPT 1 - PALO  $\Phi_{punta}$  200mm

Df Profondità di posa del palo $\Phi$ 200	portata limite di punta (tonn)	portata limite laterale (tonn)	Portata limite conicità (tonn)	Fattore di sicurezza F	portata ammissibile palo (tonn)
-6,0m da p.c.	10.26	8.52	1.26	2.5	<b>8.02</b>
-7.0m da p.c.	13.79	11.82	1.54	2.5	<b>10.86</b>
-8.0m dal p.c.	6.79	16.24	3.94	2.5	<b>10.79</b>
-9.0m dal p.c.	16.62	19.98	6.07	2.5	<b>17.07</b>

prova penetrometrica statica CPT 2 - PALO  $\Phi_{punta}$  200mm

Df Profondità di posa del palo $\Phi$ 200	portata limite di punta (tonn)	portata limite laterale (tonn)	portata limite conicità (tonn)	Fattore di sicurezza F	portata ammissibile palo (tonn)
-6,0m da p.c.	11.47	4.26	1.01	2.5	<b>6.70</b>
-7.0m da p.c.	13.39	6.45	1.30	2.5	<b>8.46</b>
-8.0m da p.c.	5.72	12.35	2.25	2.5	<b>8.12</b>
-9.0m dal p.c.	11.26	17.76	4.69	2.5	<b>13.48</b>

- Tabella b)

Naturalmente all'aumento dei diametri di punta, e quindi delle superfici laterali, aumentano di conseguenza le capacità portanti dei pali.

Il carico ammissibile per il palo in esempio è dato dalla capacità portante del terreno diviso un fattore di sicurezza, prescritto per Legge (D.M. 11/3/88, Capo C.5.3., comma 3°) in un valore non inferiore a 2,5 se il calcolo è avvenuto con metodi teorici.

Nel caso in esempio si è scelto un fattore di sicurezza = 2,5.

Il calcolo eseguito vale per Palo singolo, distante almeno 3 diametri dall'interasse dei pali vicini, inoltre si prescinde dal contributo di capacità fornito da eventuali strutture di

collegamento poste alla testa dei pali e direttamente poggianti sul terreno. Una volta nota la geometria della disposizione della palificata se ne può calcolare anche l'efficienza.

Il metodo più sicuro e preciso per il calcolo della capacità portante del complesso Palo-terreno rimane comunque la sperimentazione diretta su pali di prova.

La profondità della falda obbliga a tenere conto che in caso si utilizzino pali in legno, una porzione in testa dei medesimi rimane fuori falda, esponendosi così a deterioramento a lungo termine. Nel caso del loro uso si adottino opportuni trattamenti, e si prediligano legni resinosi.

I valori forniti fin qui sono indicativi, ed hanno lo scopo di aiutare le scelte progettuali e la stima dei computi economici. E' chiaro che si rimanda alla fase esecutiva il calcolo più dettagliato e la scelta definitiva delle tipologie di pali di fondazione; tale ultima fase deve avvenire in collaborazione con la ditta esecutrice dei pali, che a seconda delle tipologie costruttive, fornirà le varianti di calcolo necessarie.

N.B. Il carico ammissibile  $q_{amm}$  deve essere comprensivo di:

- Carico permanente: peso della struttura e di tutti gli elementi a essa permanentemente solidali.
- Carico accidentale: qualsiasi carico non gravante in permanenza sulla struttura, ma al quale la struttura può essere soggetta.
- Carico neve. agisce sulle coperture.
- Carico vento: agisce sulle parti esposte della struttura.

Vaccolino di Comacchio, lì 08/01/2002

Dott. Geologo

Thomas Veronese





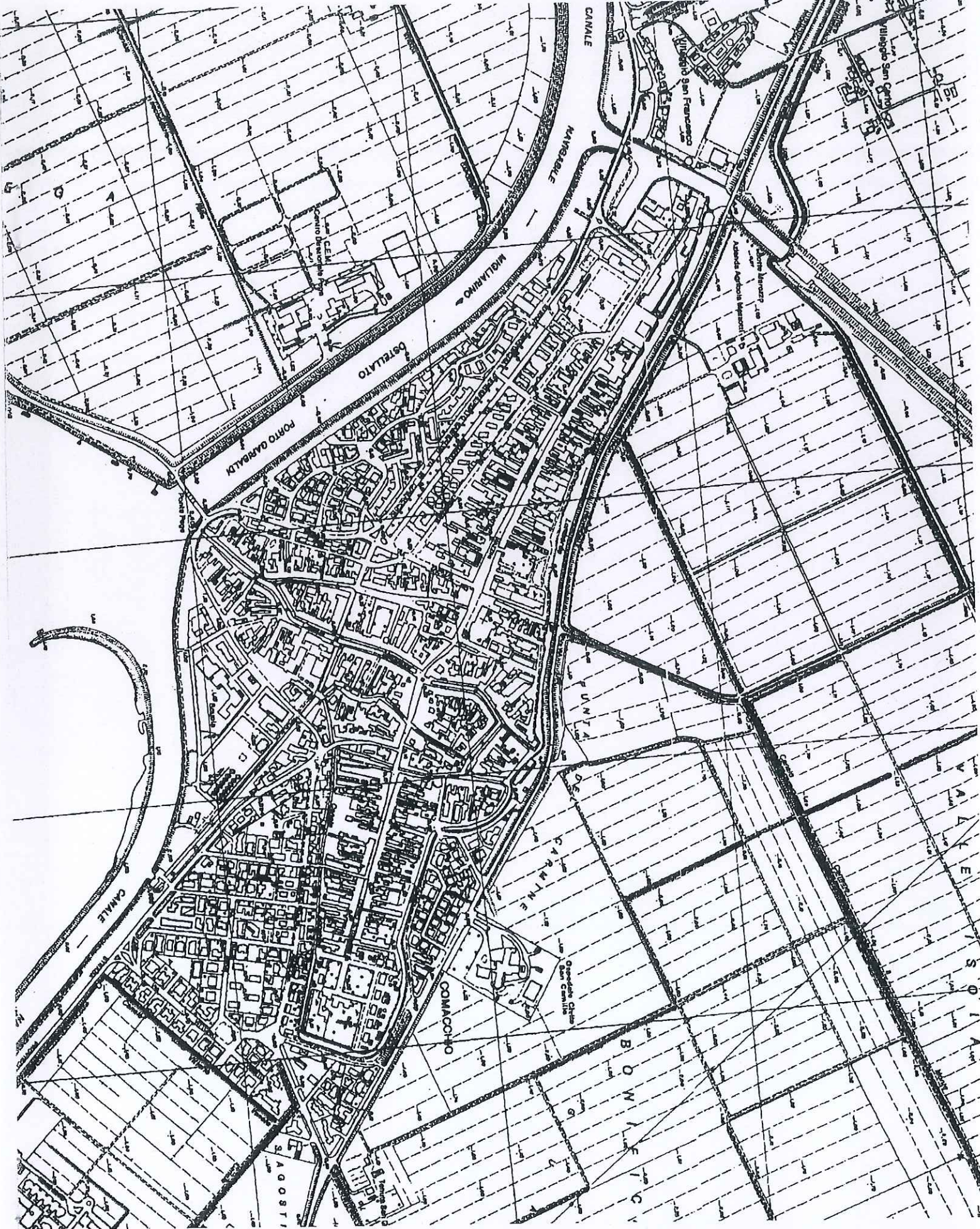


FIGURA 1 – Ubicazione area di intervento a Comacchio (FE)

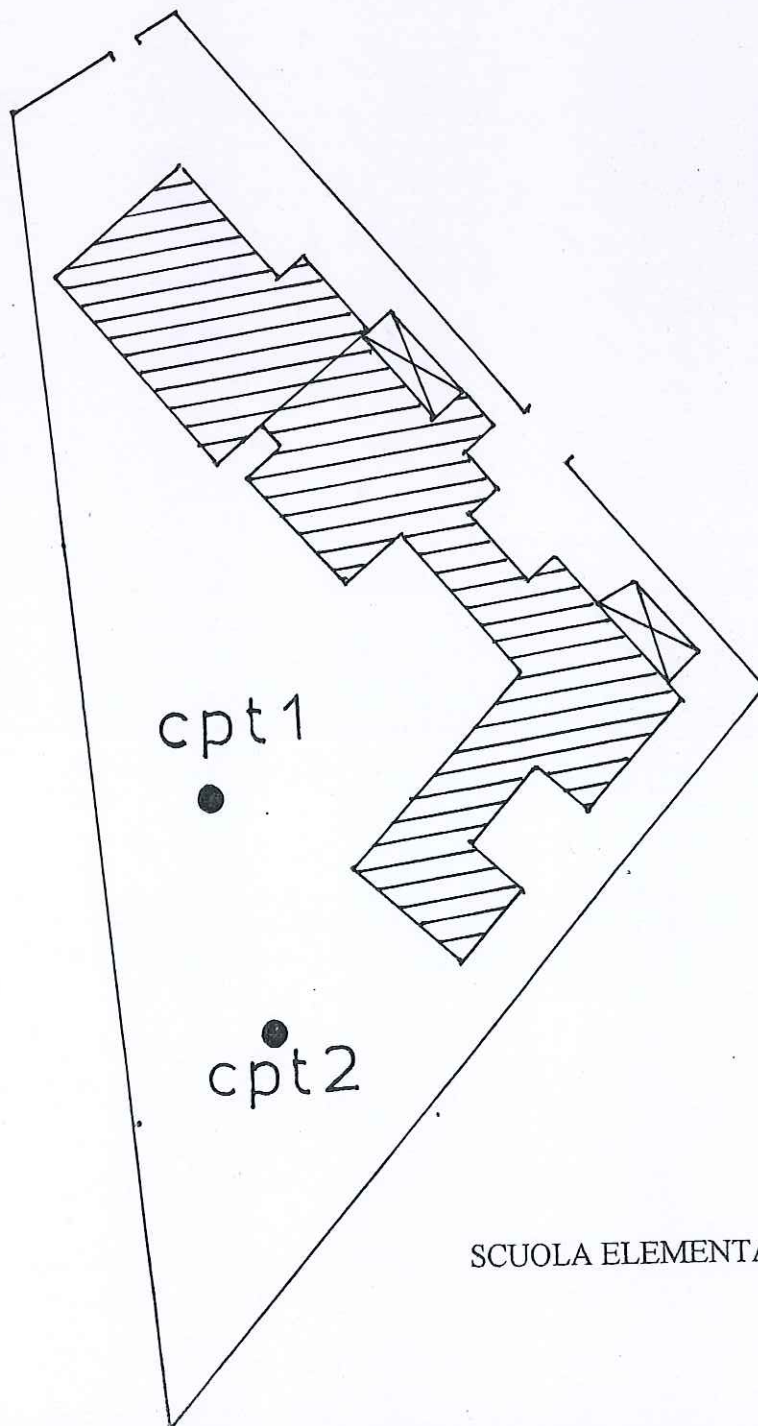
C.T.R. scala 1:5.000





FIGURA 3 – planimetria dell'area di intervento su cui è in progetto l'ampliamento della scuola elementare Fattibello.

- cpt 1 Ubicazione prove penetrometriche statiche



SCUOLA ELEMENTARE FATTIBELLO



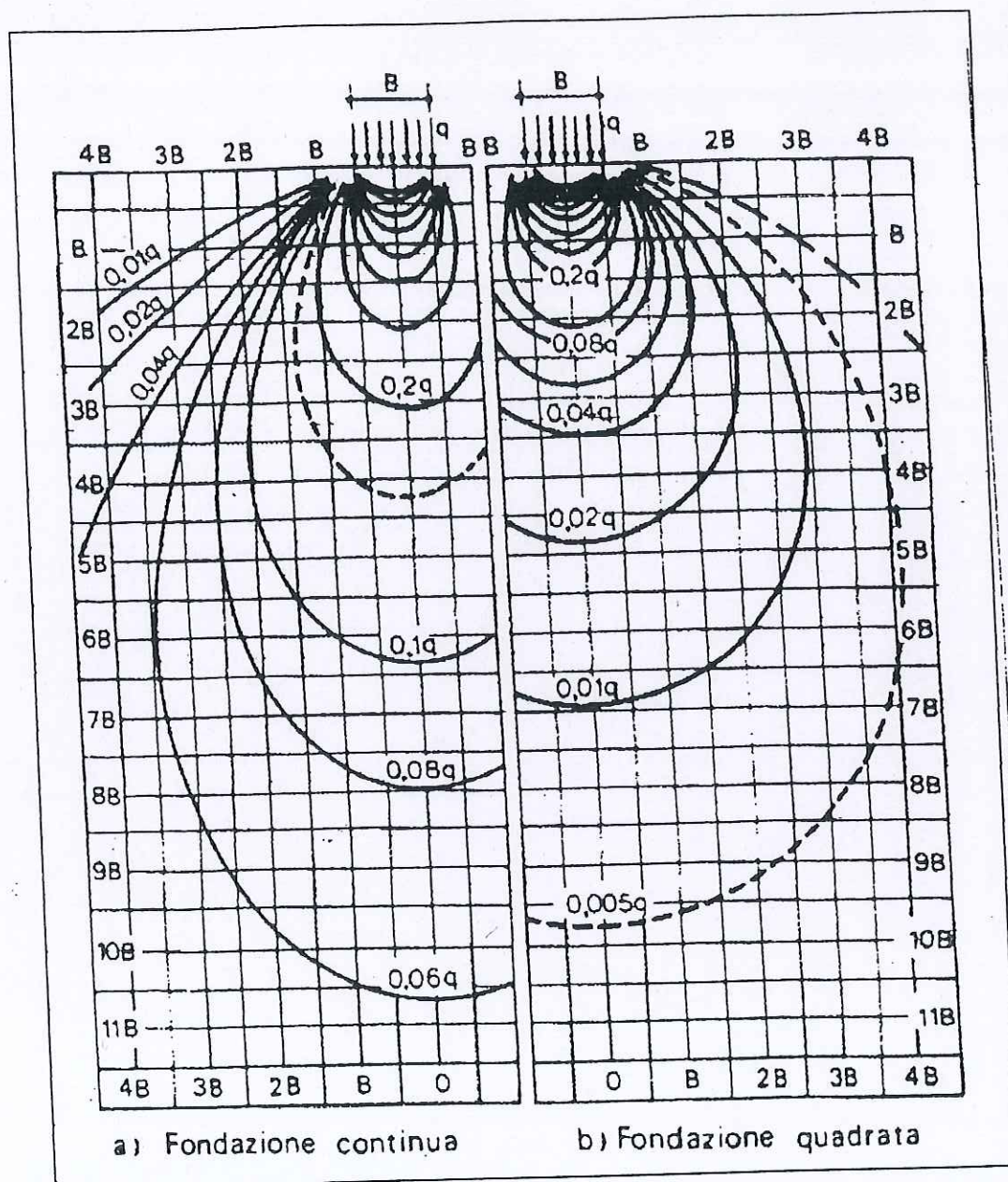


FIGURA 4: Distribuzione secondo la teoria di Boussinesq delle pressioni verticali nel terreno. Con questo abacho si stima la profondità del banco comprimibile  $H_c$  in funzione della geometria della fondazione.

# ALLEGATI

Schede di elaborazione prove CPT (cone penetration test)

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

### PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - (area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta  $R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale  $R_L \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale  $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta  $S \text{ (Kg)}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $R_L$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$



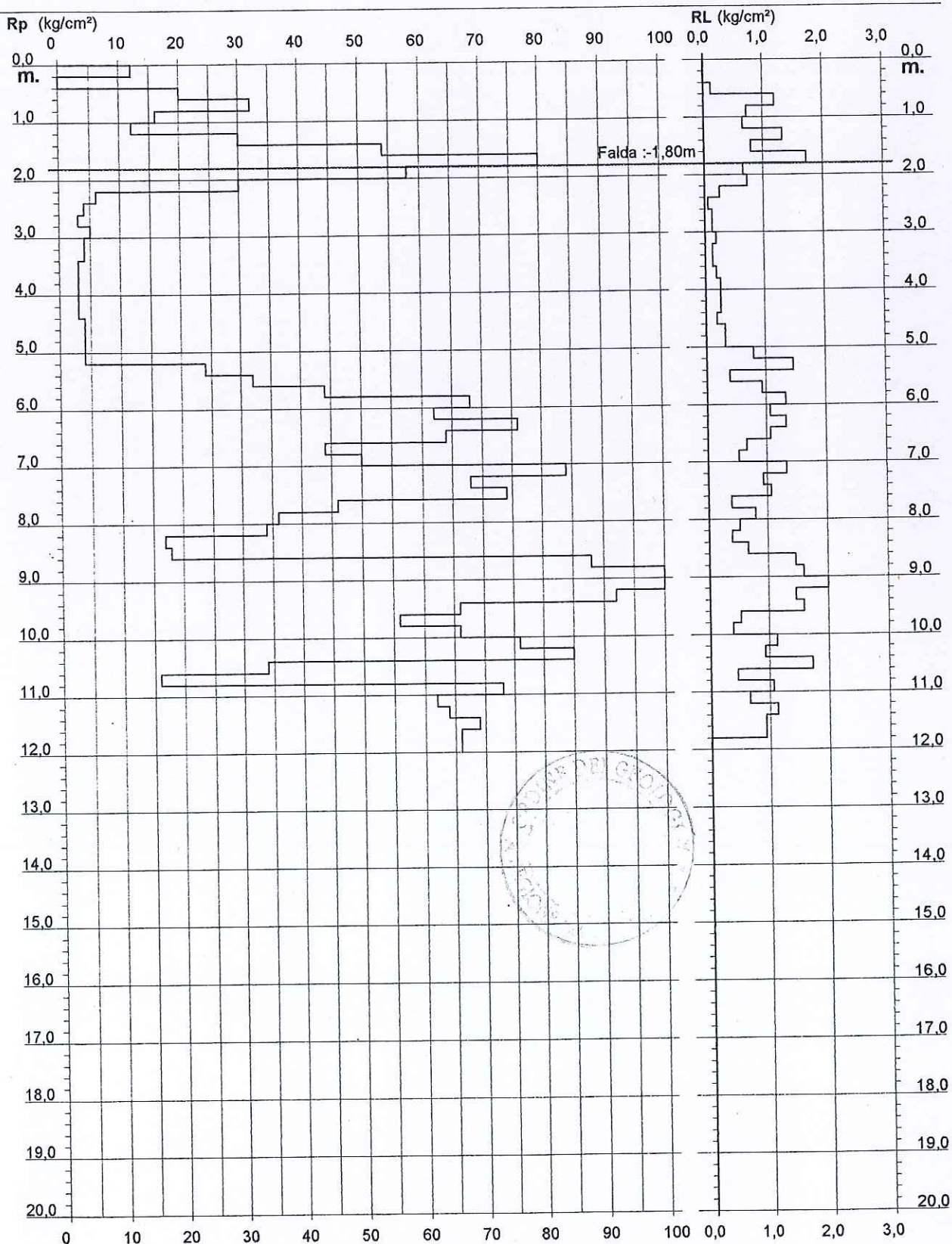
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : edificio scolastico  
- località : Comacchio (FE)

- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,80 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



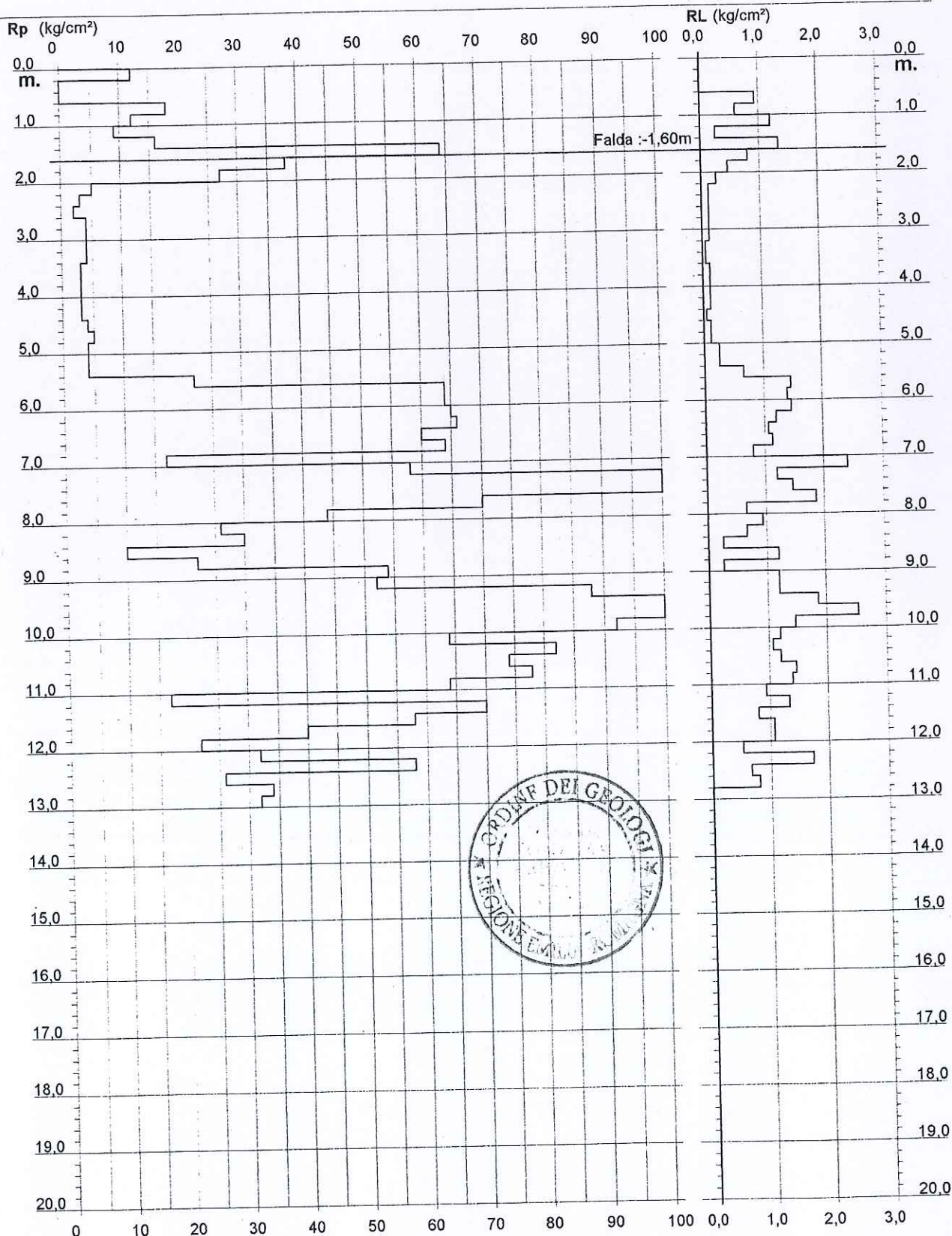
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : edificio scolastico  
- località : Comacchio (FE)

- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,60 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100





## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (R_p / R_L)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = R_p / R_L$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di  $R_p$  e di  $FR = (R_L / R_p) \% :$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

## CPT 1

2.010496-028

- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,80 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100





# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : edificio scolastico  
- località : Comacchio (FE)  
- note :

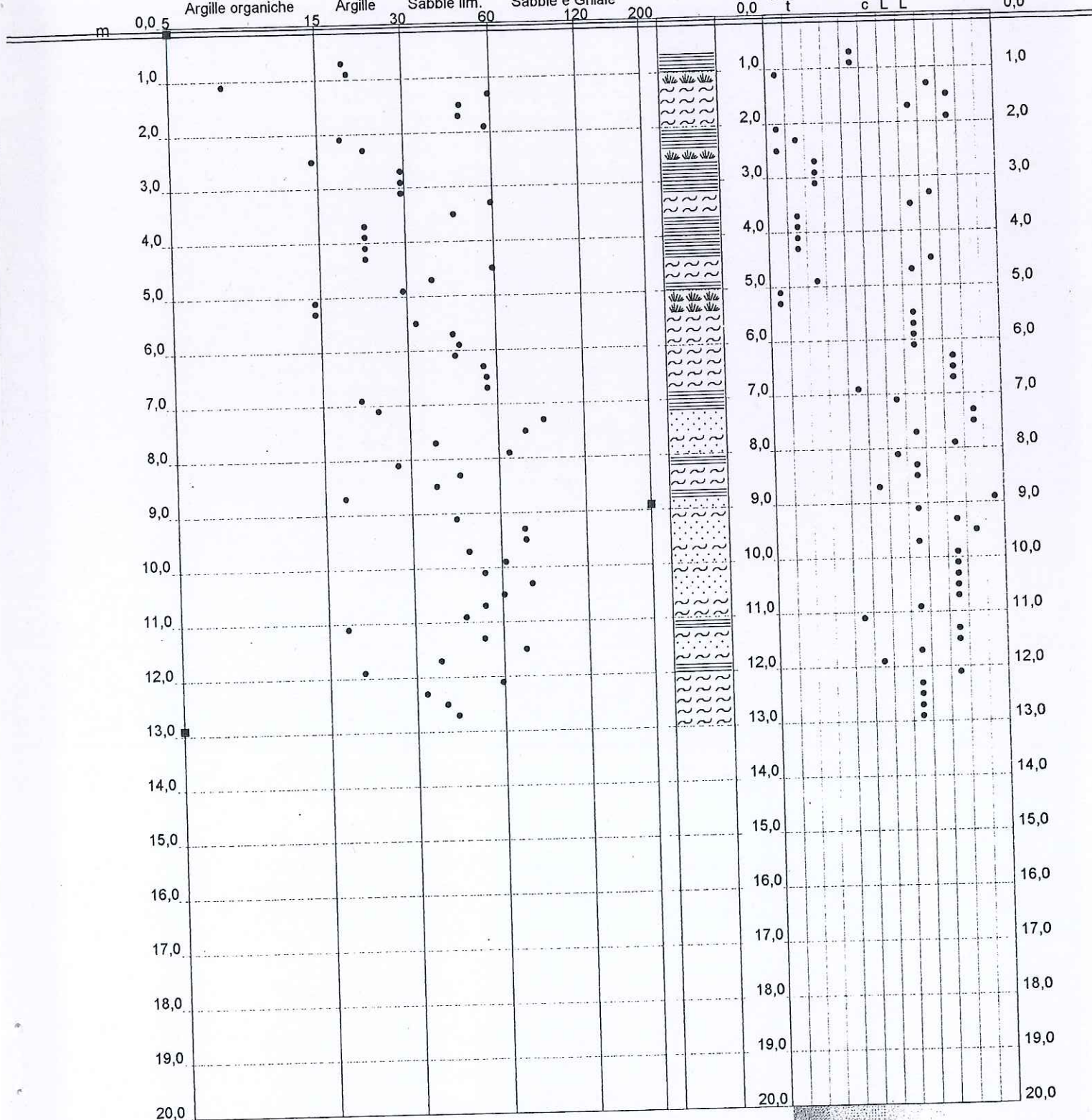
- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,60 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100

Rp/RL (Litologia Begemann 1965 A.G.I. 1977)

Torbe ed  
Argille organiche 15  
Limi ed  
Argille 30  
Limi sabb.  
Sabbie lim. 60  
Sabbie e  
Sabbie e Ghiaie 120 200

Rp - RL/Rp (Litologia Schmertmann 1978)

A A A A A A S S S S S  
O t t m c c c L L s s m d C





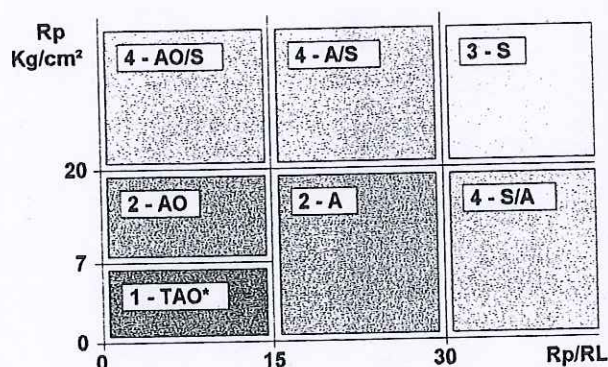
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $R_p / R_L$   
( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI anche se  $( R_p / R_L ) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI anche se  $( R_p / R_L ) < 30$



### NATURA LITOLOGICA.

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $R_p$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $R_p$  ]
- $OCR$  = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $OCR$  -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  -  $OCR$  -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $R_p$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $R_p$  - natura ]  
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\phi'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi'_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata  
 $\phi'_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\phi'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.  
 $\phi'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\phi'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- $A_{max}$  = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g)$  -  $D_r$  ]



# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : edificio scolastico  
- località : Comacchio (FE)  
- note :

- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,80 m da quota inizio  
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	12	--	2/III	1,85	0,04	0,57	99,9	97	146	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	20	150	4/I	1,85	0,11	0,80	74,1	136	204	100	70	38	40	42	44	40	27	0,160	33	50	60
0,80	32	27	4/I	1,85	0,15	1,07	74,1	181	272	160	79	39	41	43	44	40	29	0,188	53	80	96
1,00	16	22	2/III	1,85	0,19	0,70	32,9	118	177	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	12	18	2/III	1,85	0,22	0,57	20,5	97	146	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	30	22	4/I	1,85	0,26	1,00	34,0	170	255	150	64	37	39	41	43	38	29	0,140	50	75	90
1,60	54	67	3/III	1,85	0,30	--	--	--	--	--	81	39	41	43	44	40	31	0,192	90	135	162
1,80	80	46	3/III	0,97	0,32	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	41	33	0,232	133	200	240
2,00	58	87	3/III	0,93	0,33	--	--	--	--	--	80	39	41	43	44	40	31	0,190	97	145	174
2,20	30	41	3/III	0,88	0,35	--	--	--	--	--	56	36	38	40	42	36	29	0,120	50	75	90
2,40	6	22	2/III	0,82	0,37	0,30	4,9	102	153	30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	4	60	4/I	0,80	0,38	0,20	2,8	102	153	20	--	28	31	35	38	25	25	--	7	10	12
2,80	3	22	2/III	0,76	0,40	0,15	1,8	85	128	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	5	37	4/I	0,81	0,42	0,25	3,3	116	175	25	--	28	31	35	38	25	25	--	8	13	15
3,20	4	20	2/III	0,78	0,43	0,20	2,4	107	161	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	4	30	4/I	0,80	0,45	0,20	2,3	109	163	20	--	28	31	35	38	25	25	--	7	10	12
3,60	3	22	2/III	0,76	0,46	0,15	1,5	87	131	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	3	15	1/III	0,46	0,47	0,15	1,5	19	28	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	3	11	1/III	0,46	0,48	0,15	1,5	19	28	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	3	11	1/III	0,46	0,49	0,15	1,4	19	29	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	3	11	1/III	0,46	0,50	0,15	1,4	19	29	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	4	20	2/III	0,78	0,51	0,20	1,9	113	169	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	4	12	1/III	0,46	0,52	0,20	1,9	24	36	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	4	12	1/III	0,46	0,53	0,20	1,8	24	37	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	4	5	1/III	0,46	0,54	0,20	1,8	25	37	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	24	16	4/I	0,94	0,56	0,89	11,2	151	227	120	37	33	36	38	41	32	28	0,073	40	60	72
5,60	32	80	3/III	0,88	0,58	--	--	--	--	--	46	34	37	39	42	34	29	0,095	53	80	96
5,80	44	47	3/III	0,91	0,60	--	--	--	--	--	56	36	38	40	43	35	31	0,121	73	110	132
6,00	68	51	3/III	0,95	0,62	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	38	32	0,161	113	170	204
6,20	62	58	3/III	0,94	0,63	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	37	32	0,149	103	155	186
6,40	76	57	3/III	0,96	0,65	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	38	33	0,168	127	190	228
6,60	64	60	3/III	0,94	0,67	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	37	32	0,148	107	160	192
6,80	44	66	3/III	0,91	0,69	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	31	0,111	73	110	132
7,00	50	94	3/III	0,92	0,71	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	35	31	0,121	83	125	150
7,20	84	63	3/III	0,97	0,73	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	38	33	0,170	140	210	252
7,40	68	73	3/III	0,95	0,75	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	32	0,147	113	170	204
7,60	74	69	3/III	0,96	0,77	--	--	--	--	--	68	38	39	41	43	37	32	0,154	123	185	222
7,80	46	115	3/III	0,91	0,78	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	34	31	0,107	77	115	138
8,00	36	45	3/III	0,89	0,80	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	33	30	0,085	60	90	108
8,20	34	64	3/III	0,89	0,82	--	--	--	--	--	40	34	36	39	41	32	29	0,079	57	85	102
8,40	17	42	4/I	0,91	0,84	0,72	5,2	230	344	85	15	30	33	36	39	28	27	0,030	28	43	51
8,60	18	27	2/III	0,98	0,86	0,75	5,3	234	351	90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	88	60	3/III	0,98	0,88	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	33	0,161	147	220	264
9,00	110	69	3/III	1,02	0,90	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	38	34	0,183	183	275	330
9,20	120	60	3/III	1,03	0,92	--	--	--	--	--	80	39	41	43	44	38	35	0,191	200	300	360
9,40	92	63	3/III	0,99	0,94	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	33	0,161	153	230	276
9,60	66	41	3/III	0,94	0,96	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	35	32	0,127	110	165	198
9,80	56	105	3/III	0,93	0,98	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	31	0,111	93	140	168
10,00	66	165	3/III	0,94	0,99	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	35	32	0,125	110	165	198
10,20	76	67	3/III	0,96	1,01	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	35	33	0,137	127	190	228
10,40	85	91	3/III	0,98	1,03	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	33	0,146	142	213	255
10,60	34	20	4/I	0,98	1,05	1,13	6,9	266	398	170	34	33	35	38	41	31	29	0,066	57	85	102
10,80	16	34	4/I	0,90	1,07	0,70	3,7	302	453	80	7	29	32	35	39	26	27	0,016	27	40	48
11,00	73	68	3/III	0,96	1,09	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	35	32	0,128	122	183	219
11,20	62	93	3/III	0,94	1,11	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	32	0,112	103	155	186
11,40	64	56	3/III	0,94	1,13	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	34	32	0,114	107	160	192
11,60	69	74	3/III	0,95	1,15	--	--	--	--	--	56	36	38	40	42	34	32	0,119	115	173	207
11,80	66	71	3/III	0,94	1,16	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	34	32	0,114	110	165	198
12,00	66	--	3/III	0,94	1,18	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	34	32	0,113	110	165	198



# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : edificio scolastico  
- località : Comacchio (FE)  
- note :

- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,60 m da quota inizio  
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	12	-	2/III	1,85	0,04	0,57	99,9	97	146	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	???	1,85	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	-	-	???	1,85	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	18	19	2/III	1,85	0,15	0,75	47,7	128	191	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	12	20	2/III	1,85	0,19	0,57	25,7	97	146	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	9	7	2/III	1,85	0,22	0,45	15,2	77	115	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,40	16	60	4/II	1,85	0,26	0,70	21,6	118	177	80	42	34	36	39	41	34	27	0,084	27	40	48
1,60	64	48	3/III	0,94	0,28	-	-	-	-	-	88	40	42	43	45	41	32	0,216	107	160	192
1,80	38	47	3/III	0,90	0,30	-	-	-	-	-	68	38	39	41	43	38	30	0,155	63	95	114
2,00	27	58	3/III	0,87	0,31	-	-	-	-	-	55	36	38	40	42	36	28	0,118	45	68	81
2,20	5	19	2/III	0,80	0,33	0,25	4,5	92	138	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,40	3	22	2/III	0,76	0,34	0,15	2,2	82	123	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,60	2	15	1***	0,46	0,35	0,10	1,3	13	19	7	-	-	-	-	-	-	-	-	7	10	12
2,80	4	30	4/II	0,80	0,37	0,20	2,9	100	150	20	-	28	31	35	38	25	25	-	7	10	12
3,00	4	30	4/II	0,80	0,39	0,20	2,8	102	153	20	-	28	31	35	38	25	25	-	7	10	12
3,20	4	30	4/II	0,80	0,40	0,20	2,6	104	156	20	-	28	31	35	38	25	25	-	7	10	12
3,40	4	60	4/II	0,80	0,42	0,20	2,5	106	159	20	-	28	31	35	38	25	25	-	5	8	9
3,60	3	45	4/II	0,78	0,43	0,15	1,7	86	130	15	-	28	31	35	38	25	25	-	-	-	-
3,80	3	22	2/III	0,76	0,45	0,15	1,6	87	130	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,00	3	22	2/III	0,76	0,46	0,15	1,5	87	131	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,20	3	22	2/III	0,76	0,48	0,15	1,5	88	131	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,40	3	22	2/III	0,76	0,49	0,15	1,4	88	132	15	-	-	-	-	-	-	-	-	7	10	12
4,60	4	60	4/II	0,80	0,51	0,20	2,0	113	169	25	-	28	31	35	38	25	25	-	8	13	15
4,80	5	37	4/II	0,81	0,53	0,25	2,5	133	199	25	-	28	31	35	38	25	25	-	7	10	12
5,00	4	30	4/II	0,80	0,54	0,20	1,8	114	171	20	-	28	31	35	38	25	25	-	-	-	-
5,20	4	15	1***	0,46	0,55	0,20	1,8	25	37	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	4	15	1***	0,46	0,56	0,20	1,7	25	37	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	22	33	3/III	0,86	0,58	-	-	-	-	-	33	33	35	38	41	32	28	0,065	37	55	66
5,80	64	44	3/III	0,94	0,60	-	-	-	-	-	69	38	40	41	44	37	32	0,157	107	160	192
6,00	64	46	3/III	0,94	0,61	-	-	-	-	-	69	38	39	41	43	37	32	0,155	107	160	192
6,20	65	44	3/III	0,94	0,63	-	-	-	-	-	68	38	39	41	43	37	32	0,154	108	163	195
6,40	66	55	3/III	0,94	0,65	-	-	-	-	-	68	38	39	41	43	37	32	0,154	110	165	198
6,60	60	56	3/III	0,93	0,67	-	-	-	-	-	64	37	39	41	43	36	32	0,142	100	150	180
6,80	64	56	3/III	0,94	0,69	-	-	-	-	-	66	37	39	41	43	37	32	0,147	107	160	192
7,00	17	21	2/III	0,97	0,71	0,72	6,4	183	275	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	58	24	4/II	1,02	0,73	1,93	21,2	329	493	290	61	37	39	41	43	36	31	0,133	97	145	174
7,40	104	87	3/III	1,01	0,75	-	-	-	-	-	80	39	41	43	44	39	34	0,191	173	260	312
7,60	110	75	3/III	1,02	0,77	-	-	-	-	-	82	39	41	43	45	39	34	0,195	183	275	330
7,80	70	37	3/III	0,95	0,79	-	-	-	-	-	66	37	39	41	43	36	32	0,146	117	175	210
8,00	44	66	3/III	0,91	0,81	-	-	-	-	-	49	35	37	39	42	34	31	0,101	73	110	132
8,20	26	28	4/II	0,95	0,83	0,93	7,3	204	307	130	30	32	35	38	40	31	28	0,059	43	65	78
8,40	30	45	3/III	0,88	0,84	-	-	-	-	-	35	33	35	38	41	31	29	0,068	50	75	90
8,60	10	37	4/II	0,86	0,86	0,50	3,2	239	359	50	-	28	31	35	38	25	26	-	17	25	30
8,80	22	18	4/II	0,93	0,88	0,85	6,0	233	349	110	23	31	34	37	40	29	28	0,044	37	55	66
9,00	54	202	3/III	0,92	0,90	-	-	-	-	-	53	35	38	40	42	34	31	0,113	90	135	162
9,20	52	43	3/III	0,92	0,92	-	-	-	-	-	52	35	37	40	42	34	31	0,108	87	130	156
9,40	88	73	3/III	0,98	0,94	-	-	-	-	-	69	38	40	41	44	37	33	0,157	147	220	264
9,60	138	74	3/III	1,06	0,96	-	-	-	-	-	84	40	41	43	45	39	36	0,203	230	345	414
9,80	120	47	3/III	1,03	0,98	-	-	-	-	-	79	39	41	42	44	38	35	0,186	200	300	360
10,00	92	63	3/III	0,99	1,00	-	-	-	-	-	69	38	40	41	44	37	33	0,157	153	230	276
10,20	64	53	3/III	0,94	1,02	-	-	-	-	-	56	36	38	40	43	34	32	0,120	107	160	192
10,40	82	77	3/III	0,97	1,04	-	-	-	-	-	64	37	39	41	43	36	33	0,143	137	205	246
10,60	74	62	3/III	0,96	1,05	-	-	-	-	-	60	36	38	41	43	35	32	0,131	123	185	222
10,80	78	53	3/III	0,96	1,07	-	-	-	-	-	62	37	39	41	43	35	33	0,135	130	195	234
11,00	64	46	3/III	0,94	1,09	-	-	-	-	-	54	36	38	40	42	34	32	0,116	107	160	192
11,20	17	18	2/III	0,97	1,11	0,72	3,7	314	471	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,40	70	52	3/III	0,95	1,13	-	-	-	-	-	57	36	38	40	43	34	32	0,122	117	175	210
11,60	58	72	3/III	0,93	1,15	-	-	-	-	-	50	35	37	40	42	33	31	0,104	97	145	174
11,80	40	37	3/III	0,90	1,17	-	-	-	-	-	37	33	36	38	41	31	30	0,072	67	100	120
12,00	22	21	4/II	0,93	1,19	0,85	4,1	331	497	110	16	30	33	36	39	28	28	0,030	37	55	66
12,20	32	60	3/III	0,88	1,20	-	-	-	-	-	28	32	35	37	40	30	29	0,054	53	80	96
12,40	58	33	3/III	0,93	1,22	-	-	-	-	-	48	35	37	39	42	33	31	0,100	97	145	174
12,60	26	39	3/III	0,87	1,24	-	-	-	-	-	20	31	34	37	40	28	28	0,039	43	65	78
12,80	34	42	3/III	0,89	1,26	-	-	-	-	-	29	32	35	37	40	30	29	0,056	57	85	102
13,00	32	-	3/III	0,88	1,28	-	-	-	-	-	27	32	34	37	40	29	29	0,051	53	80	96



## PROVA PENETROMETRICA STATICA PORTATA PALI PREFABBRICATI BATTUTI

CPT 1

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : edificio scolastico  
- località : Comacchio (FE)  
- note :

- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,80 m da quota inizio

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 12,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 32,64 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 10,26 t  
- Portata limite laterale : QL = 8,52 t  
- Portata limite conicità : Qc = 1,26 t  
- Portata limite Totale : QT = 20,04 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 6,00 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 8,02 t

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 12,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 43,89 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 13,79 t  
- Portata limite laterale : QL = 11,82 t  
- Portata limite conicità : Qc = 1,54 t  
- Portata limite Totale : QT = 27,15 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 7,00 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 10,86 t

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 12,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 21,63 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 6,79 t  
- Portata limite laterale : QL = 16,24 t  
- Portata limite conicità : Qc = 3,94 t  
- Portata limite Totale : QT = 26,97 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 8,00 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 10,79 t

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 12,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 52,91 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 16,62 t  
- Portata limite laterale : QL = 19,98 t  
- Portata limite conicità : Qc = 6,07 t  
- Portata limite Totale : QT = 42,67 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 9,00 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 17,07 t

CORRELAZIONI ADOTTATE:

Modulo edometrico Mo =  $\alpha$  Rp : Natura TORBOSA (1)  $\alpha = 3,00$  \* Natura COESIVA (2)  $\alpha = 5,00 - 5,00 - 5,00 - 4,50$   
: Natura GRANULARE (3)  $\alpha = 3,00$   
R.amm = Rp / K = resistenza ammissibile schiacciamento [ K = 12,00 (Rp ≤ 10 kg/cm<sup>2</sup>) - K = 30,00 (Rp ≥ 30 kg/cm<sup>2</sup>) ]



## PROVA PENETROMETRICA STATICA PORTATA PALI PREFABBRICATI BATTUTI

CPT 2

2.010496-028

- committente : Comune di Comacchio  
- lavoro : edificio scolastico  
- località : Comacchio (FE)  
- note :

- data : 10/05/2001  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : -1,60 m da quota inizio

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 13,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 36,52 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 11,47 t  
- Portata limite laterale : QL = 4,26 t  
- Portata limite conicità : Qc = 1,01 t  
- Portata limite Totale : QT = 16,75 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 6,00 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 6,70 t

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 13,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 42,63 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 13,39 t  
- Portata limite laterale : QL = 6,45 t  
- Portata limite conicità : Qc = 1,30 t  
- Portata limite Totale : QT = 21,14 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 7,20 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 8,46 t

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 13,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 18,20 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 5,72 t  
- Portata limite laterale : QL = 12,35 t  
- Portata limite conicità : Qc = 2,25 t  
- Portata limite Totale : QT = 20,31 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 8,00 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 8,12 t

- FONDAZIONI PROFONDE ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 13,00 m

- PALO PREFABBRICATO :

TRONCOCONICO

- Diametro punta : Dp = 20 cm  
- Conicità palo : C = 1,5 cm/m  
- Area sezione punta : Ap = 314,16 cm<sup>2</sup>  
- Pressione lim. punta : q = 35,85 kg/cm<sup>2</sup>  
- Prof. scavo fondazione : H = 0,50 m (da q.i.)  
- Portata limite punta : Qp = 11,26 t  
- Portata limite laterale : QL = 17,76 t  
- Portata limite conicità : Qc = 4,69 t  
- Portata limite Totale : QT = 33,71 t (Qp+QL+Qc)  
- coefficiente di sicurezza : F = 2,5  
- Prof. infissione palo : Hp = 9,00 m (da quota inizio)  
- PORTATA AMMISSIBILE PALO : Qa = (QT/F) = 13,48 t

### CORRELAZIONI ADOTTATE:

Modulo edometrico Mo =  $\alpha$  Rp : Natura TORBOSA (1)  $\alpha = 3,00$  \* Natura COESIVA (2)  $\alpha = 5,00 - 5,00 - 5,00 - 4,50$   
: Natura GRANULARE (3)  $\alpha = 3,00$   
R.amm = Rp / K = resistenza ammissibile schiacciamento [ K = 12,00 (Rp ≤ 10 kg/cm<sup>2</sup>) - K = 30,00 (Rp ≥ 30 kg/cm<sup>2</sup>) ]



COMMITTENTE	Comune di Comacchio (FE)
OGGETTO	<i>Relazione geologica-idrogeologica con analisi geotecnica a supporto del progetto di ristrutturazione dello “Stabile ex giudice di pace” di via Fattibello</i>
COMUNE	Comacchio (Fe)
DATA	febbraio 2016
RELATORE	<i>dott. geol. Alessandro Ratazzi ing. Paolo Panzeri (P&amp;P Consulting Engineers)</i>

## SOMMARIO

### Premessa

### Modellazione geologica e stratigrafica del sito

- Inquadramento geologico-geomorfologico
- Inquadramento idrologico
- Inquadramento idrogeologico

### Caratterizzazione sismica

- Notizie storiche
- Classificazione sismica
  - Individuazione della pericolosità del sito
  - Scelta della strategia di progettazione
- Categoria sismica dei terreni
  - Definizione dei parametri e dei coefficienti sismici
  - Determinazione dell'azione di progetto
- Secondo "Atto di indirizzo, n.112 del 2 maggio 2007"
- Liquefazione dei terreni

### Caratterizzazione e modellazione geotecnica

- Indagini in sito
  - Prove penetrometriche statiche
  - Indagine geofisica MASW
- Note stratigrafiche e geotecniche
- Considerazioni geotecniche/fondazionali

### Conclusioni

### Allegati (in fondo al testo):

### Prova CPT

(File – ComacchioP&P)

## Premessa

Su incarico del Comune di Comacchio (FE), è stato redatto il presente studio geologico con analisi geotecnica e note idrogeologiche supporto del progetto di ristrutturazione dello “Stabile ex giudice di pace” di via Fattibello, nel comune di Comacchio (Fe).

Al fine di definire le caratteristiche geotecniche dei terreni dell'area di interesse è stata eseguita (dalla GEA ENGINEERING) e su indicazione della committente n°1 prova penetrometrica tipo statico CPT (Cone Penetration Test), spinta fino alla profondità di 15.0 e realizzata secondo le procedure ISSMF del 1998 ed in conformità alle attuali norme A.G.I..

Per definire le caratteristiche sismiche dei terreni dell'area è stata eseguita anche 1 prova geofisica MASW per ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs da cui ricavare il parametro Vs30.

I punti d'indagine sono stati localizzati, compatibilmente con gli ingombri esistenti così come illustrato nello schema planimetrico allegato.

Questo studio è stato redatto inoltre, anche con il supporto di indagini geognostiche e relazioni geologico tecniche eseguite dal sottoscritto o da altre società, in passato, nello stesso ambito geologico-geomorfologico.

Nella presente relazione geotecnica saranno analizzati i risultati delle indagini svolte al fine di modellizzare dal punto di vista stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e geofisico il sottosuolo propedeutico alle verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite, relative alla capacità portante ed ai cedimenti dei terreni di fondazione.

La presente relazione viene redatta seguendo le indicazioni tecniche esposte:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2008) e che prevedono un approccio agli stati limite
- delibera Regionale n. 112 del maggio 2007, “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, in coerenza con la L.R. n.20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio”

## Modellazione geologica e stratigrafica del sito

### Inquadramento geologico - geomorfologico

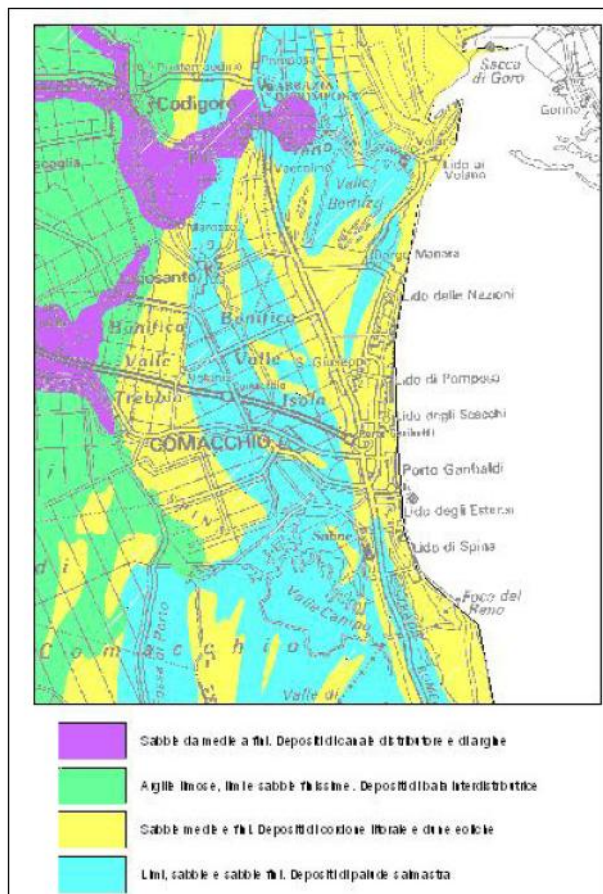
L'area interessata dall'intervento è posta nella fascia centrale del comune di Comacchio ad una quota di circa 1-2 m s.l.m..

La storia di Comacchio è legata all'evoluzione morfologica ed idrografica, piuttosto articolata, del territorio ed al progressivo avanzamento della linea costiera, dovuto agli apporti alluvionali del Fiume Po: è relativamente recente e consegue a ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua, entità dei fenomeni di subsidenza e intervento antropico.

Per quanto sopra risulta evidente di come le facies deposizionali che caratterizzano il territorio di Comacchio siano molto varie: deltizia, costiera, fluviale e palustre.

In generale i sedimenti che si rilevano sono limosi e sabbiosi fini, con livelli decimetrici di sostanza organica

Dalla consultazione delle fonti bibliografiche (Carta Geologica della Pianura a cura della Regione Emilia Romagna), risulta che l'area di studio è interessata da *"Sabbie medie e fini di depositi di conoide litorale e dune eoliche"*



### Nell'ambito dell'indagine eseguita

**nell'area in esame**, è stata rilevata la presenza di sedimenti argilloso limosi organici inconsistenti fino a 5.0 m circa (soprattutto tra 2 e 5.0 m); più in profondità prevalgono sedimenti sabbiosi spesso alternati a sottili lenti limoso argillose con comportamento prevalentemente incoerente.

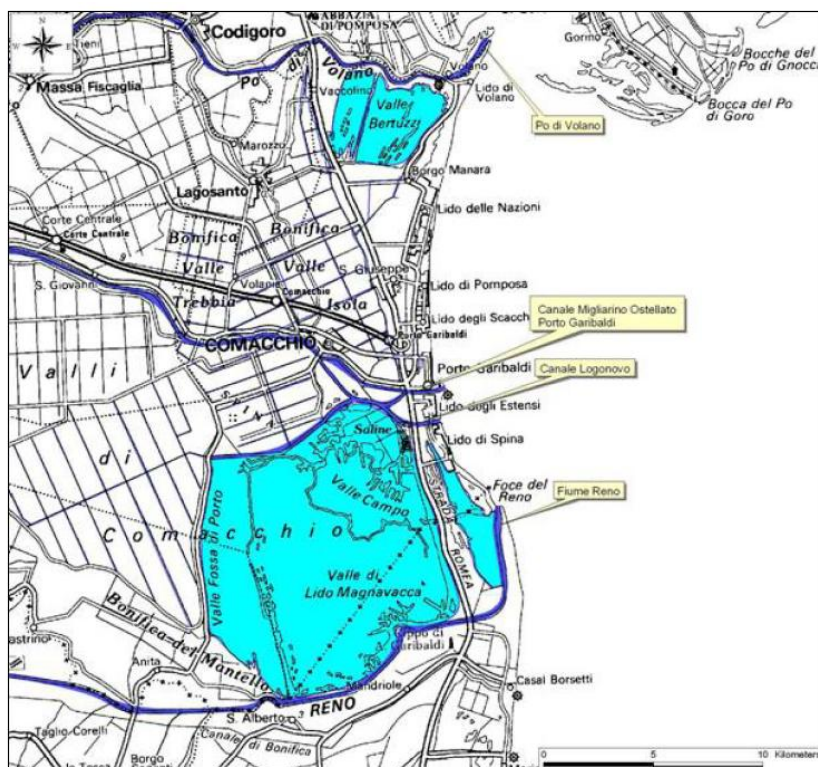
In superficie si ritiene sia presente uno spessore di 1.0 m circa di materiale di riporto.

## Inquadramento idrologico

Il complesso della rete idrica in cui si inserisce il territorio comunale è molto ampio, ed essenzialmente è costituito dai seguenti corpi idrici: - Po di Volano, Canale Circondariale Bando-Valle Lepri, Canale Navigabile Migliarino-Porto Garibaldi, Canale Logonovo e il Canale Circondariale Gramigne-Fossa

Il Canale Navigabile di Migliarino è quello è più vicino all'area di studio

Oltre ai corsi d'acqua principali è presente una fitta rete di canali destinati ad irrigazione e scolo.



## Inquadramento idrogeologico

Il settore studiato è caratterizzato dalla presenza di un acquifero superficiale a cui segue in profondità un acquifero multistrato in pressione: quest'ultimo appartiene al sistema acquifero della pianura Padana che può essere sinteticamente considerato come un sistema multistrato formato dai complessi delle conoidi appenniniche ed alpine e dai complessi della media e bassa pianura.

Tralasciando gli aspetti relativi all'acquifero profondo, poco attinenti a quanto in progetto, relativamente alla falda superficiale si può dire che è contenuta all'interno dei sedimenti grossolani principalmente sabbiosi che costituiscono il sistema di cordoni dunosi: lo spessore dell'acquifero superficiale nell'area investigata risulta di circa 14-20 m e tende ad approfondirsi verso mare, in analogia con le modalità di deposizione dei corsi dunosi.

La forma della superficie freatica è ondulata con culminazioni coincidenti con i cordoni di dune (aree di alimentazione) e depressioni (aree di drenaggio) corrispondenti ad azioni idrauliche ed emungimenti. L'alimentazione della falda freatica dolce avviene attraverso le precipitazioni meteoriche, gli apporti di acqua dai corsi d'acqua e dal sistema dei canali consortili.

In generale l'azione di drenaggio operata dai corsi d'acqua superficiali e dai canali di bonifica impone alla falda freatica un regime artificiale. I flussi di falda nascono dai gradienti idraulici che si creano rispetto ai canali di scolo, il cui livello è controllato dagli impianti idrovori. Le direzioni di flusso pertanto sono direttamente collegate alla rete idrica dei canali di scolo, che rappresentano assi di drenaggio preferenziali della falda freatica, esercitando un'azione di richiamo. Nel settore costiero la falda presenta flussi diretti da E verso W, che non testimoniano un'alimentazione dell'acquifero superficiale da parte del mare, bensì la presenza di uno spartiacque ad orientamento N-S, immediatamente retrostante la spiaggia, ove la superficie topografica risulta più elevata per la

Nell'area in esame, l'indagine eseguita ha consentito di rilevare la presenza di acqua a partire dalla profondità di 1.5 m; per quanto specificato in precedenza non si esclude periodicamente una soggiacenza maggiore.

## Caratterizzazione sismica

### Notizie storiche

Dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI11) messo a disposizione dal sito dell'Istituto Nazionale di geofisica e di vulcanologia, è possibile avere un'idea della frequenza e della tipologia di eventi tellurici nel comune di Comacchio (Fe).

#### Seismic history of Comacchio

[44.694, 12.183]

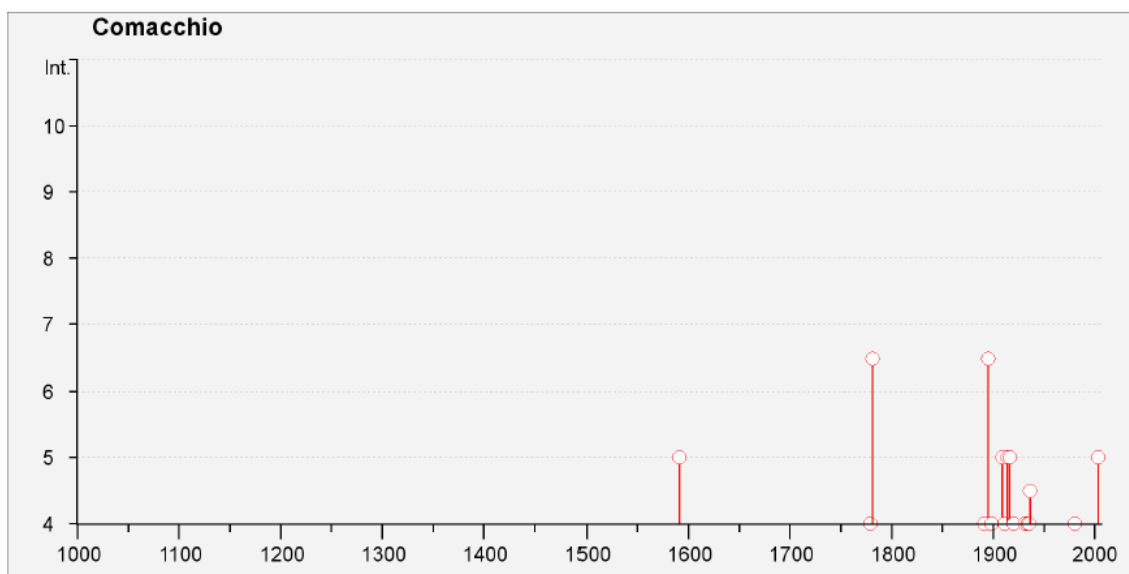
Total number of earthquakes: 34

Effects

Is

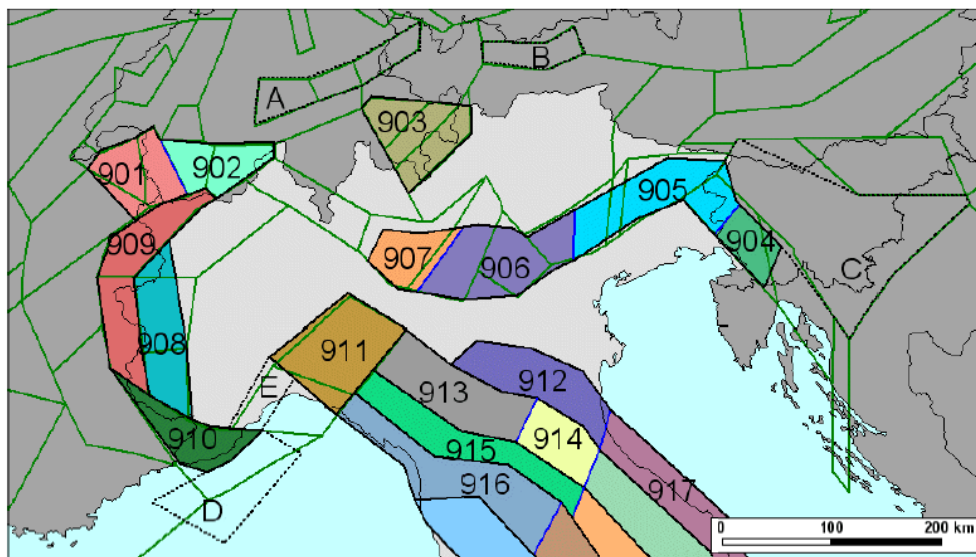
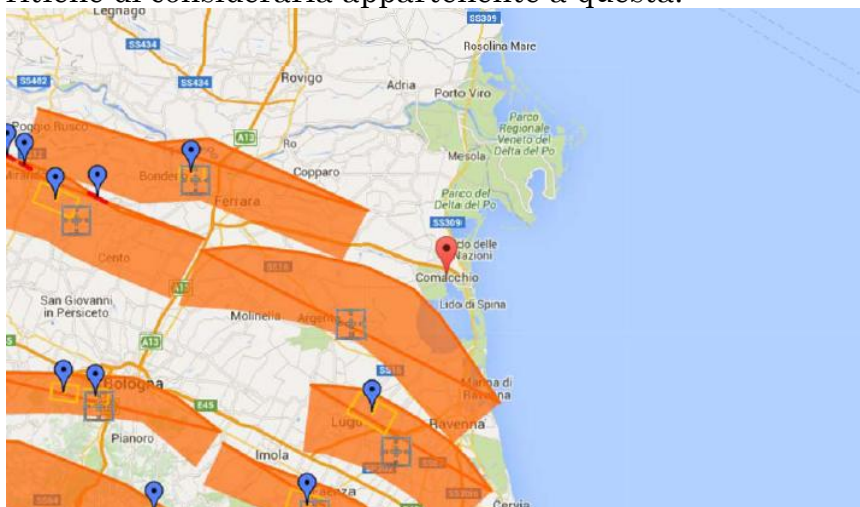
Earthquake occurred:

5	1591 07 10	FORLI'	6	6-7	5.19 ±0.79
4	1779 11 23 18:30	Bolognese	14	5	4.99 ±0.31
6-7	1781 07 17 09:40	Romagna	46	8	5.58 ±0.26
3	1889 03 08 02:57:04	Bolognese	38	5	4.73 ±0.22
4	1891 06 07 01:06:14	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
6-7	1895 03 23	COMACCHIO	37	6	4.74 ±0.31
4	1898 01 16 12:10:05	Romagna settentrionale	73	6-7	4.79 ±0.33
NF	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
2	1901 10 30 14:49:58	Salò	190	8	5.70 ±0.10
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
NF	1907 04 25 04:52	Veronese	122	6	4.91 ±0.15
NF	1908 07 10 02:13	Carnia	120	7-8	5.38 ±0.13
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
4	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7	5.28 ±0.11
NF	1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20
5	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
5	1916 05 17 12:49:50	Alto Adriatico	132		5.95 ±0.14
3	1919 06 29 15:06:12	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
4	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
3	1930 10 30 07:13:13	SENIGALLIA	263	8	5.81 ±0.09
4	1931 03 27 02:46:57	Ferrarese	7	6	4.81 ±0.67
4	1934 11 30 02:58:19	Alto Adriatico	51		5.34 ±0.17
4	1935 06 05 11:48:02	Faentino	27	6	5.16 ±0.25
4-5	1936 10 18 03:10:12	BOSCO CANSIGLIO	267	9	6.12 ±0.09
F	1956 02 20 01:29:41	ARGENTA	32	5-6	4.82 ±0.18
4	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
3	1983 11 09 16:29:52	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07:20	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
3-4	1989 09 13 21:54:01	PASUBIO	779	6-7	4.88 ±0.09
3-4	1998 03 26 16:26:17	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 ±0.09
NF	2000 05 06 22:07:04	Emilia Romagna	84	5	4.17 ±0.09
3	2000 05 08 12:29:56	Emilia Romagna	126	5	4.66 ±0.09
NF	2000 05 10 16:52:12	Emilia Romagna	151	5-6	4.86 ±0.09
5	2003 09 14 21:42:53	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09





Nella zonazione sismogenetica ZS9 effettuata dall'INGV, Comacchio non ricade in nessuna delle aree indicate, ma vista la vicinanza alla 912, in via cautelativa si ritiene di considerarla appartenente a questa.



Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13

Al contrario di quanto sopra riportato, il Catalogo parametrico dei terremoti italiani Edizione 2004 denominato CPTI04 registra valori massimi di magnitudo momento  $M_w$  per la zona sismogenetica n° 912 pari a 6.14.





## Categoria sismica dei terreni

Ai fine della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale; in assenza di specifiche analisi si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento:

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla scorta delle indagini effettuate, a conferma di quelle note in bibliografia, si può affermare che i terreni dei Livelli stratigrafici individuati hanno caratteristiche di addensamento tali da appartenere alla categoria “C”.

Per determinare i parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali si potrà fare riferimento alla tabella:

Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

Mentre per quelli della componente verticale:

Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A-B-C-D-E	1.00	0.05	0.15	1.00

## Definizione dei parametri e dei coefficienti sismici

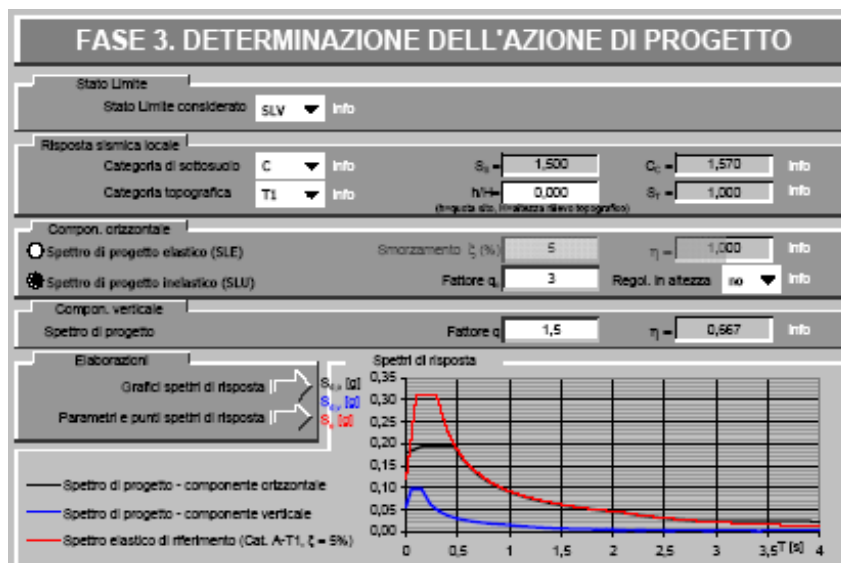
Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: C      Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 70anni      Coefficiente cu: 1.5

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* (ampl. stratigrafica)	1,50	1,50	1,50	1,46
Cc* (coeff. funz. categ.)	1,61	1,58	1,57	1,56
St* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

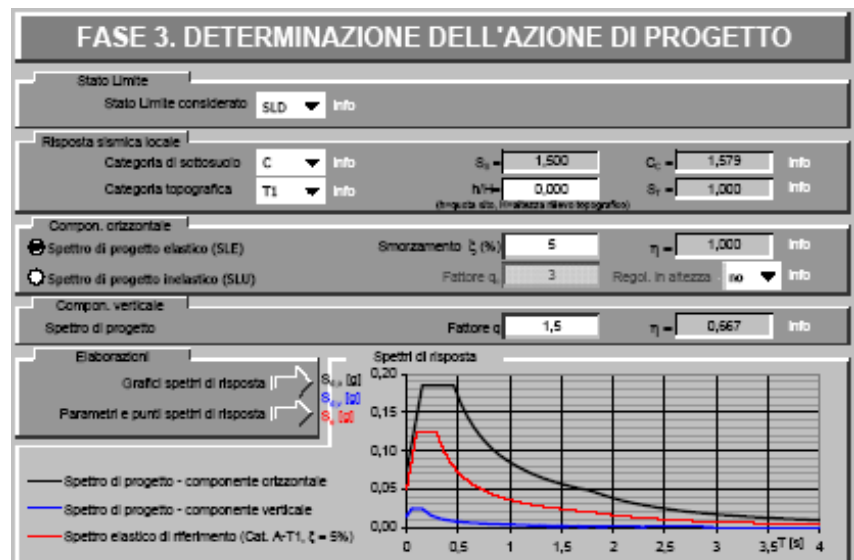
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,014	0,043	0,053
kv	0,006	0,007	0,021	0,027
Amax [m/s²]	0,585	0,711	1,744	2,176
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

## Determinazione dell'azione di progetto



SLU

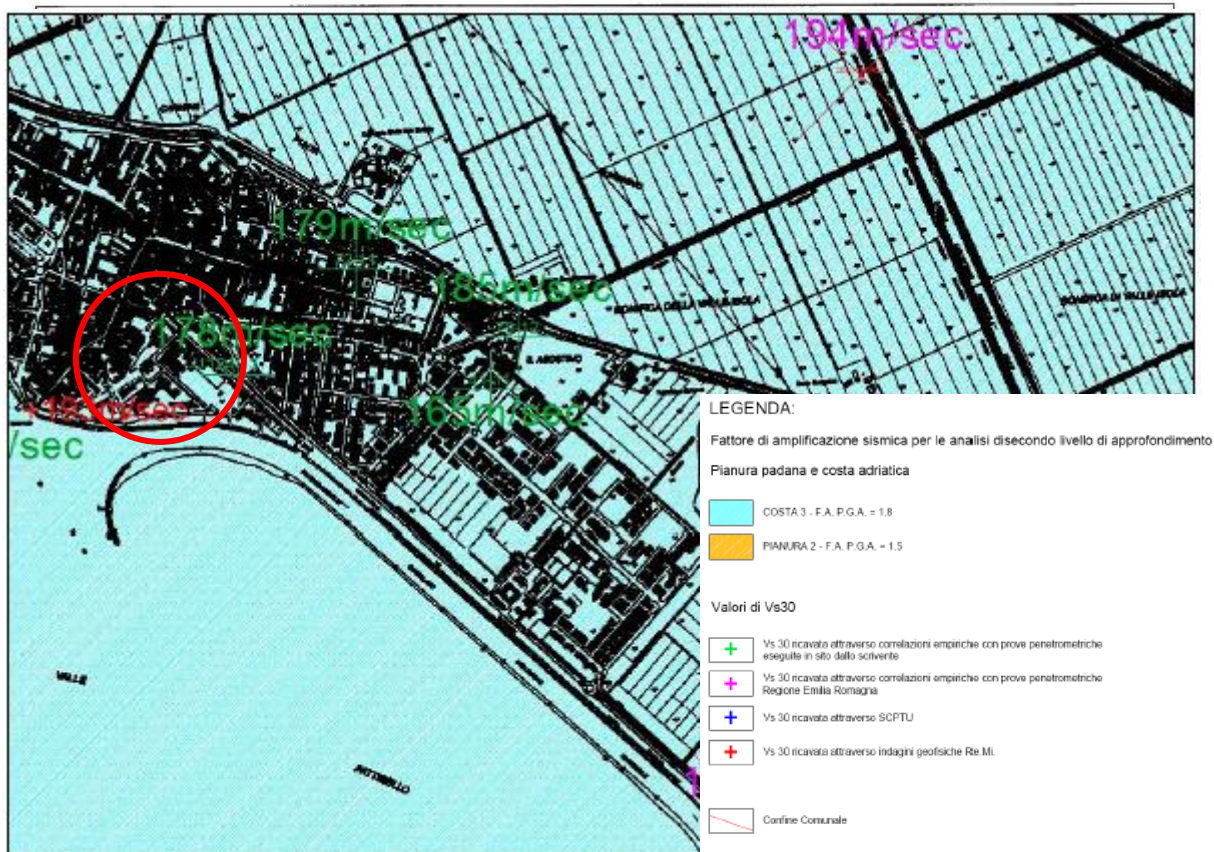
SLE



## Secondo “Atto di indirizzo, n.112 del 2 maggio 2007”

La nuova classificazione sismica introdotta con “l’atto d’indirizzo e coordinamento tecnico” per la microzonazione sismica della regione Emilia Romagna, prevede per il comune di Comacchio una accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (cioè per  $T=0$ ) come:

Provincia	Comune	$a_{refg}$
FE	Comacchio	0.103



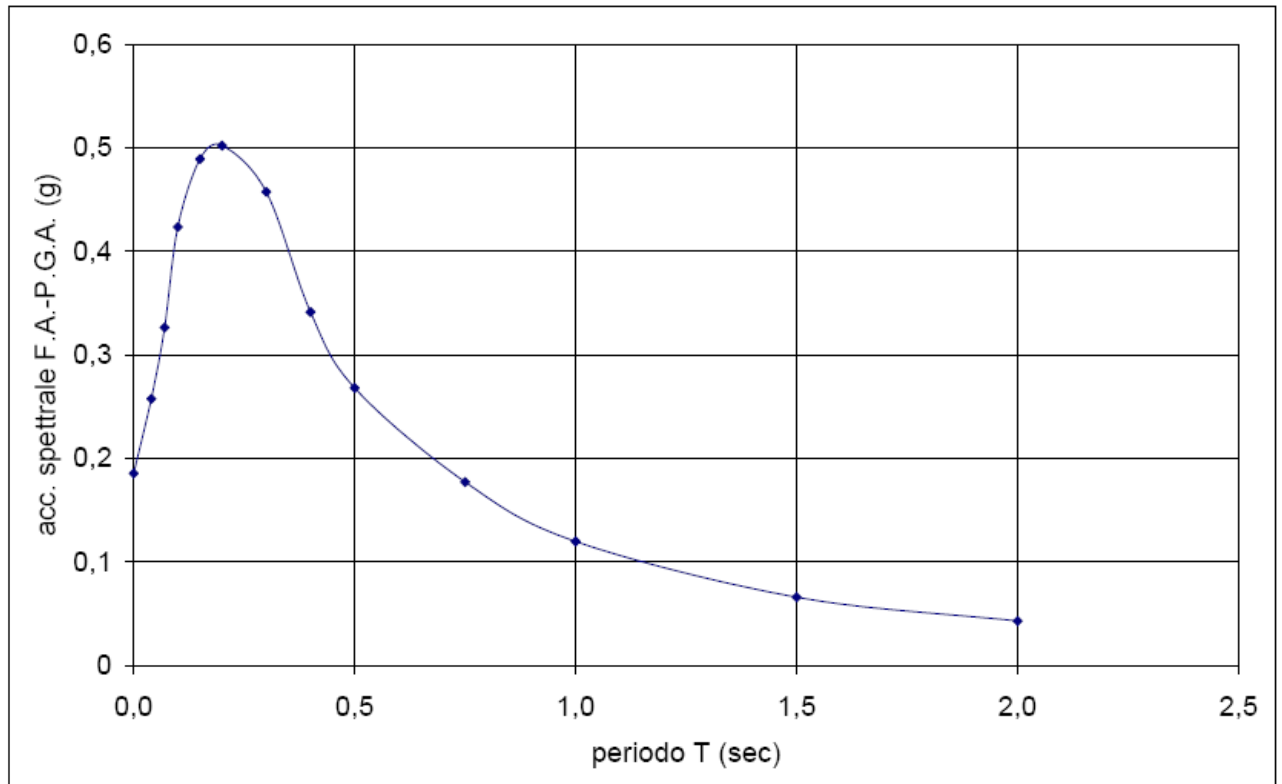
L’area di studio ricade in ambito costiero (COSTA 3), e con velocità delle onde sismiche di taglio  $V_s$  determinate in sito e pari a circa 200: m/s, il fattore di amplificazione considerato è  $F.A.=1.8$ .

F.A. P.G.A.		$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$		$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$		$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.5	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0

Lo spettro di risposta elastico (secondo l'Atto di indirizzo RER) che se ne ottiene è dato da: Accelerazione Suolo  $A=0.103$  F.A.=1.8  $PGA(T_0)=0.1854g$





## Liquefazione dei terreni

Per la presenza di falda superficiale e terreni medio-fini si è ritenuto necessario accertare la possibilità di liquefazione di questi ultimi (*“riduzione di resistenza e/o di rigidità causata durante il moto sismico dall’aumento di pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi”*).

Facendo riferimento alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni:

### 7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione*

La verifica a 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  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  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 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

La bibliografia nota, in particolare la Variante NTA del 2014 al PRG “Rischio Sismico”, precisa:

*“Si confermano pertanto le considerazioni tecniche emerse in relazione all’analisi del rischio sismico effettuate nell’ambito dell’ultimo variante normativa adottata da questa Amministrazione che di seguito vengono riportate integralmente “Dai numerosi lavori commissionati dall’Amministrazione Comunale di Comacchio, è emerso che nel capoluogo è da attendersi un terremoto di progetto non superiore a Magnitudo 5, in quanto l’area è esterna alla zona sismogenetica 912. Le accelerazioni previste dall’OPCM 3519/2006, già comprensive degli effetti di attenuazione del moto sismico, prevedono una P.G.A. compresa tra  $0,100g$  e  $0,125g$ . Per le caratteristiche delle sabbie limose immerse in falda presenti nel sottosuolo (dove le componenti limose argilloso sono quasi sempre maggiori del 20%), per gli stati di addensamento di tali depositi marino costieri e per le limitate energie attese del sisma di progetto, è sempre emerso che il fenomeno delle liquefazioni delle sabbie non è atteso, anche per via del basso indice del potenziale di liquefazione, che calcolato nei primi 20 m fornisce sempre valori inferiori a 5”.*

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE																																																																																										
(da prove sismiche a rifrazione)																																																																																										
Metodo semplificato																																																																																										
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato																																																																																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; padding: 5px;">PARAMETRI:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">γ</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 60%;">1,8 g/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>σ<sub>vo</sub></td> <td>=</td> <td>3,8 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>σ<sub>vo'</sub></td> <td>=</td> <td>1,75 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>profondità dello strato considerato</td> <td>=</td> <td>2000 cm</td> </tr> <tr> <td>profondità falda</td> <td>=</td> <td>150 cm</td> </tr> <tr> <td>γ<sub>sat</sub></td> <td>=</td> <td>1 g/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Pressione neutra</td> <td>=</td> <td>1,85 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>z</td> <td>=</td> <td>20 m</td> </tr> <tr> <td>V<sub>s</sub></td> <td>=</td> <td>206</td> </tr> <tr> <td>V<sub>s1c</sub></td> <td>=</td> <td>200 m/s</td> </tr> <tr> <td>V<sub>s1</sub></td> <td>=</td> <td>179,10</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>=</td> <td>6,2</td> </tr> <tr> <td>MSF</td> <td>=</td> <td>1,87 se M ≤ 7,5 1,63 se M &gt; 7,5</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 65%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">R=</td> <td style="width: 70%;">Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>V<sub>s</sub>=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table> </div> </div>										PARAMETRI:			γ	=	1,8 g/cm <sup>3</sup>	σ <sub>vo</sub>	=	3,8 kg/cm <sup>2</sup>	σ <sub>vo'</sub>	=	1,75 kg/cm <sup>2</sup>	profondità dello strato considerato	=	2000 cm	profondità falda	=	150 cm	γ <sub>sat</sub>	=	1 g/cm <sup>3</sup>	Pressione neutra	=	1,85 kg/cm <sup>2</sup>	z	=	20 m	V <sub>s</sub>	=	206	V <sub>s1c</sub>	=	200 m/s	V <sub>s1</sub>	=	179,10	M	=	6,2	MSF	=	1,87 se M ≤ 7,5 1,63 se M > 7,5	R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	V <sub>s</sub> =	Velocità dell'onda di taglio S																															
PARAMETRI:																																																																																										
γ	=	1,8 g/cm <sup>3</sup>																																																																																								
σ <sub>vo</sub>	=	3,8 kg/cm <sup>2</sup>																																																																																								
σ <sub>vo'</sub>	=	1,75 kg/cm <sup>2</sup>																																																																																								
profondità dello strato considerato	=	2000 cm																																																																																								
profondità falda	=	150 cm																																																																																								
γ <sub>sat</sub>	=	1 g/cm <sup>3</sup>																																																																																								
Pressione neutra	=	1,85 kg/cm <sup>2</sup>																																																																																								
z	=	20 m																																																																																								
V <sub>s</sub>	=	206																																																																																								
V <sub>s1c</sub>	=	200 m/s																																																																																								
V <sub>s1</sub>	=	179,10																																																																																								
M	=	6,2																																																																																								
MSF	=	1,87 se M ≤ 7,5 1,63 se M > 7,5																																																																																								
R=	Resistenza al taglio mobilitata																																																																																									
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma																																																																																									
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia																																																																																									
V <sub>s</sub> =	Velocità dell'onda di taglio S																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 30%;">FC &lt; 5%</td> <td style="width: 10%;">FC = 20%</td> <td style="width: 10%;">FC &gt; 35%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>220</td> <td>210</td> <td>200</td> </tr> </table>												FC < 5%	FC = 20%	FC > 35%			220	210	200																																																																							
		FC < 5%	FC = 20%	FC > 35%																																																																																						
		220	210	200																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; padding: 5px;">FORMULE:</th> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 5px;">RISULTATI:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">V<sub>s1</sub></td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 40%;">V<sub>s1</sub>(1/σ<sub>vo'</sub>)<sup>0,25</sup></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>179,10</td> <td>V<sub>s1</sub></td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>=</td> <td>0,03 * (V<sub>s1</sub>/100)<sup>2</sup> * [(0,9/(V<sub>s1c</sub>-V<sub>s1</sub>)) - (0,9/V<sub>s1c</sub>)]</td> <td>=</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,134808306</td> <td>R</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>=</td> <td>0,65 * ((a<sub>max</sub>/g) * (σ<sub>vo</sub>/σ<sub>vo'</sub>)) * r<sub>d</sub> * 1/MSF</td> <td>=</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>se M ≤ 7,5</td> <td>0,068920012</td> <td>T<sub>M ≤ 7,5</sub></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>se M &gt; 7,5</td> <td>0,079373889</td> <td>T<sub>M &gt; 7,5</sub></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">a<sub>max</sub>/g</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 60%;">0,15</td> </tr> <tr> <td>r<sub>d</sub></td> <td>=</td> <td>0,644</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">F<sub>s</sub> = R/T</td> <td style="width: 10%;">&gt;</td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>se M ≤ 7,5</td> <td>1,956011079</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>se M &gt; 7,5</td> <td>1,698396129</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>=</td> <td>Verificato F<sub>s</sub></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td></td> <td>Verificato F<sub>s</sub></td> </tr> </table> </td> </tr> </tbody> </table>										FORMULE:			RISULTATI:		V <sub>s1</sub>	=	V <sub>s1</sub> (1/σ <sub>vo'</sub> ) <sup>0,25</sup>						179,10	V <sub>s1</sub>	R	=	0,03 * (V <sub>s1</sub> /100) <sup>2</sup> * [(0,9/(V <sub>s1c</sub> -V <sub>s1</sub> )) - (0,9/V <sub>s1c</sub> )]	=					0,134808306	R	T	=	0,65 * ((a <sub>max</sub> /g) * (σ <sub>vo</sub> /σ <sub>vo'</sub> )) * r <sub>d</sub> * 1/MSF	=				se M ≤ 7,5	0,068920012	T <sub>M ≤ 7,5</sub>			se M > 7,5	0,079373889	T <sub>M &gt; 7,5</sub>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">a<sub>max</sub>/g</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 60%;">0,15</td> </tr> <tr> <td>r<sub>d</sub></td> <td>=</td> <td>0,644</td> </tr> </table>					a <sub>max</sub> /g	=	0,15	r <sub>d</sub>	=	0,644	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">F<sub>s</sub> = R/T</td> <td style="width: 10%;">&gt;</td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>se M ≤ 7,5</td> <td>1,956011079</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>se M &gt; 7,5</td> <td>1,698396129</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>=</td> <td>Verificato F<sub>s</sub></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td></td> <td>Verificato F<sub>s</sub></td> </tr> </table>					F <sub>s</sub> = R/T	>	1						se M ≤ 7,5	1,956011079				se M > 7,5	1,698396129				=	Verificato F <sub>s</sub>					Verificato F <sub>s</sub>
FORMULE:			RISULTATI:																																																																																							
V <sub>s1</sub>	=	V <sub>s1</sub> (1/σ <sub>vo'</sub> ) <sup>0,25</sup>																																																																																								
			179,10	V <sub>s1</sub>																																																																																						
R	=	0,03 * (V <sub>s1</sub> /100) <sup>2</sup> * [(0,9/(V <sub>s1c</sub> -V <sub>s1</sub> )) - (0,9/V <sub>s1c</sub> )]	=																																																																																							
			0,134808306	R																																																																																						
T	=	0,65 * ((a <sub>max</sub> /g) * (σ <sub>vo</sub> /σ <sub>vo'</sub> )) * r <sub>d</sub> * 1/MSF	=																																																																																							
		se M ≤ 7,5	0,068920012	T <sub>M ≤ 7,5</sub>																																																																																						
		se M > 7,5	0,079373889	T <sub>M &gt; 7,5</sub>																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">a<sub>max</sub>/g</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 60%;">0,15</td> </tr> <tr> <td>r<sub>d</sub></td> <td>=</td> <td>0,644</td> </tr> </table>					a <sub>max</sub> /g	=	0,15	r <sub>d</sub>	=	0,644																																																																																
a <sub>max</sub> /g	=	0,15																																																																																								
r <sub>d</sub>	=	0,644																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">F<sub>s</sub> = R/T</td> <td style="width: 10%;">&gt;</td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>se M ≤ 7,5</td> <td>1,956011079</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>se M &gt; 7,5</td> <td>1,698396129</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>=</td> <td>Verificato F<sub>s</sub></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td></td> <td>Verificato F<sub>s</sub></td> </tr> </table>					F <sub>s</sub> = R/T	>	1						se M ≤ 7,5	1,956011079				se M > 7,5	1,698396129				=	Verificato F <sub>s</sub>					Verificato F <sub>s</sub>																																																													
F <sub>s</sub> = R/T	>	1																																																																																								
			se M ≤ 7,5	1,956011079																																																																																						
			se M > 7,5	1,698396129																																																																																						
			=	Verificato F <sub>s</sub>																																																																																						
				Verificato F <sub>s</sub>																																																																																						

---

*dott. Alessandro Ratazzi*

## Caratterizzazione e modellazione geotecnica

### Indagini in sito

#### Prove penetrometriche statiche

Lo strumento utilizzato è un penetrometro PAGANI con dispositivo idraulico di spinta da 200 kN, attrezzato con punta meccanica conica Begemann, avente un'area di 10 cm<sup>2</sup> e un angolo di 60° con manicotto mobile.



La prova CPT viene normalmente eseguita in tutti i terreni che vanno dalle argille alle sabbie grossolane; si ricavano in modo diretto alcune grandezze fisiche (pressioni) dalle quali si possono ricavare elementi per la ricostruzione litostratigrafica e per il calcolo dei principali parametri geotecnici.

La prova è basata sull'infissione di una punta nel terreno e sulla misura della resistenza che questa oppone alla penetrazione.

La spinta viene esercitata da un pistone idraulico che agisce alternativamente sulla batteria di aste interne e su quella di aste cave esterne della lunghezza di un metro; all'estremità della batteria è montata una punta conica di dimensioni e caratteristiche standardizzate che, indipendentemente dalla resistenza opposta dal terreno, viene infissa alla velocità costante di 20 mm al secondo.

Oltre alla punta lo strumento di misura è costituito da un manicotto di attrito; vengono così misurate rispettivamente la resistenza alla punta ( $q_c$ ) e la resistenza laterale ( $f_s$ ).

La prova è discontinua e le misure di resistenza vengono di norma lette sui manometri della cella di misura ogni 20 cm di avanzamento nel terreno.

Più in particolare ogni 20 cm di avanzamento vengono rilevati:

$R_P$  (1<sup>a</sup> lettura) resistenza all'avanzamento della sola punta (kg/cm<sup>2</sup>)

$R_P+R_L$  (2<sup>a</sup> lettura) resistenza alla punta + resistenza per attrito laterale locale (kg/cm<sup>2</sup>)

dove:

$R_P$  (o  $q_c$ ) in kg/cm<sup>2</sup> = 1<sup>a</sup> lettura eseguita in campagna

$R_L$  (o  $f_s$ ) in kg/cm<sup>2</sup> = (2<sup>a</sup> lettura eseguita in campagna - 1<sup>a</sup> lettura eseguita in campagna) / 15 ovvero  $\frac{(R_P+R_L)-R_P}{15}$

Per un ricostruzione stratigrafica indiretta dei terreni attraversati si utilizza il seguente rapporto (Begemann, 1965; raccomandazioni A.G.I., 1977) come parametro indicativo delle variazioni litologiche:

$$F = R_P / R_L$$

scritto anche

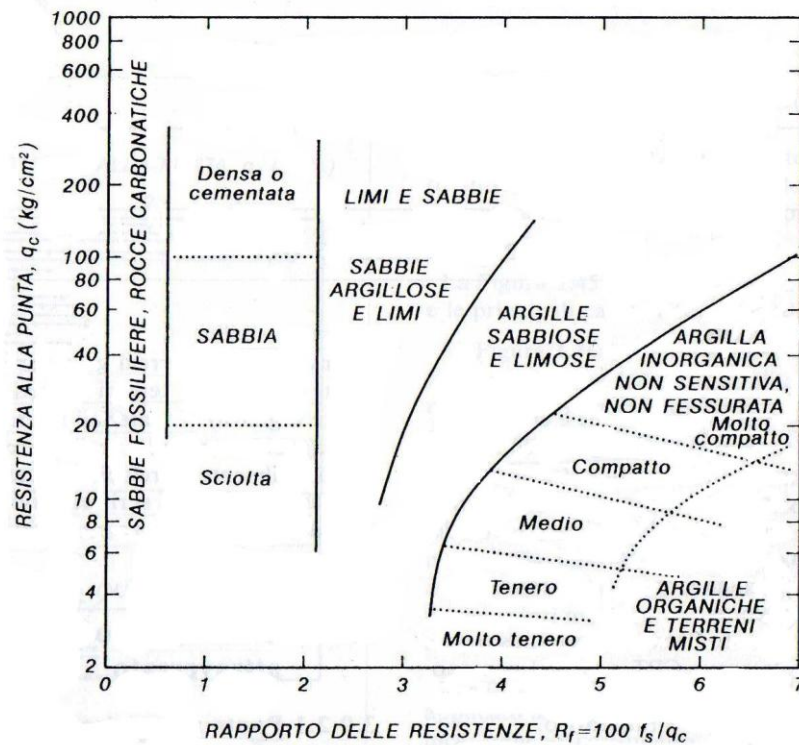
$$F = q_c / f_s$$

che dipende dalla composizione granulometria dei terreni stessi.

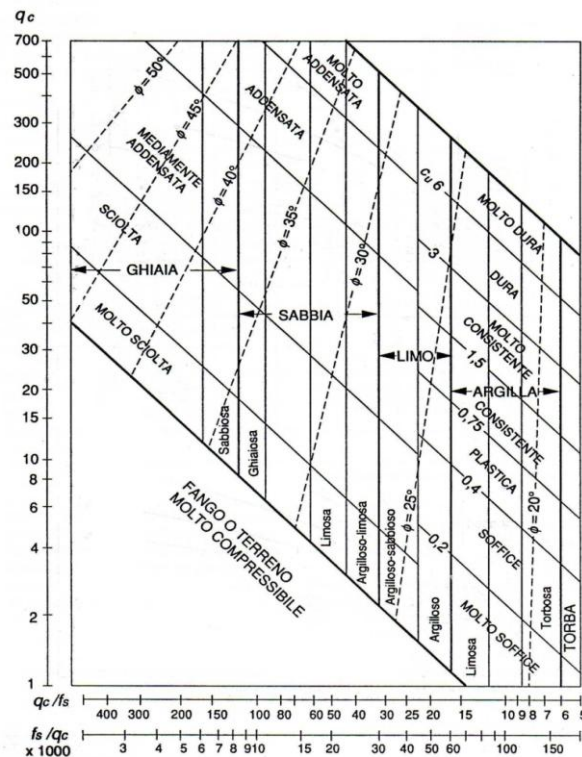
F	TERRENI	PROPRIETA'
$F \leq 6$	Torbe	
$6 < F \leq 17$	Argille e argille limose	Coesivi
$17 < F \leq 32$	Limi da argillosi a sabbiosi	Coesivi
$32 < F \leq 62$	Sabbie argilloso-limose e limose	Granulari
$62 < F \leq 120$	Sabbie e sabbie ghiaiose	Granulari
$F > 120$	Ghiaie sabbiose e ghiaie	Granulari

Utili risultano anche le valutazioni litologiche fornite da Schmertmann, ricavabile in base ai valori di  $R_P$  e di  $FR = (R_L/R_P) \times 100$ , e da Searle  $F = q_c/f_s$  e  $f_s/q_c \times 1000$ .





Classificazione dei terreni di Schmertmann



Classificazione dei terreni di Searle

Il rapporto tra resistenza alla punta e resistenza laterale fornisce indicazioni sulla litologia, mentre la resistenza alla punta indica il grado di consistenza o di addensamento dei terreni attraversati.



L'interpretazione dei risultati viene eseguita distinguendo tra terreni granulari, con prevalenza di sabbia, per i quali possono essere ricavati, tramite correlazioni empiriche di vari autori, l'angolo d'attrito, la compressibilità drenata e la densità relativa, ed i terreni coesivi con prevalenza di argilla e limo, per i quali è possibile valutare la resistenza al taglio (coesione) non drenata, la compressibilità, la sensitività ed il grado di sovraconsolidazione.

Nei tabulati di calcolo delle prove vengono riportati, oltre ai valori misurati in sito della *resistenza alla punta*  $R_P$ , in  $\text{kg/cm}^2$ , i valori della *resistenza laterale locale*  $R_L$ , sempre espressi in  $\text{kg/cm}^2$ , nonché i valori del *rapporto tra resistenza alla punta e resistenza laterale*  $R_P / R_L$  (Begemmmann) e i valori del *rapporto tra resistenza alla punta e resistenza laterale*  $R_L / R_P \times 100$  (Schmertmann).

Nei diagrammi penetrometrici invece vengono riportati:

- a *sinistra* la curva della *resistenza penetrometrica alla punta*  $R_P$  o  $q_c$ , in funzione della profondità;
- al *centro* la curva della *resistenza penetrometrica laterale*  $R_L$  o  $f_s$ , in funzione della profondità;
- a *destra* l'*interpretazione stratigrafica* in funzione della profondità, ottenuta dal rapporto delle resistenze.

Per la prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di  $R_P$  e di  $R_P/R_L$  relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato; per ogni livello ottenuto è stata poi ricavata la litologia utilizzando i metodi sopra riportati. Infine sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

## Note stratigrafiche e geotecniche

I risultati della prova penetrometrica statica eseguita, e quelli delle indagini svolte in passato nelle vicinanze, consentono una ricostruzione stratigrafica del sottosuolo che evidenzia una situazione abbastanza uniforme.

In base ai risultati, e grazie anche alle conoscenze litologiche acquisite da altre indagini svolte nelle vicinanze, è stata ricostruita la successione dei Livelli stratigrafici e geotecnici: le descrizioni stratigrafiche sono da ritenere indicative in quanto dedotte in modo indiretto durante l'esecuzione delle prove.

LIVELLO [1]: dal piano esecuzione indagine fino alla profondità variabile di 5.2 m circa.

Superato uno spessore superficiale di terreni di riporto varia natura, si tratta di torbe e argille torbose, che hanno fatto registrare valori di  $qc$  (resistenza all'avanzamento della sola punta) medi inferiori a 2 kg/cmq e di  $fs$  (resistenza alla punta + resistenza per attrito laterale locale) inferiore a 0.2 kg/cmq, e pertanto del tutto inconsistente.

Dalla profondità di 1.5 m il livello è saturo.

Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica si propone:

*Peso di Volume (t/mc): 1.50*

*Peso di Volume saturo (t/mc): 1.60*

*Coesione non drenata (kg/cmq): 0.08*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 10*

LIVELLO [2]: dalla base dello strato precedente e fino alla massima profondità investigata di 15.0 m.

Livello costituito da terreni incoerenti sabbioso-sabbioso limosi saturi alternati e con grado di addensamento variabile, così descritto e caratterizzabile:

prof.	qc medio	fs media	Densità relativa	Peso di Volume	Peso di Volume saturo	Angolo d'attrito	Modulo elastico
(m)	(kg/cmq)	(kg/cmq)	(%)	(t/mc)	(t/mc)	(°)	(kg/cmq)
10,4	33,34	1,02	39,71	1,80	2,10	28,74	100,02
11,4	93,61	1,84	64,1	1,80	2,10	32,06	140,42
12,6	47,52	1,33	43,05	1,80	2,10	28,14	71,28
13	99,01	1,53	63,03	1,90	2,20	31,41	148,51
15	29,06	0,71	26,56	1,80	2,10	24,87	145,30

La caratterizzazione stratigrafica fornita è il risultato di una valutazione mediata del numero di colpi fatto registrare durante l'esecuzione delle verticali d'indagine.

## Considerazioni geotecniche/fondazionali

Le prove eseguite consentono una caratterizzazione geotecnica che, sebbene “di massima” dei terreni investigati, conferma i dati noti in bibliografia e allo scrivente.

Nei primi 5.0 m circa sono presenti terreni a forte componente torbosa/argillosa di consistenza minima e di pessime caratteristiche geotecniche; all’interno di questo livello, e molto superficiale, si rileva acqua di falda.

Oltre tale quota e almeno fino a 15.0 m sono presenti invece terreni a prevalente componente granulare sabbioso-sabbioso limosi saturi con grado di addensamento variabile ma comunque con caratteristiche geotecniche da discrete a buone.

Resto a disposizione per qualsiasi considerazione relativamente alle fondazioni e/o al loro consolidamento.

Prof. (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	0,0	0,0	0,0	-5,1
0,40	76,99	0,0	76,99	2,35
0,60	136,03	171,01	136,03	1,43
0,80	151,02	172,03	151,02	1,63
1,00	71,99	95,96	71,99	2,24
1,20	23,05	57,0	23,05	1,22
1,40	7,95	26,0	7,95	0,71
1,60	11,01	21,01	11,01	0,31
1,80	2,96	7,95	2,96	0,2
2,00	2,96	6,02	2,96	3,98
2,20	49,97	110,03	49,97	1,53
2,40	88,0	111,05	88,0	3,37
2,60	17,03	67,0	17,03	1,43
2,80	7,04	28,04	7,04	0,71
3,00	2,96	13,97	2,96	0,31
3,20	1,02	6,02	1,02	0,1
3,40	1,02	2,96	1,02	0,1
3,60	1,02	2,04	1,02	0,1
3,80	1,02	2,04	1,02	0,1
4,00	1,02	2,96	1,02	0,1
4,20	1,02	2,04	1,02	0,1
4,40	1,02	2,04	1,02	0,1
4,60	1,02	2,04	1,02	0,1
4,80	1,02	2,04	1,02	0,1
5,00	1,02	2,04	1,02	0,1
5,20	1,02	2,04	1,02	0,31
5,40	18,97	23,05	18,97	0,61
5,60	33,96	43,03	33,96	0,92
5,80	16,01	28,96	16,01	0,92
6,00	24,98	38,04	24,98	0,61
6,20	33,96	43,03	33,96	0,82
6,40	33,96	45,99	33,96	1,22
6,60	43,95	62,0	43,95	1,53
6,80	60,98	84,02	60,98	1,53
7,00	64,04	86,98	64,04	1,84
7,20	55,98	84,02	55,98	1,84
7,40	64,04	90,96	64,04	1,22
7,60	7,95	26,0	7,95	0,92
7,80	62,0	74,95	62,0	0,92
8,00	31,0	44,97	31,0	0,51
8,20	23,05	31,0	23,05	0,2
8,40	14,99	18,05	14,99	0,71
8,60	22,03	33,04	22,03	0,71
8,80	8,97	19,99	8,97	0,71
9,00	6,02	16,01	6,02	0,71
9,20	33,04	43,95	33,04	0,82
9,40	81,99	94,02	81,99	1,43
9,60	50,99	71,99	50,99	0,82
9,80	27,02	38,95	27,02	1,02
10,00	36,0	50,99	36,0	1,12
10,20	6,02	23,05	6,02	0,71
10,40	5,0	14,99	5,0	1,94
10,60	64,96	94,02	64,96	1,02
10,80	114,0	128,99	114,0	1,94
11,00	106,97	136,03	106,97	2,24
11,20	100,95	133,99	100,95	2,04
11,40	80,97	111,05	80,97	1,84
11,60	58,02	85,96	58,02	1,73
11,80	48,03	74,03	48,03	1,63
12,00	48,03	71,99	48,03	1,22
12,20	64,96	83,0	64,96	1,22

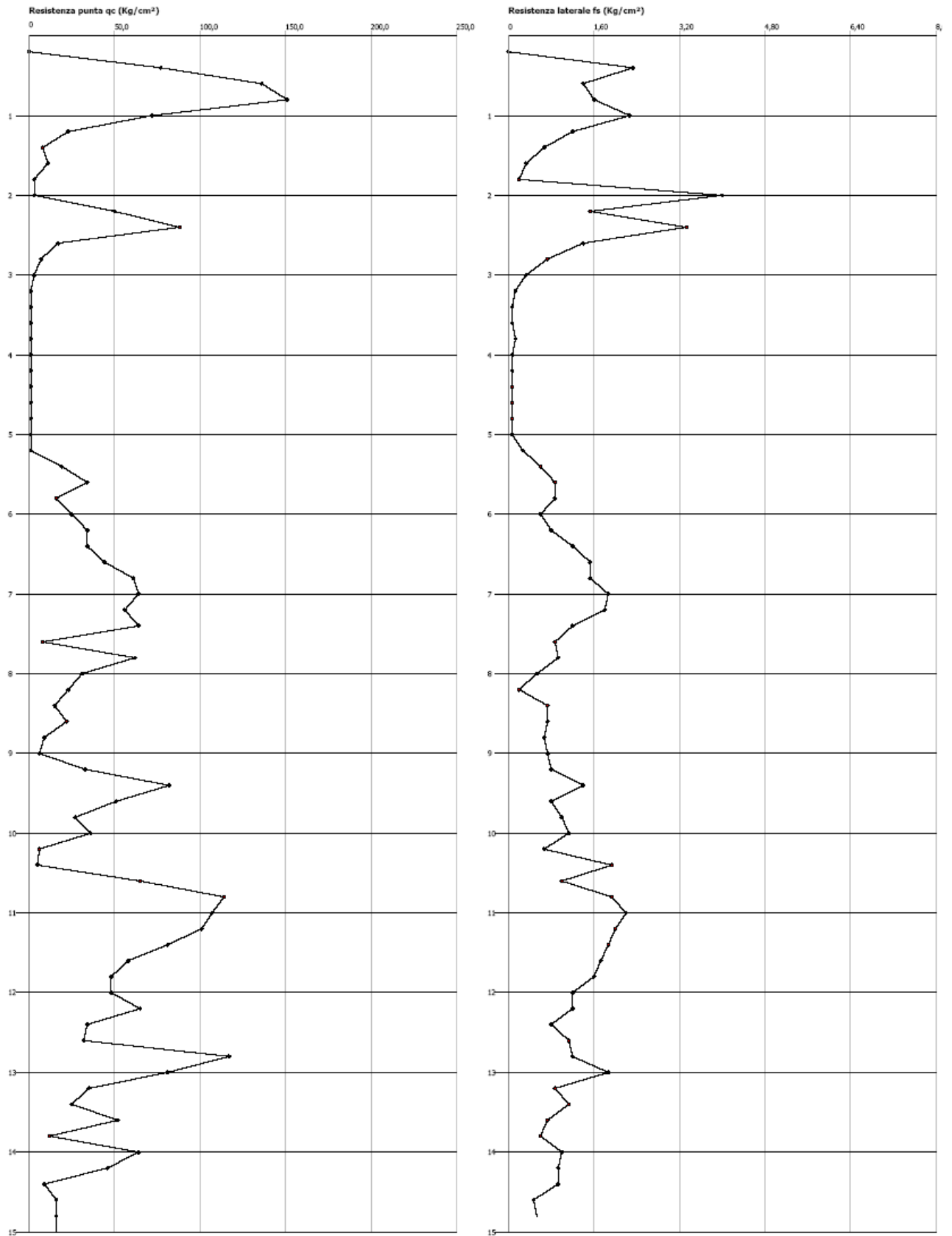
Prof. (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )
12,40	33,96	52,01	33,96	0,82
12,60	32,02	43,95	32,02	1,12
12,80	116,96	133,99	116,96	1,22
13,00	80,97	99,01	80,97	1,84
13,20	34,98	63,02	34,98	0,92
13,40	24,98	38,04	24,98	1,12
13,60	52,01	69,03	52,01	0,71
13,80	12,03	23,05	12,03	0,61
14,00	64,04	73,01	64,04	1,02
14,20	45,99	60,98	45,99	0,92
14,40	8,97	23,05	8,97	0,92
14,60	16,01	29,98	16,01	0,51
14,80	16,01	23,05	16,01	0,51
15,00	16,01	23,96	16,01	0,0

GEOSTRU SOFTWARE  
WWW.GEOSTRU.COM  
GEOSTRU@GEOSTRU.COM

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)  
Diagramma Resistenze qc fs

Committente :  
Cantiere : Comacchio (Fe)  
Località :

Data :22/01/2016






## RAPPORTO TECNICO DI PROVA

**Indagini diagnostico conoscitive presso lo  
Stabile Ex Giudice di Pace ubicata nel  
Comune di Comacchio (FE) via Fattibello**



*p.c.: Comune di Comacchio (FE)*

<i>Documento</i> <b>RdP-008-2016</b>	<i>Data</i> <b>Gennaio 2016</b>	<i>Pagine relazione</i> <b>59</b>
<i>Revisione</i> <b>-</b>	<i>data revisione</i> <b>-</b>	<i>Allegati</i> <b>vari</b>
<i>Il Responsabile</i> <b>Paolo Panzeri</b> 		

## INDICE

<b>1. PREMESSE E SCOPI .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RILIEVO DEI FERRI D'ARMATURA E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI .....</b>	<b>4</b>
2.1 RILIEVO DEI FERRI D'ARMATURA .....	5
2.2 INDAGINI VIDEO-ENDOSCOPICHE .....	11
<b>3. CAROTAGGI SU CALCESTRUZZO .....</b>	<b>17</b>
3.1 INSERIMENTO DI VIDEOCAMERA IN CAROTAGGI GIÀ ESEGUITI.....	24
<b>4. PROVE SCLEROMETRICHE SU CALCESTRUZZO.....</b>	<b>27</b>
4.1 RISULTATI DELLE MISURE SCLEROMETRICHE .....	28
<b>5. PROVE DI CARICO STATICO .....</b>	<b>29</b>
5.1 STRUMENTAZIONE DI MISURA E DI ACQUISIZIONE DATI.....	29
5.2 PROVA DI CARICO STATICO - PIANO PRIMO .....	29
<b>6. MARTINETTI PIATTI SINGOLI E DOPPI.....</b>	<b>33</b>
6.1 PROVA CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO .....	33
6.2 PROVA CON MARTINETTO PIATTO DOPPIO.....	35
6.3 ATTREZZATURA DI PROVA .....	38
6.4 RISULTATI OTTENUTI.....	38
<b>7. PROVE SHAVE TEST.....</b>	<b>42</b>
7.1 MODALITÀ DI PROVA .....	42
7.2 RISULTATI DELLE PROVE .....	44
<b>8. INDAGINI MASW .....</b>	<b>46</b>
8.1 AREA DI STUDIO .....	46
8.2 INDAGINE CONDOTTA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	48
8.3 PROFILI SISMICI CON TECNICA MASW .....	49
8.4 CENNI TEORICI .....	49
8.5 MODALITÀ D'ACQUISIZIONE DATI.....	52
8.6 DATA PROCESSING .....	53
8.7 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	56
8.8 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI.....	57

### ALLEGATI:

- TAVOLA 1: Individuazione punti di indagine: piano di fondazione/piano terreno
- TAVOLA 2: Individuazione punti di indagine: piano primo/copertura
- TAVOLA 3: Individuazione delle prove di carico statico
- Relazione geologica-idrogeologica con analisi geotecnica a supporto del progetto di ristrutturazione dello "Stabile ex giudice di pace" di via Fattibello
- Schede martinetto piatto doppio
- Rapporto di prove di compressione 16/0082/RdP-01

## 1. PREMESSE E SCOPI

La presente relazione riferisce in merito alle indagini diagnostiche conoscitive condotte sulle strutture dello stabile Ex Giudice di Pace ubicato nel Comune di Comacchio (FE), via Fattibello.

Scopo delle indagini è stato di realizzare indagini e prove al fine di conseguire un opportuno livello di conoscenza della struttura funzionale alle successive verifiche di vulnerabilità sismica e idoneità statica da parte del progettista strutturale.

Le indagini sono state condotte dal 18 al 22 Gennaio 2016.

I diversi punti di indagine sono identificati nelle tavole grafiche allegate con numero sequenziale. Accanto al numero vengono indicate con opportune sigle le tipologie di indagine applicate nel punto esaminato.

Di seguito vengono riportate le indagini e prove richieste da Prof. Ing. Jurina ed eseguite sulla struttura per conto del Comune di Comacchio (FE):

	Sigla	Prova	Q.tà
<b>INDAGINI/CONOSCENZA TERRENI</b>	<b>PP</b>	Prove penetrometriche statiche	1
	<b>MW</b>	Indagine sismica finalizzata alla determinazione della categoria del suolo di fondazione (Vs30) ed alla determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del terreno: esecuzione con metodo MASW e metodo ESAC/REMI ed esecuzione di prova H/V microtremiti tipo Nakamura, con relative analisi interpretative	1
		Redazione di relazione geologica	1
<b>INDAGINI SULLE FONDAZIONI *</b>	<b>SF</b>	Saggi in fondazione mediante pozzetti esplorativi (80x80cm), scavati a mano, rilievo e ripristino dello stato di fatto	1
	<b>I</b>	Ispezione visiva delle fondazioni al di sotto dell'edificio	2
<b>INDAGINI CONOSCITIVE DELLA STRUTTURA</b>	<b>E</b>	Indagini video-endoscopiche su solaio e in copertura (compreso foro)	2
	<b>V</b>	Inserimento di videocamera in carotaggi già eseguiti	2
	<b>SP</b>	Saggi a parete	3
	<b>SPP</b>	Saggi a pavimento	1
	<b>SS</b>	Saggi a soffitto	3
<b>INDAGINI SULLE MURATURE</b>	<b>MP</b>	Prove con martinetti piatti singoli e doppi+taglio sulle murature	1
<b>INDAGINI SU C.A.</b>	<b>Sc</b>	Prove sclerometriche	6
	<b>P</b>	Prove pachometriche	6
	<b>C</b>	Carotaggio	5
		Verifica compressione e carbonatazione carote	5
<b>PROVE DI CARICO SUI SOLAI</b>	<b>CC</b>	Prove di carico sui solai	1

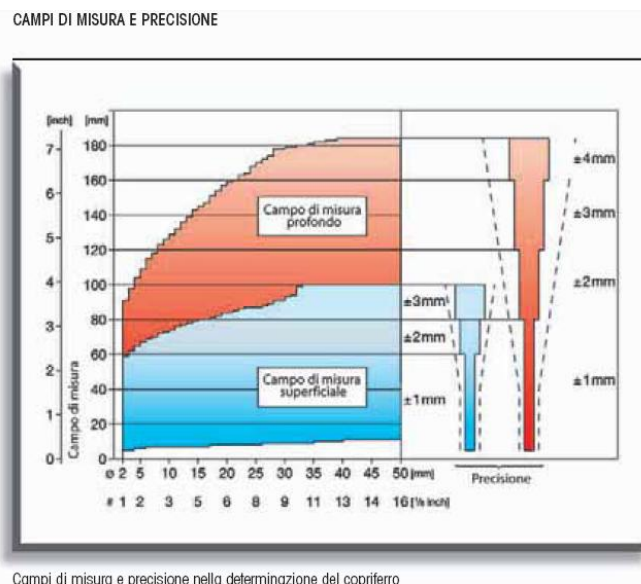
## 2. RILIEVO DEI FERRI D'ARMATURA E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

Le attività di rilievo eseguite in campo sono consistite in:

- ricerca dei ferri d'armatura condotta mediante indagine pacometrica integrata, laddove necessario, da indagini dirette puntuali attraverso demolizione localizzata
- rilievo dimensionale degli elementi strutturali di interesse

Le indagini pacometriche per il rilievo dei ferri d'armatura utilizzano uno strumento che si basa su un'applicazione della tecnica induttiva che sfrutta la variazione del flusso magnetico generato da un magnete posto sulla superficie del calcestruzzo, dovuta alla presenza di barre metalliche. L'intensità del flusso magnetico dipende non solo della presenza delle barre ma anche dallo spessore del copriferro e dal diametro delle stesse barre.

Ne deriva pertanto che l'intensità del segnale e conseguentemente la capacità di individuare barre d'armatura e l'incertezza di misura risultano condizionate dall'eventuale presenza di altro materiale conduttore posto in vicinanza (ad esempio presenza di armature vicine a quelle in esame e poste a distanza indicativamente inferiore ai 400 mm). Altri fattori che possono influenzare l'incertezza di misura sono la profondità della copertura (ovvero il copriferro) e la stessa consistenza del calcestruzzo investigato. Di seguito si fornisce un grafico che illustra indicativamente la capacità della strumentazione di individuare la presenza di barre d'armatura in funzione della profondità di copertura, indicando anche l'accuratezza attesa dalla misurazione. Nel merito si osserva anche che il grafico sotto riportato vale nell'ipotesi che non vi siano errori indotti dalla presenza di armature vicine. Pertanto nel caso di presenza di armature entro il raggio d'influenza (che può arrivare come detto fino a 400 mm) la capacità dello strumento di individuare correttamente presenza e diametro di armature e relativa accuratezza di misurazione possono risultare ulteriormente condizionate.



I risultati dei rilievi eseguiti sono riportati nei paragrafi di seguito riportati.

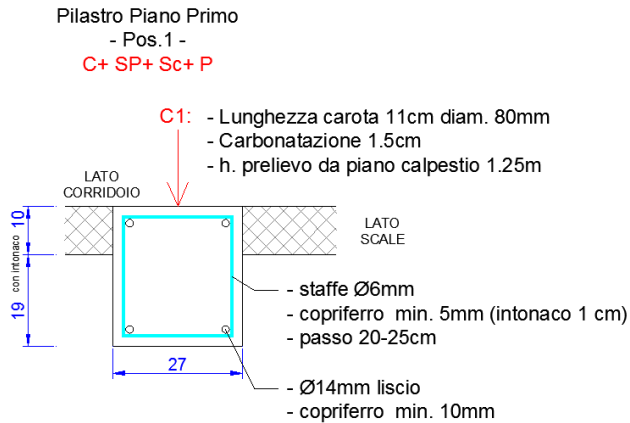


## 2.1 Rilievo dei ferri d'armatura

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle tavole allegate.

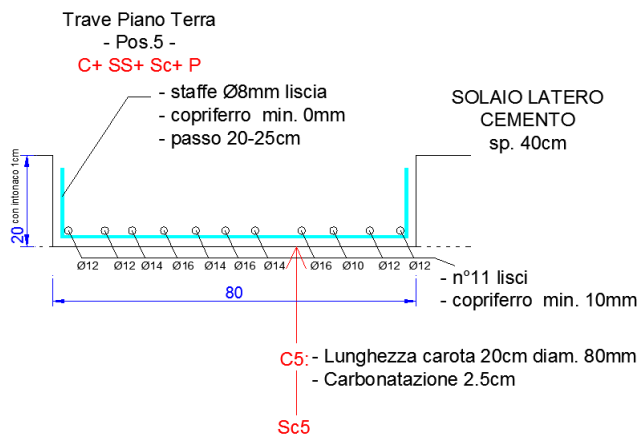
### Indagine pilastro 1:

Sul pilastro sono stati eseguiti un'indagine pacometrica integrata (P) e un saggio a parete (SP). La misura della geometria è come di seguito riportata:



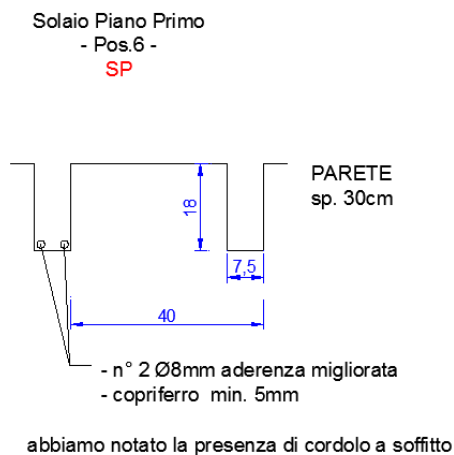
### Indagine trave 5:

Sulla trave sono stati eseguiti un'indagine pacometrica integrata (P) e un saggio a soffitto (SS). La misura della geometria è come di seguito riportata:



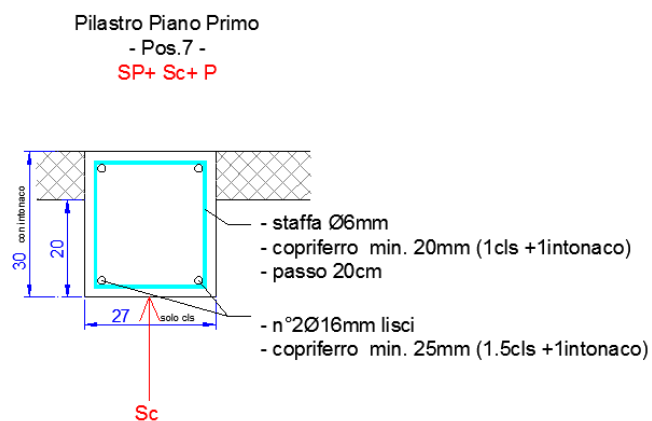
### Indagine solaio 6:

Sul solaio è stato eseguito un rilievo della geometria tramite saggio a parete (SP) come di seguito riportato:



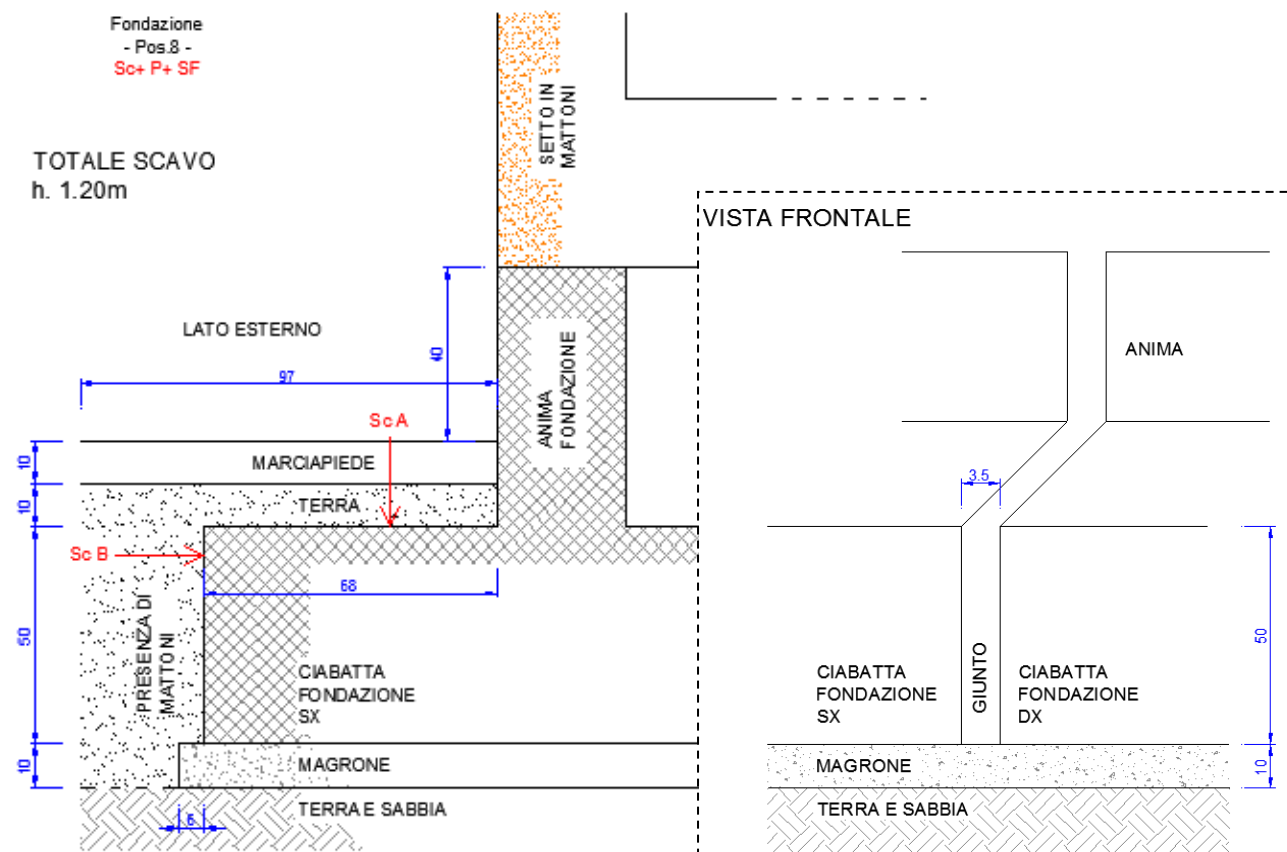
### Indagine pilastro 7:

Sul pilastro sono stati eseguiti un' indagine pacometrica integrata (P) e un saggio a parete (SP). La misura della geometria è come di seguito riportata:



### Indagine fondazione 8:

Sulla fondazione sono stati eseguiti un' indagine pacometrica integrata (P) e un saggio in fondazione (SF). L'indagine pacometrica non ha rilevato la presenza di ferri sulla ciabatta di fondazione. Lo spessore del giunto in facciata sulla parete in mattoni è di 2 cm. La misura della geometria è come di seguito riportata:

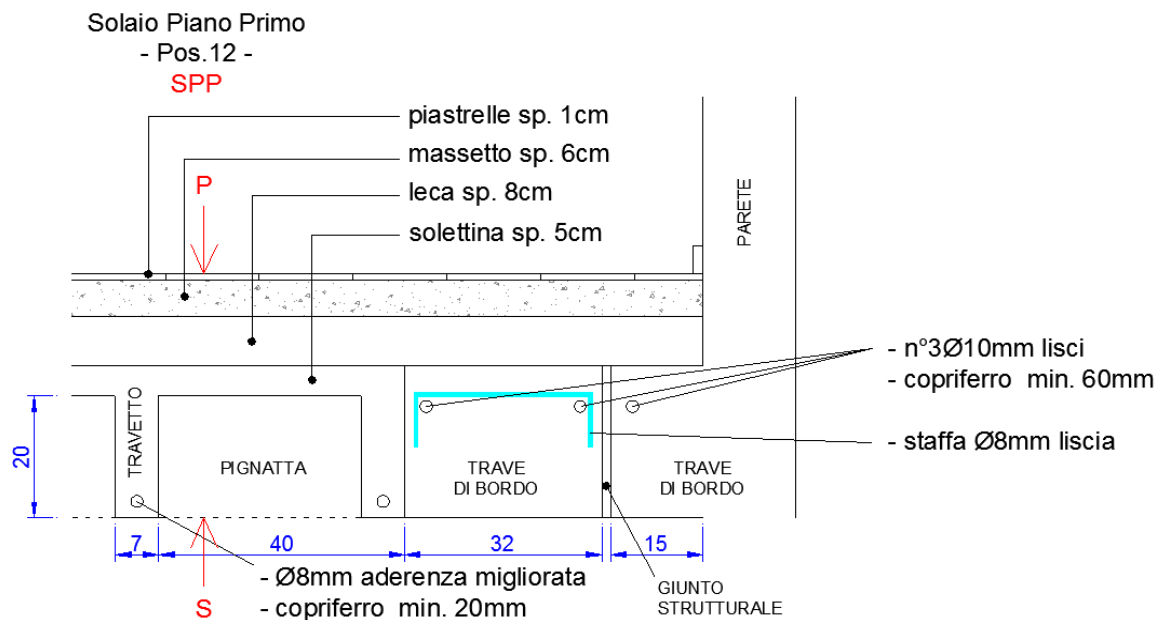






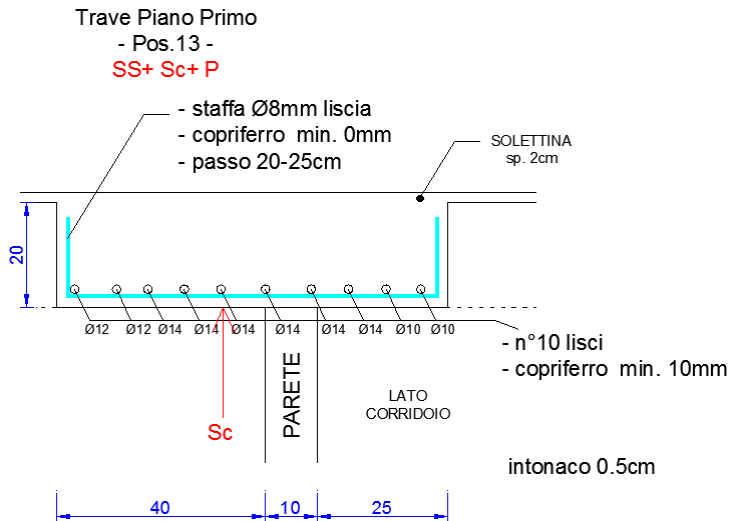
### Indagine solaio 12:

Sulla trave è stato eseguito un saggio a pavimento (SPP). La misura della geometria è come di seguito riportata:



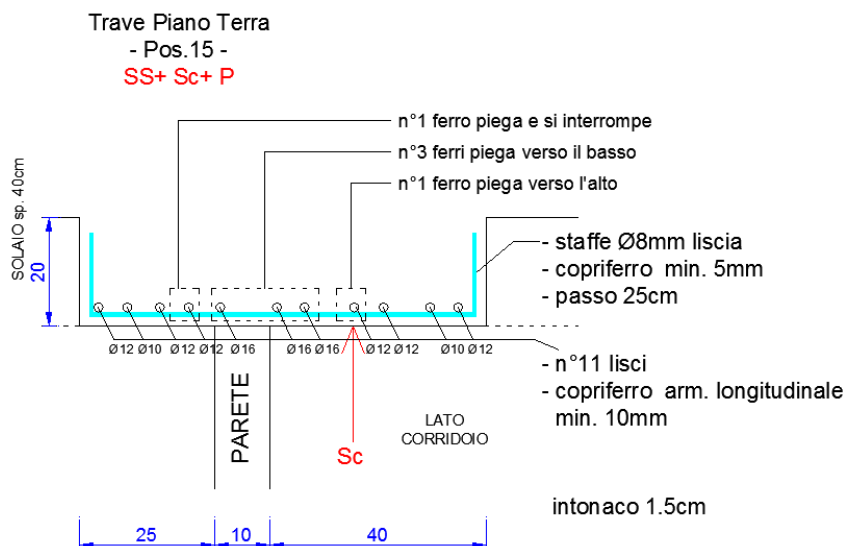
### Indagine trave 13:

Sulla trave sono stati eseguiti un'indagine pacometrica integrata (P) e un saggio a soffitto (SS). La misura della geometria è come di seguito riportata:



### Indagine trave 15:

Sulla trave sono stati eseguiti un'indagine pacometrica integrata (P) e un saggio a soffitto (SS). La misura della geometria è come di seguito riportata:

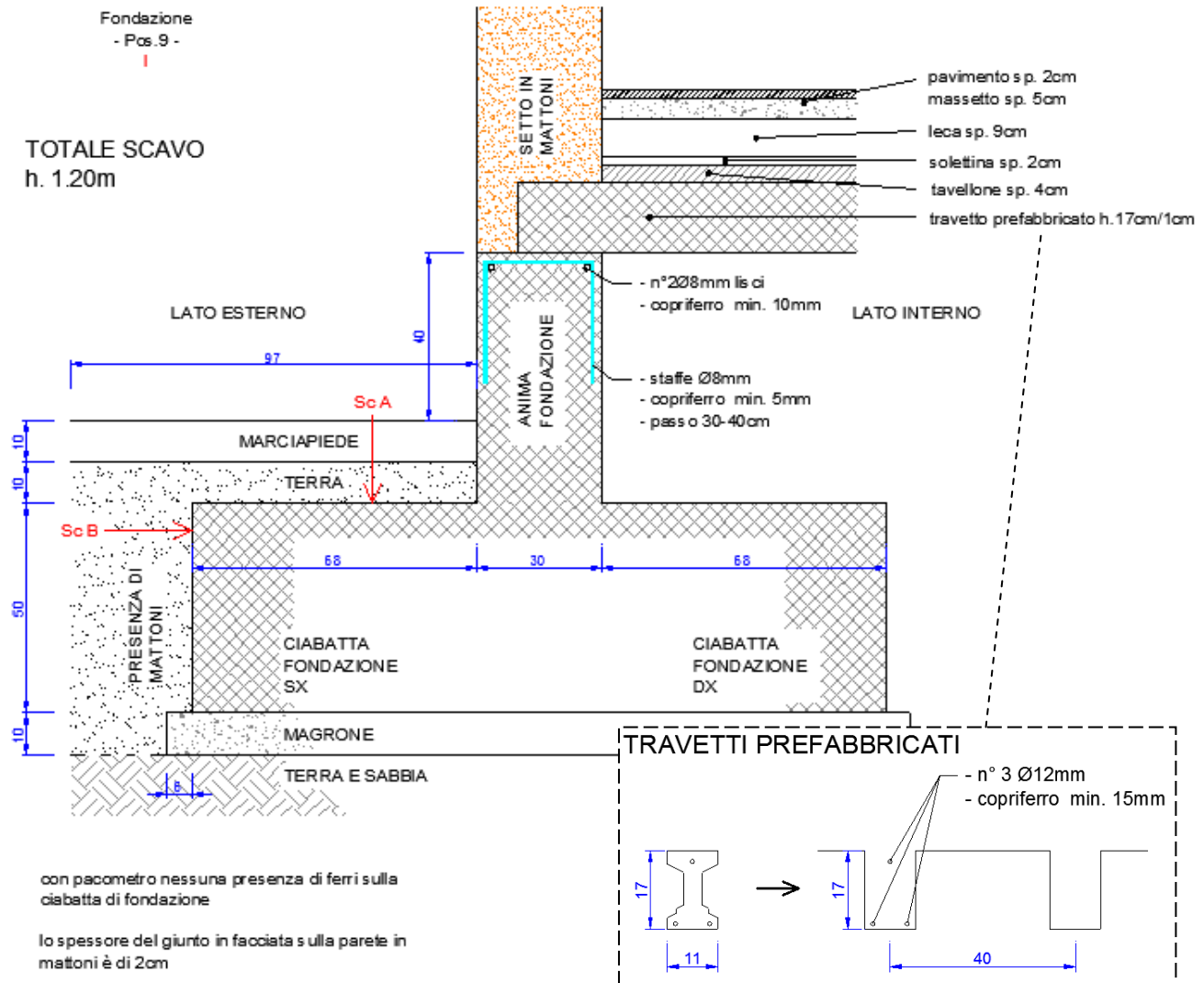


## 2.2 Indagini video-endoscopiche

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle tavole allegate.

### Indagine fondazione 9:

Sulla fondazione è stata eseguita un'ispezione visiva (I) di cui si riporta la misura della geometria e la documentazione fotografica:











**Indagine fondazione 10:**

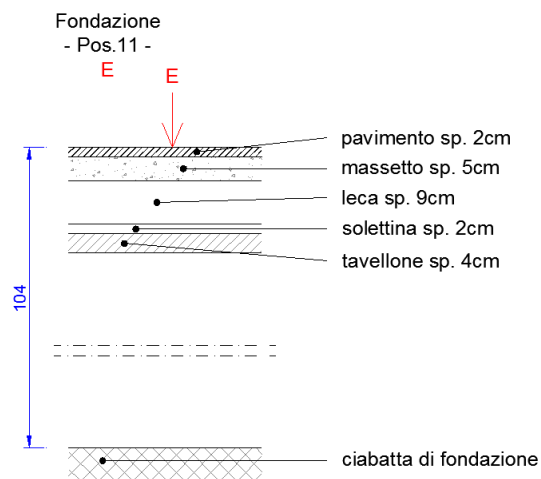
Sulla fondazione è stata eseguita un' ispezione visiva (I) di cui si riporta la documentazione fotografica:





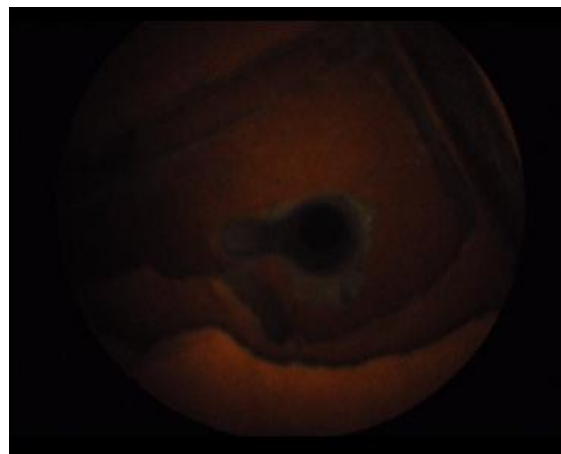
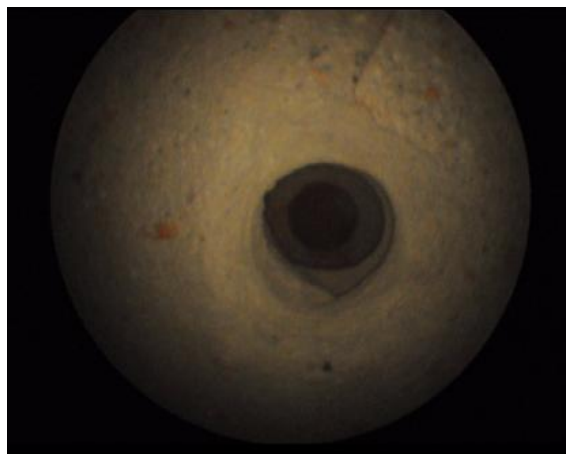
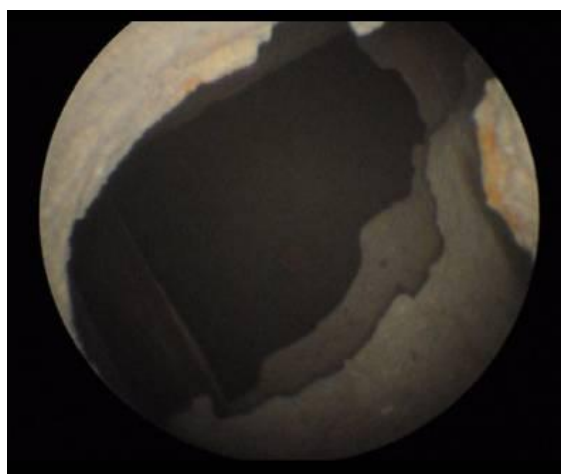
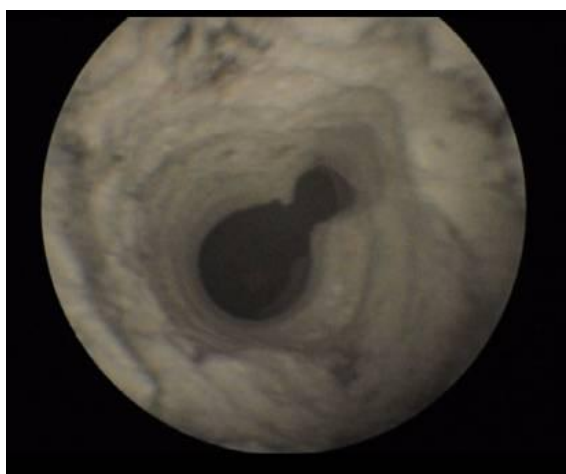
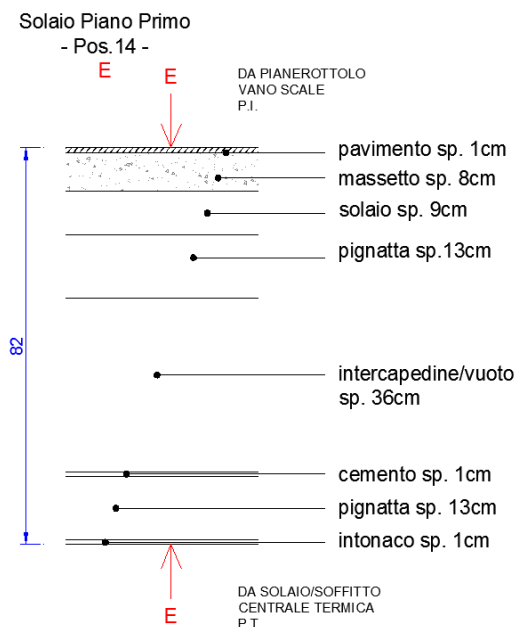
### Indagine fondazione 11:

Sul solaio controterra è stata eseguita un' indagine video-endoscopica (E) e misura della geometria come di seguito riportato:



### Indagine solaio 14:

Sul solaio controterra è stata eseguita un' indagine video-endoscopica (E) e misura della geometria come di seguito riportato:





### 3. CAROTAGGI SU CALCESTRUZZO

Per una caratterizzazione diretta della resistenza del calcestruzzo sono stati effettuati n.5 carotaggi con verifica del grado di carbonatazione (secondo le prescrizioni della norma UNI 9944/92). I punti di ubicazione dei carotaggi sono indicati nelle tavole in allegato indicati con sigla C in corrispondenza della relativa posizione da 1÷5.

I carotaggi sono stati effettuati con carotatrice a colonna della HILTI ad avanzamento manuale, con raffreddamento a circolazione d'acqua, dotata di corona diamantata a parete sottile. Le carote estratte, previo condizionamento con taglio (per eliminare la testa del campione) e successiva spianatura, sono state quindi sottoposte a prova di resistenza a compressione presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. di P&P Imc.

I punti di carotaggio sono stati ripristinati subito dopo le indagini mediante impiego di speciale malta antiritiro per ripristini strutturali.

Nella tabella seguente sono riportati i valori ottenuti dalle prove di compressione eseguite in laboratorio:

<i>Carota</i>	<i>Elemento</i>	<i>Posizione carotaggio cm</i>	<i>Massa volumica kg/m<sup>3</sup></i>	<i>D mm</i>	<i>H mm</i>	<i>Resistenza a comp. MPa</i>	<i>Tipo di rottura</i>	<i>Sp. cls carb. cm</i>
<b>C 1</b>	<i>Pilastrino - Piano Primo -</i>	<i>125 cm da pavimento</i>	<i>2150</i>	<i>74</i>	<i>74</i>	<i>20.4</i>	<i>S</i>	<i>1.5</i>
<b>C.2</b>	<i>Trave - livello di fondazione -</i>	<i>20 cm da pavimento</i>	<i>2300</i>	<i>74</i>	<i>74</i>	<i>36.0</i>	<i>S</i>	<i>1.0</i>
<b>C.3</b>	<i>Trave (anima) - livello di fondazione -</i>	<i>25 cm da pavimento</i>	<i>2310</i>	<i>74</i>	<i>74</i>	<i>40.7</i>	<i>S</i>	<i>1.0</i>
<b>C.4</b>	<i>Trave (anima) - livello di fondazione -</i>	<i>25 cm da pavimento</i>	<i>2340</i>	<i>74</i>	<i>74</i>	<i>36.3</i>	<i>S</i>	<i>0.0</i>
<b>C 5</b>	<i>Trave - copertura -</i>	<i>Anima</i>	<i>2260</i>	<i>74</i>	<i>74</i>	<i>29.3</i>	<i>S</i>	<i>2.5</i>

Tipo di rottura : S = Soddisfacente

Per completezza di veda il Rapporto di prova di compressione 16/0082/RdP-01

Le immagini di seguito riportate mostrano le operazioni di carotaggio e le carote estratte:



*Carotaggio 1 / pilastro piano primo*



*Carotaggio 2 / trave di fondazione*



*Carotaggio 3 / trave di fondazione (anima)*





Carotaggio 4 / trave di fondazione (anima)



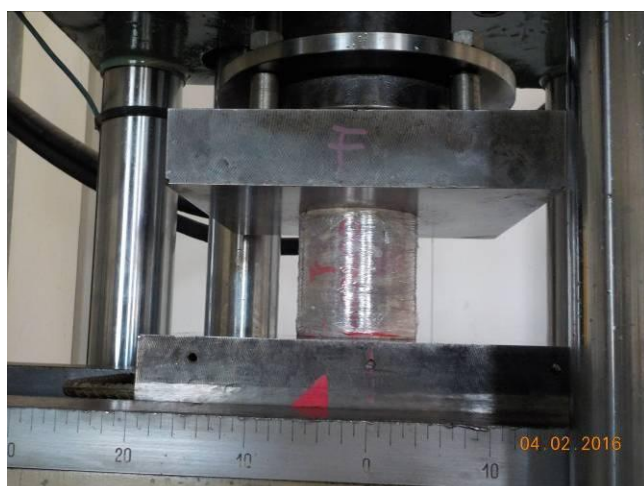
Carotaggio 5 / trave copertura

### Rilievo fotografico prove di compressione



Prima della prova di compressione

**Provino1**



*Durante la prova di compressione*

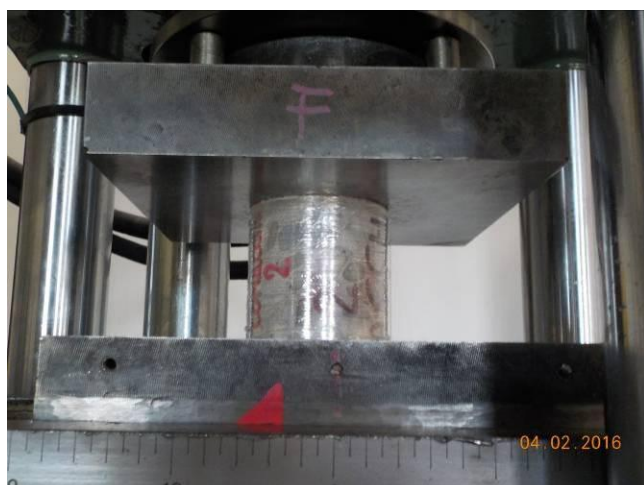


*Termine della prova di compressione*



*Termine della prova di compressione*

**Provino2**



*Durante la prova di compressione*



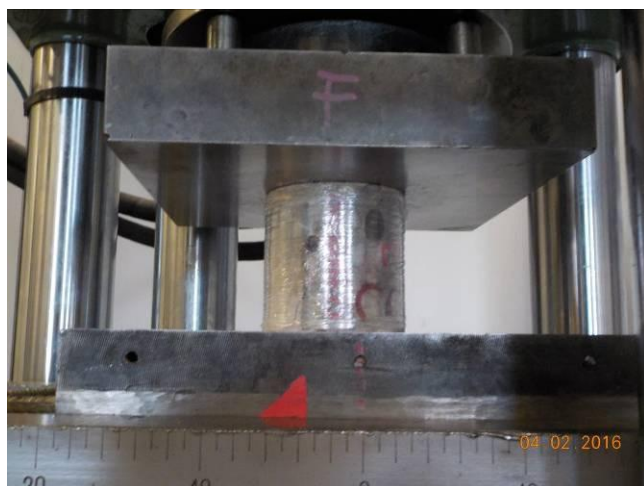
*Termine della prova di compressione*





*Termine della prova di compressione*

**Provino3**



*Durante la prova di compressione*



*Termine della prova di compressione*



*Termine della prova di compressione*

**Provino4**



*Durante la prova di compressione*



*Termine della prova di compressione*



*Termine della prova di compressione*

**Provino5**



*Durante la prova di compressione*



*Termine della prova di compressione*





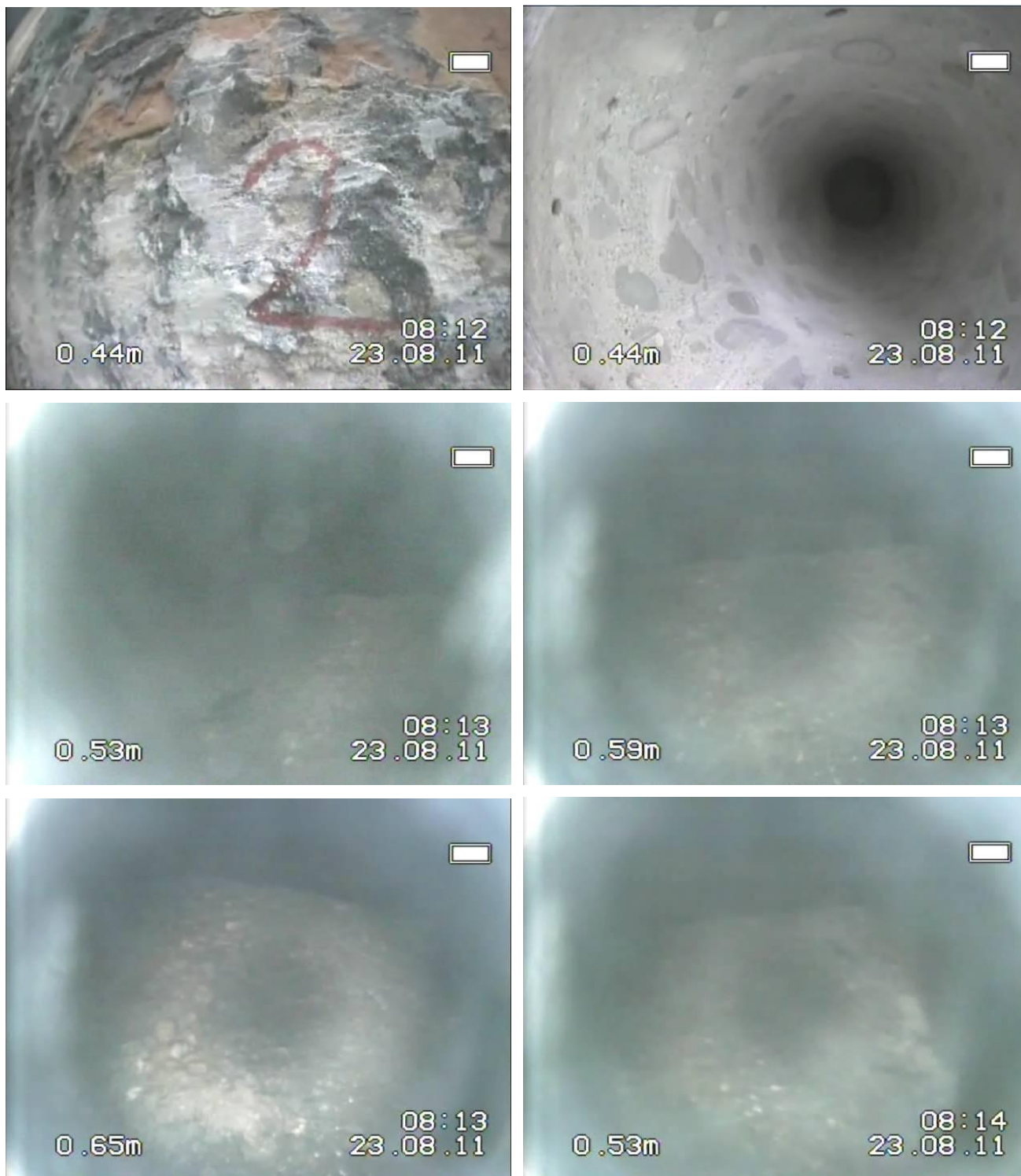
*Termine della prova di compressione*

### 3.1 Inserimento di videocamera in carotaggi già eseguiti

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle tavole allegate indicate con sigla V.

Le prove prevedevano l'inserimento in fori già eseguiti di videocamera orientabile per rilevazione di morfologia e consistenza delle fondazioni/strutture circostanti.

#### Indagine pilastro 2: rilievo fotografico





### Indagine pilastro 3: rilievo fotografico

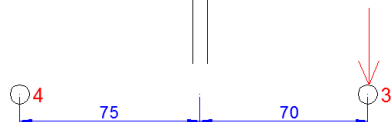
Trave di Fondazione (anima)

- Pos.3 -

C+ V

GIUNTO

C3: - Lunghezza carota 28cm diam. 80mm  
- Carbonatazione 1cm  
- h. prelievo da piano calpestio 0.25m



abbiamo notato la ciabatta di fondazione + il setto di mattoni ortogonali al lato lungo dell'edificio, in prossimità del giunto

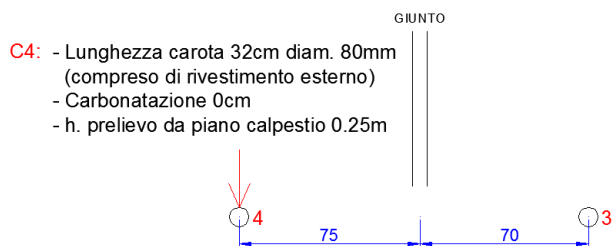


### Indagine pilastro 4: rilievo fotografico

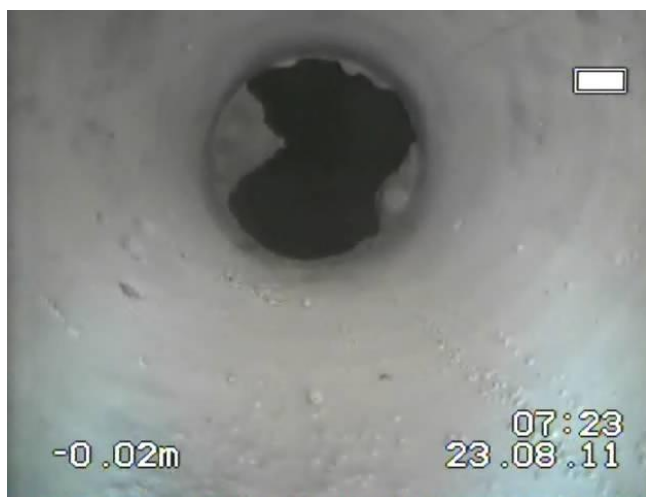
Trave di Fondazione (anima)

- Pos. 4 -

C+V



si riesce a vedere la ciabatta interna di fondazione + il setto di mattoni (in corrispondenza del giunto) ortogonale al lato lungo dell'edificio



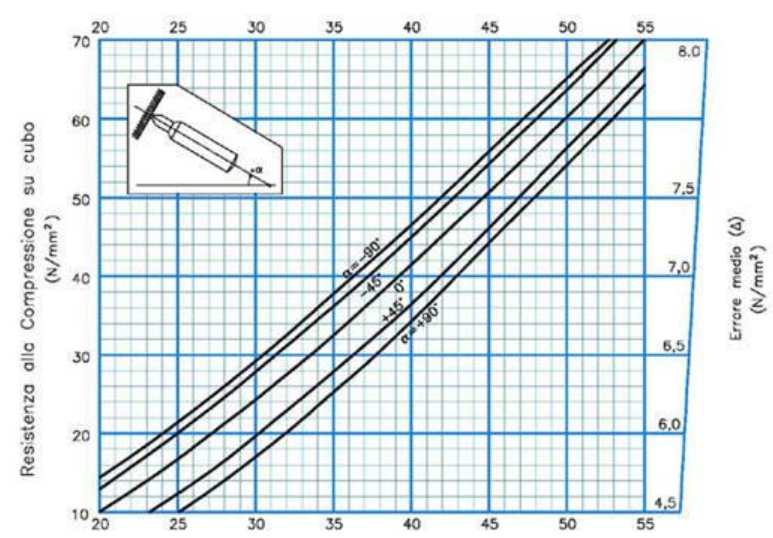
#### 4. PROVE SCLEROMETRICHE SU CALCESTRUZZO

Lo sclerometro è uno strumento d'indagine non distruttivo finalizzato al controllo della resistenza a compressione del calcestruzzo. L'attrezzatura è costituita da una massa battente d'acciaio, azionata da una molla che contrasta un'asta di percussione a contatto con la superficie di prova del calcestruzzo. Il valore del rimbalzo della massa battente è misurato mediante un indice di lettura traslato su una scala alloggiata nella cassa dello strumento.

Le prove sono state condotte in accordo con la norma UNI EN 12504-2:2001. Su tutte le parti strutturali esaminate, le misure sono state condotte utilizzando lo strumento di misura in posizione orizzontale e realizzando più colpi per ogni sezione di misura. Per le battute sclerometriche con lo strumento in posizione orizzontale, la curva di riferimento per la determinazione dei valori di resistenza caratteristica del getto è la curva A nella figura riportata di seguito.

Per ogni singolo punto d'indagine sono state eseguite dodici battute, disposte su una griglia con i punti di battuta a non meno di 25 mm di distanza l'uno dall'altro.

Il grafico sottostante riporta la correlazione tra l'indice di rimbalzo fornito dalle prove sclerometriche ed il valore di resistenza a compressione in  $\text{N/mm}^2$  in funzione della posizione del martello di battuta.



Le prove sono state eseguite sulla superficie del calcestruzzo avendo cura, ove la superficie non si presentava liscia, di operare un leggero condizionamento prima dell'esecuzione della prova.

Complessivamente sono state esaminate n. 7 aree di misura, e sono state eseguite n. 12 battute per ogni area di misura.

Per le prove sclerometriche è stato utilizzato uno sclerometro tipo Schmidt. Prima dell'esecuzione delle prove è stata verificata la taratura dello sclerometro utilizzando l'apposita incudine di taratura con indice di rimbalzo noto.

#### 4.1 Risultati delle misure sclerometriche

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti. I risultati sono espressi in termini di resistenza cubica a compressione  $R_c$  [N/mm<sup>2</sup>]. L'ubicazione dei punti di indagine è riportata nelle tavole in allegato.

Sigla	Elemento strutturale	Sclerometro															
		Battute												Min	Max	Media Indice di Rimbalzo (*)	Rcub,m [Mpa]
Sc-m-1	Pilastro	40	42	50	38	40	40	50	38	42	40	42	38	38	50	41	43
Sc-c-5	Trave	50	48	52	46	48	50	50	52	50	48	52	46	46	52	49	52
Sc-m-7	Pilastro	40	42	44	40	38	40	40	38	50	38	52	40	38	52	41	43
Sc-f-8 A	Ciabatta fondazione	40	40	38	38	40	42	40	38	42	40	40	40	38	42	40	46.5
Sc-f-8 B	Ciabatta fondazione	40	38	38	42	40	38	40	40	40	40	38	40	38	42	39	40
Sc-c-13	Trave	42	44	46	42	50	48	46	52	50	44	46	42	42	52	46	46
Sc-c-15	Trave	40	42	40	44	38	40	40	42	40	42	38	40	38	44	40	34

(\*) La media è stata calcolata eliminando i valori minimo e massimo



## 5. PROVA DI CARICO STATICO

Su n° 1 solaio di impalcato dell'edificio è stata eseguita una prova di carico statico al fine di simulare un carico distribuito di 400 kg/mq. La collocazione delle prove di carico è stata riportata in apposita tavola grafica allegata al presente report.

Lo scopo della prova è consistito nel rilevare le deflessioni dei solai (spostamenti verticali) al fine di valutare il comportamento delle strutture sotto l'azione dei carichi applicati.

### 5.1 Strumentazione di misura e di acquisizione dati

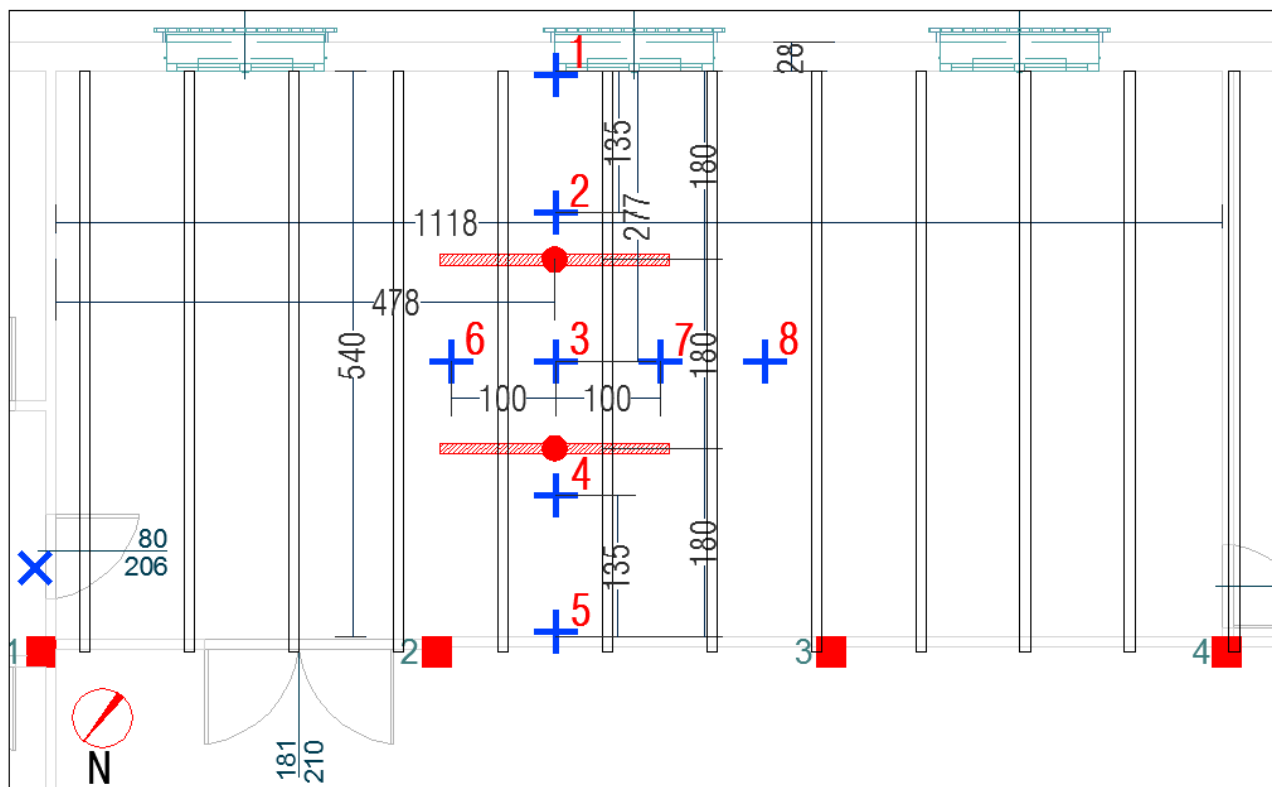
Il carico di prova è stata contrastata mediante apposizione di puntelli posti tra piano primo e solaio di soffitto.

Per le misure deformative è stato utilizzato un livello ottico di precisione con lettura su codice a barre con precisione strumentale di 1/10 di mm.

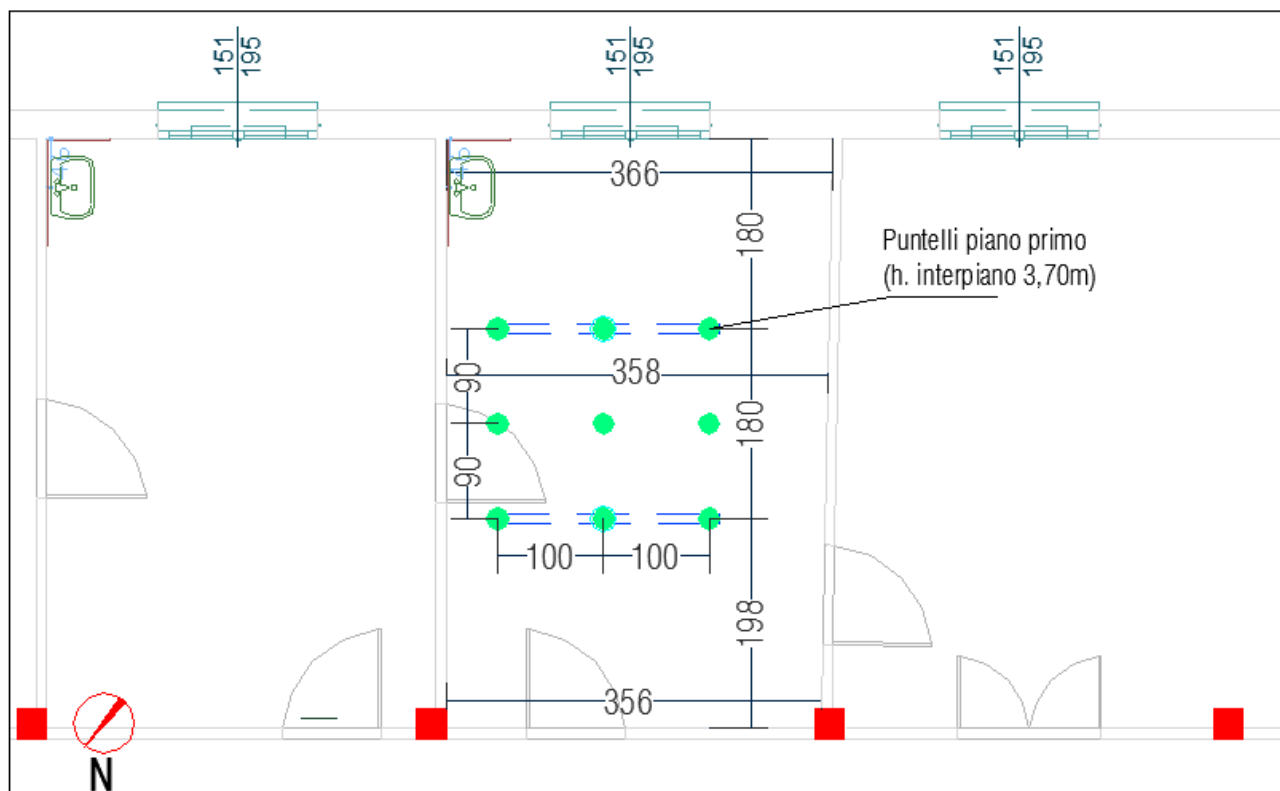
### 5.2 Prova di carico statico - Piano primo

Per l'esecuzione della prova sul solaio sono state impiegate contemporaneamente n. 2 martinetti idraulici con impronta di carico di 2 metri, misurando le deflessioni in n. 8 punti. In aggiunta è stata messa in conto anche la collaborazione trasversale del solaio.

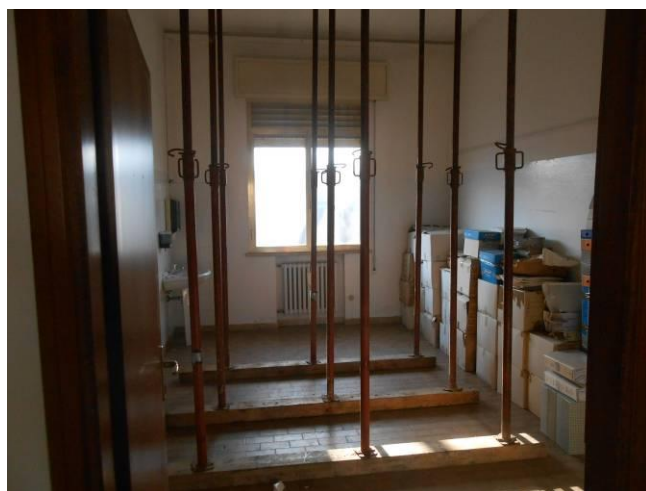
Carichi di prova e misura delle deflessioni disposti come illustrato nella tavola grafica sotto riportata.



*Schema posizioni dei sensori di misura*



Schema posizioni del carico



Dettaglio posizione della puntellazione tra piano primo e piano di soffitto

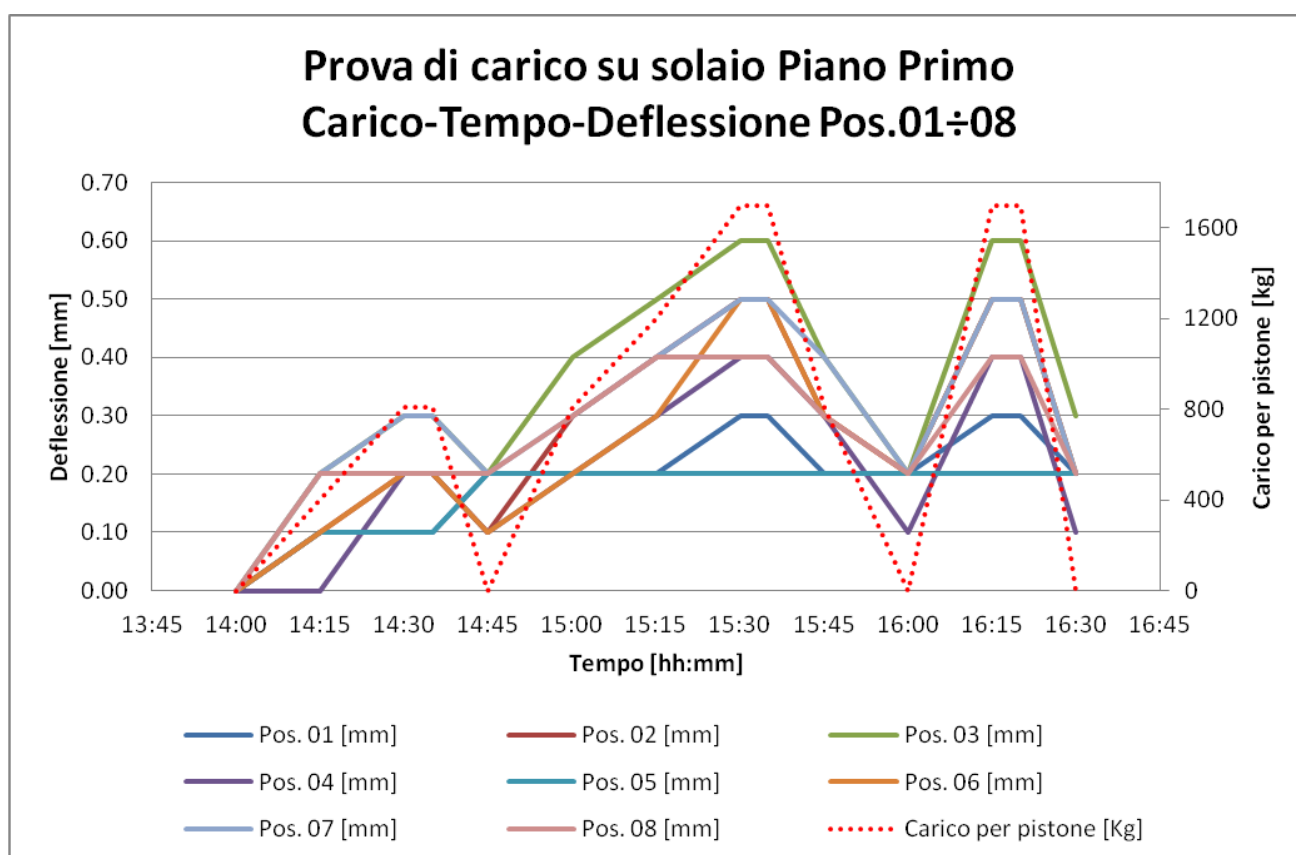


*Dettaglio posizione punti di misura e di carico*



*Dettaglio strumento di lettura delle misure*

I risultati ottenuti vengono di seguito illustrati con riferimento ai grafici di prova registrati e alla tabella numerica che mostra l'andamento delle deflessioni della struttura con il variare dei carichi applicati. I grafici di prova riportano anche la curva corrispondente al carico per pistone.



Carico per pistone	tempo	Pos. 01	Pos. 02	Pos. 03	Pos. 04	Pos. 05	Pos. 06	Pos. 07	Pos. 08
[Kg]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0	14:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
400	14:15	0.10	0.10	0.20	0.00	0.10	0.10	0.20	0.20
810	14:30	0.10	0.20	0.30	0.20	0.10	0.20	0.30	0.20
810	14:35	0.10	0.20	0.30	0.20	0.10	0.20	0.30	0.20
0	14:45	0.20	0.10	0.20	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20
810	15:00	0.20	0.30	0.40	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30
1200	15:15	0.20	0.40	0.50	0.30	0.20	0.30	0.40	0.40
1700	15:30	0.30	0.50	0.60	0.40	0.20	0.50	0.50	0.40
1700	15:35	0.30	0.50	0.60	0.40	0.20	0.50	0.50	0.40
810	15:45	0.20	0.30	0.40	0.30	0.20	0.30	0.40	0.30
0	16:00	0.20	0.20	0.20	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20
1700	16:15	0.30	0.50	0.60	0.40	0.20	0.50	0.50	0.40
1700	16:20	0.30	0.50	0.60	0.40	0.20	0.50	0.50	0.40
0	16:30	0.20	0.20	0.30	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20
Residuo [%]		66.67%	40.00%	50.00%	25.00%	100.00%	40.00%	40.00%	50.00%



## 6. MARTINETTI PIATTI SINGOLI E DOPPI

Per la valutazione della sollecitazione puntualmente agente e per la caratterizzazione del comportamento meccanico delle porzioni di muratura esaminate, sono state eseguite prove con martinetto piatto singolo e doppio (MPs e MPd), condotte in abbinamento in corrispondenza della medesima porzione muraria denominata come punto di indagine MP.

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle tavole allegate.

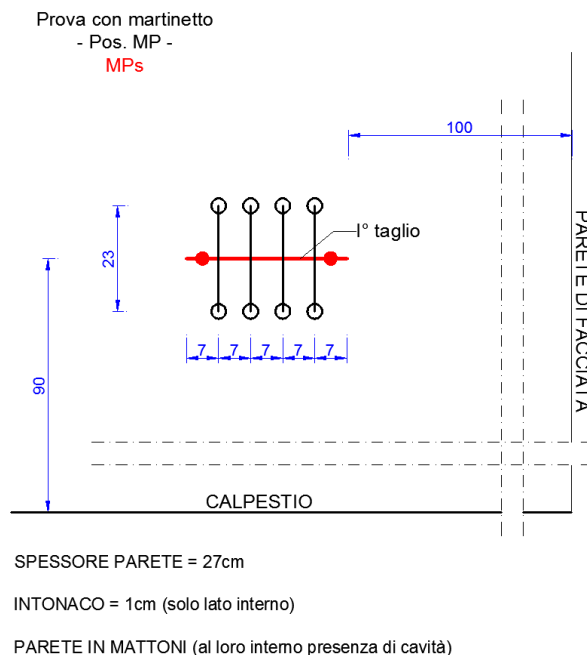
Per la realizzazione delle prove con martinetti piatti sono stati utilizzati martinetti piatti di forma semicircolare con superficie nominale pari a 778 cm<sup>2</sup>.

### 6.1 Prova con martinetto piatto singolo

La prova con martinetto piatto singolo permette di rilevare lo stato di sollecitazione locale presente nelle strutture murarie. La tecnica di prova si basa sulla variazione dello stato tensionale in un punto della struttura, provocata da un taglio piano di limitato spessore eseguito generalmente in corrispondenza di un corso di malta. Il rilascio delle tensioni provoca una parziale chiusura del taglio (deformazione), rilevata tramite misure di convergenza tra coppie di punti posti in posizione simmetrica rispetto alla discontinuità dovuta allo stesso taglio.

Viene quindi inserito all'interno del taglio un martinetto piatto realizzato mediante sottili lamiere di acciaio saldate, in cui la pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare la deformazione rilevata a seguito dell'esecuzione del taglio. In queste condizioni la pressione all'interno del martinetto corrisponde alla sollecitazione preesistente nella struttura, in direzione normale al piano del martinetto, a meno di una costante - fornita da prove di taratura e di calibrazione condotte in laboratorio - che tiene conto del rapporto tra l'area del martinetto e l'area del taglio nonché della rigidità intrinseca del martinetto.

Il ritorno alla distanza misurata prima dell'esecuzione del taglio viene eseguito tramite misure di spostamento rilevate in corrispondenza delle basi di misura. Le misure effettuate permettono anche di controllare il comportamento della struttura durante la fase di ripristino del carico. Una volta individuati i punti di prova vengono tracciate, utilizzando una apposita dima, le posizioni delle basi di misura secondo lo schema di misura riportato nella figura seguente. Dopo aver fissato i riscontri per le misure di deformazione, vengono eseguite le misure delle distanze relative tra coppie di riscontri (misura di zero) mediante calibro meccanico rimovibile millesimale. Tali distanze costituiscono i valori di riferimento, una volta eseguito il taglio, per il ripristino dello stato tensionale originario della struttura.



#### *Schema di misura per prova con martinetto piatto singolo*

Il taglio viene eseguito in modo tale da evitare sovraintagli. Dopo l'esecuzione del taglio viene inserito il martinetto piatto "scarico" (senza olio), attendendo quindi l'esaurimento del fenomeno di deformazione nell'intorno del taglio stesso, verificato mediante periodiche letture degli spostamenti relativi dei punti di misura (cioè le misure vengono ripetute dopo avere atteso il manifestarsi di eventuali ulteriori assestamenti).

Viene quindi iniziata la pressurizzazione del martinetto eseguendo un ciclo completo di carico e scarico. La pressione massima del ciclo corrisponde alla pressione di ripristino necessaria (pressione di compensazione) a riportare le lunghezze delle basi di misura agli stessi valori rilevati prima dell'esecuzione del taglio (lettura di zero).

Gli incrementi e decrementi di pressione vengono valutati in funzione dell'entità delle deformazioni indotte dal taglio e delle deformazioni conseguenti ai primi carichi applicati. Ad ogni passo in pressione, dopo un adeguato tempo di attesa comunque tale da garantire l'esaurimento della deformazione, vengono eseguite letture con calibro rimovibile sulle basi di misura e trascritte sull'apposito modulo di rapporto di prova.

Si introducono due fattori di correzione della pressione, letta al manometro, che tengono in conto l'uno della differenza fra l'area del martinetto e l'area del taglio ( $K_a$ ), l'altro dell'inerzia meccanica del martinetto stesso ( $K_m$ ).

$$K_a = \text{area martinetto} / \text{area taglio}.$$

Il coefficiente di taratura ( $K_m$ ) indica il fattore di correzione della pressione relativo all'inerzia meccanica del martinetto. Tale coefficiente è stato ricavato mediante taratura eseguita in laboratorio. Lo sforzo trasmesso dal martinetto alla struttura investigata è quindi fornito dalla seguente relazione:

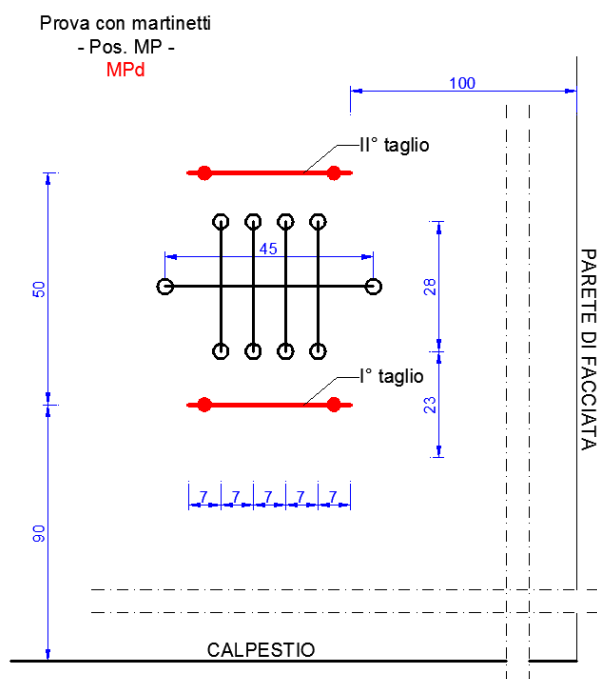
$$\sigma_n = P_{\text{manometro}} * K_a * K_m.$$

Come valore dello stato di sollecitazione presente nella struttura viene assunto il valore di pressione corretta che ha comportato il ripristino della distanza, misurata prima dell'esecuzione del taglio, in corrispondenza – in genere – della base di misura più centrata (base di misura 2-5). Nel caso di comportamento deformativo omogeneo della struttura muraria in esame, si considera la media degli spostamenti delle basi di misura.

## 6.2 Prova con martinetto piatto doppio

La prova consente di determinare le caratteristiche meccaniche di campioni rappresentativi di muratura. E' basata sulla misura degli spostamenti indotti dalla compressione monoassiale esercitata mediante pressurizzazione di due martinetti piatti.

La prova consiste nel realizzare in una porzione della muratura due tagli paralleli nei quali si inseriscono i due martinetti. La pressurizzazione di quest'ultimi comporta una compressione della muratura la cui deformazione indotta viene rilevata attraverso misure di convergenza tra coppie di punti posti simmetricamente in posizione ortogonale e parallela rispetto alle tracce dei due tagli, risalendo, in tal modo, ad un quadro completo delle deformazioni assiali e trasversali. A tale scopo, sulla superficie libera del campione vengono fissate diverse basi di misura per estensimetro meccanico rimovibile oppure elettrico.



*Schema di misura per prova con martinetto piatto doppio*

La muratura viene quindi sottoposta a uno o più cicli di carico con livelli di sollecitazione gradualmente crescenti; si determinano, così, le caratteristiche di deformabilità ed elastiche (coefficiente di Poisson e modulo elastico di Young secante) della muratura. Aumentando la pressione nei martinetti fino alla comparsa delle prime microfessure, si può arrivare a stimare la

resistenza a compressione della muratura e la resistenza ultima mediante estrapolazione della curva sforzi / deformazioni.

In generale l'approssimarsi del "limite di rottura dei campioni" può essere identificato, oltre che dalla comparsa di microfessurazioni, anche dalla evidenza di rilevanti deformazioni a parità di incrementi di carico, al limite da deformazioni continue a carico costante.

Il "punto di snervamento" viene identificato nelle curve pressioni – spostamenti come il punto in corrispondenza del quale si manifesta il cambiamento della pendenza. In generale l'identificazione del punto di snervamento richiede un accurato esame di tutte le curve fornite dalle diverse basi di misura (misure di convergenza) applicate. Il punto di snervamento viene utilizzato per la valutazione del modulo elastico di Young secante e del coefficiente di Poisson.

Uno dei vantaggi di questa tecnica consiste nel poter realizzare in sito una prova di compressione monoassiale su un campione indisturbato di adeguate dimensioni, rappresentativo dell'intera struttura. Al termine della prova i martinetti possono essere rimossi e la muratura viene facilmente ripristinata, cementando i corsi di malta precedentemente asportati per inserire i martinetti. In alternativa i martinetti possono essere lasciati in opera per eventuali successivi controlli. La prova consente di determinare le caratteristiche meccaniche di un campione rappresentativo di muratura. E' basata sulla misura degli spostamenti indotti dalla compressione monoassiale esercitata su un campione di muratura di dimensioni apprezzabili mediante pressurizzazione di due martinetti piatti.

La parte di muratura interessata dall'esecuzione della prova con martinetti piatti, sia singoli che doppi, viene depurata dello strato di intonaco e opportunamente ripulita, in maniera tale da garantire una maggiore affidabilità dei valori numerici riscontrati.

Una volta individuati i punti di prova vengono tracciate, utilizzando un'apposita dima, le posizioni delle basi di misura secondo lo schema riportato nelle schede di dettaglio della prova eseguita.

Le basi di misura primarie identificano le deformazioni verticali in compressione, mentre quelle secondarie consentono la misura delle dilatazioni / contrazioni trasversali. Dopo aver fissato i riscontri per le misure di deformazione ed aver eseguito i tagli, vengono rilevate le misure delle distanze relative tra coppie di riscontri (misura di zero) mediante calibro meccanico rimovibile millesimale oppure estensimetro elettrico. I tagli sono eseguiti in modo tale da garantire il parallelismo degli stessi ed avendo cura di limitare i sovrintagli.

Dopo l'esecuzione dei tagli vengono inseriti i due martinetti piatti "scarichi" (senza olio), attendendo quindi l'esaurimento dei fenomeni di deformazione nell'intorno dell'area di prova. Viene, quindi, dato inizio alla pressurizzazione dei martinetti con incrementi di carico costanti.

Gli incrementi e decrementi di pressione sono valutati in funzione dell'entità delle deformazioni conseguenti ai primi carichi applicati. Ad ogni passo in pressione, dopo un adeguato tempo di attesa comunque tale da garantire l'esaurimento della deformazione, vengono eseguite e registrate le letture sulle diverse basi di misura.



Di norma, a meno di particolari situazioni, si interrompe la fase di carico ad avvenuta “rottura” del materiale investigato (identificata dalla comparsa di microfessurazioni, e/o dalla evidenza di rilevanti deformazioni a parità di incrementi di carico, al limite da deformazioni continue a carico costante) e si procede eseguendo la fase di scarico a decrementi costanti, fino al raggiungimento della pressione nulla nel circuito oleodinamico.

Scopo principale della prova con doppio martinetto piatto è ottenere informazioni sulle caratteristiche di deformabilità (coefficiente di Poisson) ed elastiche (modulo elastico di Young secante) del materiale investigato in condizioni al contorno definite e controllate.

In fase di elaborazione dei dati rilevati in sito, si introducono due fattori di correzione della pressione, letta al manometro, che tengono in considerazione l’uno la differenza fra l’area del martinetto e l’area del taglio ( $K_a$ ), l’altro l’inerzia meccanica del martinetto stesso ( $K_m$ ).

Le caratteristiche della troncatrice utilizzata consentono una superficie minima di taglio pari a 811 cm<sup>2</sup>, di poco superiore a quella del martinetto di misura (778 cm<sup>2</sup>); il coefficiente di forma  $K_a$  viene, quindi, introdotto per considerare la riduzione di carico trasmesso alla struttura dovuta a tale differenza nelle aree:

$$K_a = \text{area martinetto} / \text{area taglio}$$

Con il coefficiente di taratura ( $K_m$ ) si introduce il fattore di correzione della pressione dovuto all’inerzia meccanica del martinetto. Tale coefficiente è stato ricavato mediante taratura eseguita in laboratorio.

Lo sforzo trasmesso dal martinetto alla struttura investigata è quindi fornito dalla seguente relazione:

$$\sigma_n = P_{\text{manometro}} * K_a * K_m.$$

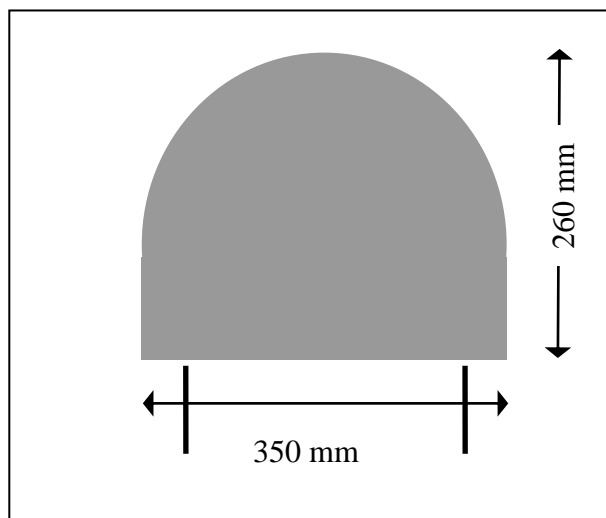
Per ricavare il modulo di elasticità viene utilizzata la seguente formula generale (*Lamè*):

$$\text{Modulo elastico } E = (1+\nu)l_o(\Delta P/\Delta l)$$

In cui:  $\nu = \epsilon_p \text{ medio} / \epsilon_o \text{ medio}$  è il Coefficiente di Poisson relativo al materiale testato (da *Brady & Brown*),  $\Delta P$  è la media degli incrementi di pressione misurati al punto di snervamento per ognuna delle basi di misura ortogonali ai tagli,  $l_o$  rappresenta la lunghezza standard di ciascuna base di misura a carico nullo (280 mm – 450 mm) e  $\Delta l$  è la media delle variazioni di lunghezza misurate al punto di snervamento per ognuna delle quattro basi di misura ortogonali ai tagli.

In particolare il coefficiente di Poisson si determina risalendo alle deformazioni medie in direzione parallela ed ortogonale ai tagli, considerando la fase di carico di ciascuna base di misura fino al relativo punto di snervamento.

### 6.3 Attrezzatura di prova



Sono stati utilizzati martinetti piatti di forma semicircolare ellittica con superficie nominale pari a  $778 \text{ cm}^2$  (si veda figura a lato).

Un martinetto piatto è costituito da due lamine di differente spessore saldate tra loro lungo i bordi (spessore totale del martinetto = 3,5 mm). Due tubi metallici saldati lungo il lato rettilineo permettono il collegamento con l'unità di pressurizzazione.

Ogni singola parte dello strumento (lamine, saldature, tubi metallici) è stata testata ad alta pressione per verificarne la perfetta tenuta in condizioni di prova.

La pressurizzazione del martinetto piatto avviene per mezzo di una pompa oleodinamica manuale a leva dotata di manometro digitale con campo di misura 0-700 bar e precisione pari a 0,5% del fondo scala. Tale pompa è dotata di tappo di carico con valvola di depressurizzazione. Il liquido di misura è contenuto in un serbatoio cilindrico di adeguata capacità e consiste in olio per circuiti oleodinamici.

Per la prova MPd le misure di convergenza sono state effettuate mediante estensimetri elettrici con risoluzione di 0,001 mm; basi di misura di lunghezza pari a 280 mm e a 450 mm rispettivamente in direzione trasversale e parallela ai tagli. I punti di misura sono stati realizzati mediante modalità di installazione tali da assicurare un collegamento solidale con il materiale da investigare.

Il taglio è eseguito mediante apposita moto-troncatrice idraulica azionata da un gruppo di alimentazione idraulico con motore a combustione. Tale troncatrice è dotata di una lama diamantata da 350 mm di diametro che consente una profondità di taglio di 260 mm circa e permette di tagliare strutture in cemento armato, mattoni, rivestimenti murali ed altri manufatti edili. Le sue caratteristiche geometriche e meccaniche sono tali da garantire l'esecuzione di una nicchia ben calibrata rispetto alle dimensioni del martinetto piatto, tale da ridurre al minimo lo scarto tra area di taglio ed area del martinetto e tale da consentire l'esecuzione della prova senza dover dimensionare il taglio ricorrendo a ritocchi con malta.

### 6.4 Risultati ottenuti

Di seguito si riportano in sintesi i risultati forniti dalla prova con martinetto singolo, in termini di sollecitazioni locali presenti nella struttura muraria.

<i>Indagine</i>	<i>Pressione di compensazione</i> [bar]
MPs	0.7

Per ciascuna prova con martinetto piatto doppio MPd vengono invece allegate sei schede:

- la prima scheda fornisce i dati identificativi della prova, le caratteristiche del martinetto piatto impiegato, i dati identificativi dell'area di prova, ed una sintesi dei risultati ottenuti in termini di deformazione media delle quattro basi primarie, di valore del modulo di elasticità E e di valore del coefficiente di Poisson;
- la seconda e la terza scheda riportano i grafici di prova rispettivamente per ciascuna delle basi primarie e secondaria per i cicli di carico e scarico eseguiti;
- la quarta scheda riporta i valori tabellari di prova per ciascuna delle basi primarie e secondaria e per i cicli di carico e scarico eseguiti;
- la quinta e la sesta scheda riportano la tabella riassuntiva dei punti di snervamento stimati per ogni base di misura, le pressioni di snervamento, le variazioni di lunghezza della basi a snervamento e la tabella riassuntiva con le deformazioni utilizzate per il calcolo del coefficiente di Poisson.



*Prova con martinetto piatto singolo MPs*

Rimandando per ogni approfondimento alle schede allegate che riportano in dettaglio i risultati forniti dalla prova MPd con martinetto piatto doppio, in sintesi ed in particolare si osserva quanto segue:

- sono stati realizzati più cicli di carico e scarico completi, in modo da permettere con il primo ciclo, condotto fino a valori di sollecitazione più contenuti, un migliore alloggiamento dei martinetti all'interno dei tagli ed al fine di eliminare cedimenti residui causati da assestamenti della muratura a seguito dei primi carichi di prova;
- la prova è stata protratta, con il secondo ciclo di carico, fino alla pressione di  $71.0 \text{ daN/cm}^2$ , alla comparsa delle prime micro fessurazioni.



*Prova con martinetto piatto doppio MPd*



*Fessure al termine della prova con martinetto piatto doppio MPd*

Nella tabella successiva vengono riassunti i risultati della prova MPd con martinetto piatto doppio:

<i>Ubicazione</i>	<i>Punto di snervamento [daN/cm<sup>2</sup>]</i>	<i>Modulo E [MPa]</i>	<i>Coefficiente <math>\nu</math> [-]</i>
<b>MPd</b>	30.8	6118	0.20

Tenuto conto dell'andamento delle curve sperimentali rilevate, i valori forniti dalle prove in situ, confrontati con quanto contenuto nella tabella C8A.2.1 delle "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche di cui al D.M. 14/01/2008" (Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2 febbraio 2009 n. 617), appaiono mediamente corrispondenti alle caratteristiche meccaniche previste per "muratura in blocchi laterizi semipieni", mettendo anche eventualmente in conto buone caratteristiche dei corsi di malta riscontrate durante le fasi di taglio della porzione muraria per alloggiamento del martinetto piatto.



Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte;  $f_m$  = resistenza media a compressione della muratura,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	$w$ (kN/m <sup>3</sup> )
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$ )	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

## 7. PROVE SHAVE TEST

La prova di shave test è stata eseguita per la valutazione della resistenza a taglio della muratura, operando in corrispondenza delle medesime porzioni murarie indagate con i martinetti piatti.

### 7.1 Modalità di prova

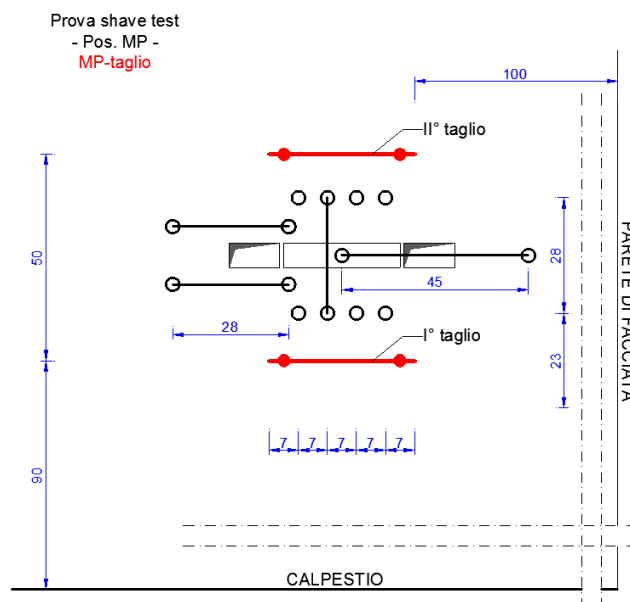
La prova di taglio diretto è finalizzata alla determinazione del valore medio di resistenza a taglio in situ. La prova consiste nel far slittare orizzontalmente un elemento di laterizio opportunamente isolato lateralmente dal resto della muratura.

La forza orizzontale viene trasmessa da un martinetto idraulico opportunamente inserito nella muratura. Tale forza è dipendente dallo stato di compressione agente sull'elemento di laterizio.

La prima fase della prova è l'estrazione di due mattoni (o quota parte di mattone per minimizzare il disturbo arrecato alla muratura) adiacente all'elemento in prova, per fare posto al martinetto idraulico.

Unitamente al martinetto idraulico, vengono inserite delle piastre metalliche di opportune dimensioni, allo scopo di ripartire uniformemente il carico applicato dal martinetto.

La prova permette eventualmente anche di determinare la tensione di taglio al variare del carico verticale. Infatti, con riferimento all'immagine sottostante, eseguendo la prova all'interno della porzione muraria compresa tra i due martinetti piatti della prova MP, sono stati eseguiti più cicli di carico – senza esecuzione della fase di scarico – al variare dello sforzo di compressione agente sul provino tramite i martinetti piatti.



*Dettaglio della schema di prova con controllo dello sforzo di compressione agente sul provino*

La prova viene quindi eseguita incrementando la pressione al martinetto orizzontale fino a quando il mattone si sposterà continuamente con carico orizzontale costante, oppure moderatamente crescente, a fronte di ampi spostamenti orizzontali.



*Prova shave test MP*

La tensione  $\tau$  al momento della rottura è calcolata come:

$$\tau = T / A$$

dove:

T è la massima forza orizzontale esercitata nella prova e A è la somma dell'area lorda dei giunti orizzontali superiore e inferiore del campione in prova.

Il metodo di prova utilizzato ha previsto il controllo della compressione agente sul provino, ma a causa della rottura dei mattoni durante il secondo step di carico non è stato possibile determinare  $\sigma_0$  di scorrimento a muratura scarica.

È comunque possibile stimarne l'entità per valutare la resistenza  $\tau_0$  sotto compressione nulla:

$$\tau = \tau_0 + \mu \cdot S_v$$

dove lo stato di compressione  $S_v$  presente nel provino al momento della prova deve essere stimato. Allo scopo potrebbe essere opportuno fare riferimento ai risultati della prova con martinetto piatto singolo.

Il coefficiente d'attrito  $\mu$  deve essere ipotizzato. Studi di laboratorio hanno indicato a grandi linee che detto coefficiente varia tra 0,3 e 1,6 con valore medio di 1 e coefficiente di variazione compreso fra 30 e 50 %. È però evidente che la variabilità di questo fattore per prove in sito potrebbe risultare anche maggiore.

Sempre indicativamente, in letteratura tecnica di settore viene anche riportato che esperienze maturate nell'uso di questo metodo hanno evidenziato che il valor medio della tensione tangenziale

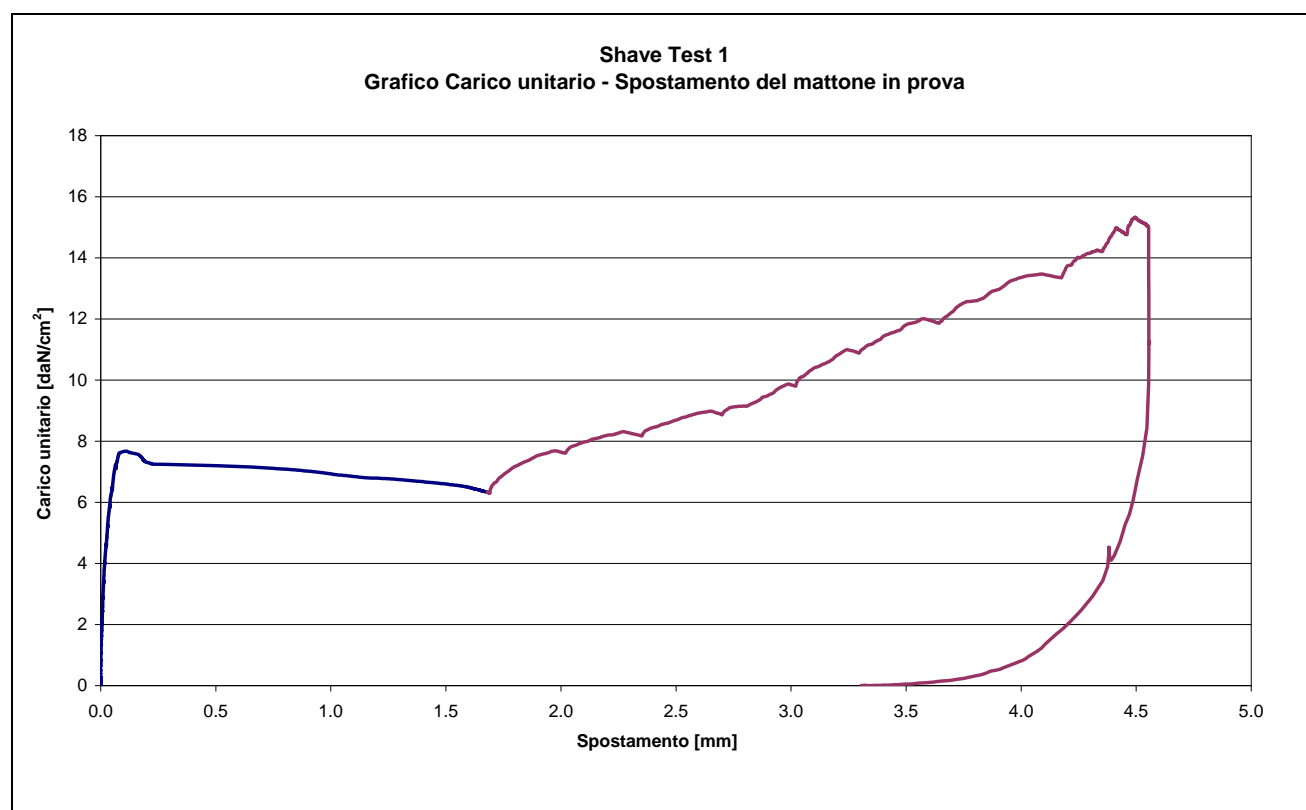
lungo il giunto di malta al raggiungimento dello scorrimento del mattone è risultato da tre a cinque volte superiore alla resistenza a taglio valutata per mezzo della prova a compressione diagonale.

## 7.2 Risultati delle prove

In sintesi, il risultato ottenuto dalla prova di Shave Test in termini di carico unitario a rottura può essere così riassunto:

	MP
$\tau$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	7.7

I grafici riportati di seguito illustrano gli spostamenti del campione oggetto di prova al variare del carico unitario per i diversi cicli di carico. Il carico unitario è stato valutato come rapporto tra la forza tagliente orizzontale T applicata dal martinetto e l'area A della giuntura corrispondente ai due letti di malta superiore ed inferiore del mattone sottoposto a prova. Il provino oggetto di prova aveva dimensioni in pianta pari a 12.3 x 26 cm.



Il primo tratto (di colore blu) del grafico sopra riportato rappresenta lo spostamento del mattone in prova (base 1) in funzione del carico orizzontale applicato, con pressione all'interno dei martinetti piatti pari a 0.7 bar. Lo scorrimento del mattone è stato ottenuto al carico di circa 7.7 daN/cm<sup>2</sup>.

Il secondo tratto (colore rosso) del grafico rappresenta lo spostamento del mattone in prova in funzione del carico orizzontale applicato con pressione all'interno dei martinetti piatti pari a circa 1.5



bar. In queste condizioni di prova è stato raggiunto un carico unitario sul mattone pari a circa  $15.3 \text{ daN/cm}^2$  (corrispondente alla pressione massima del martinetto di 700 bar) che ha provocato la rottura del mattone in prova in prossimità della prima cavità interna.

Di seguito si riporta infine il grafico relativo agli spostamenti della basi 2 e 3 installati sulla porzione di muratura di contrasto.



## **8. INDAGINI MASW**

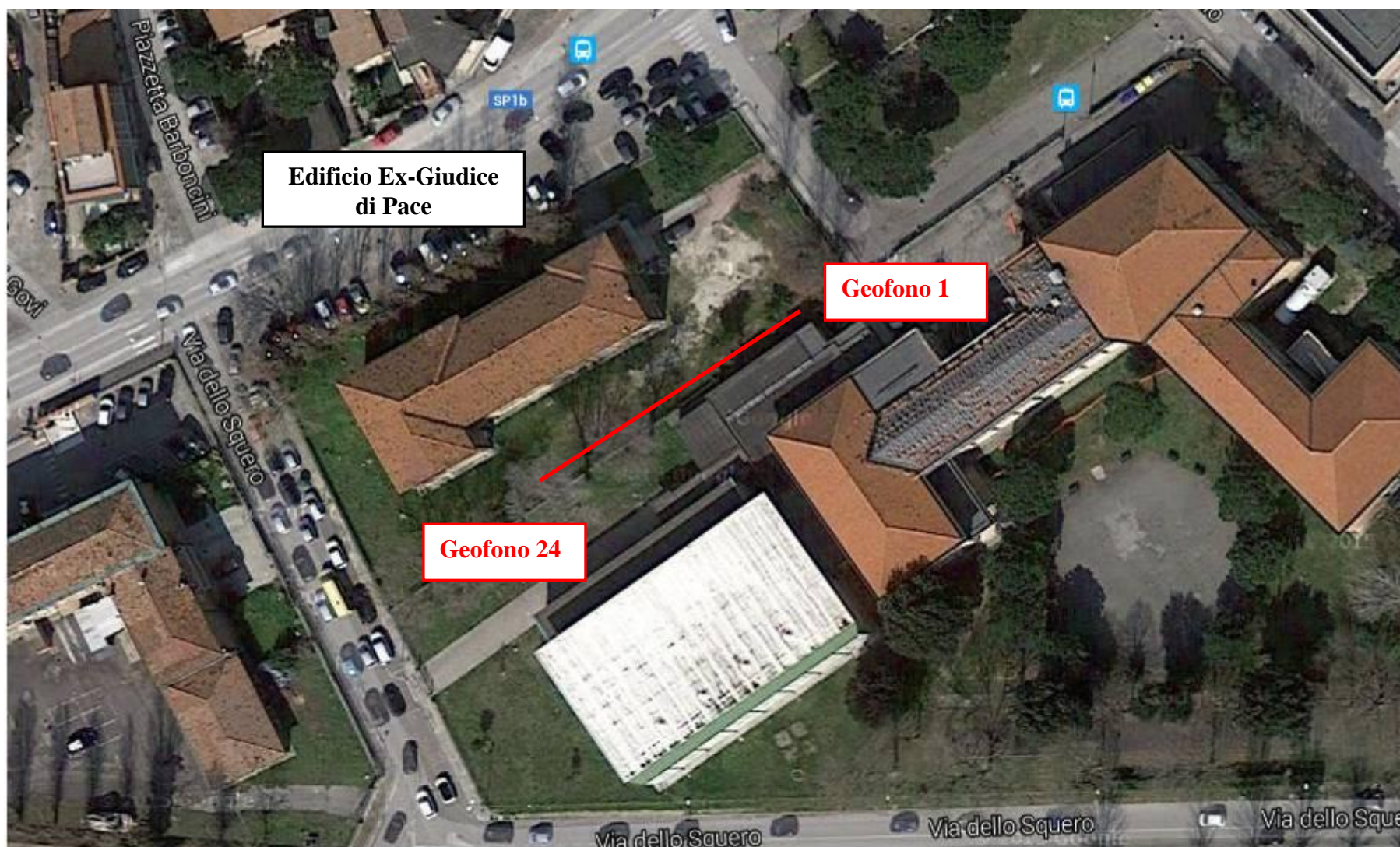
All'interno della campagna di indagini in oggetto è stata eseguita anche un'indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), finalizzata alla determinazione dei parametri sismici del terreno.

Scopo principale dell'indagine è stato quello di caratterizzare il terreno tramite l'analisi del parametro fisico della velocità sismica delle onde superficiali nei primi 30 m di substrato, avendo come obiettivi:

- caratterizzazione sismica del substrato investigato
- calcolo del parametro di  $V_{s30}$  lungo i profili

### **8.1 Area di studio**

Con riferimento allo schema grafico riportato di seguito, l'area di indagine è costituita da un'area verde che circonda l'Edificio Ex-Giudice di Pace di Via Fattibello in Comacchio (FE) e posizionata tra l'edificio ed la palestra sportiva di una Scuola Statale. Lo stendimento, di lunghezza pari a 46 m, è stato collocato in un'area che presentava superficie sufficientemente ampia ed il più possibile libera da disturbi quali pozzetti, tubature interrato e vibrazioni indotte da fattori esterni.



Area di indagine – Posizione geofoni da 1 a 24



## 8.2 Indagine condotta e strumentazione utilizzata

L'indagine sismica condotta con tecnica MASW viene riportata nella tabella seguente.

Profilo sismico	Lunghezza stendimento* (m)	Distanza intergeofonica (m)	Record length (s)	Sample interval (ms)
MASW 1	46	2	1	0.256

\*La lunghezza è riferita ai metri coperti dai geofoni impiegati e non considera le energizzazioni effettuate al di fuori degli stessi



*Stendimento dei geofoni di misura*

Di seguito viene elencata la strumentazione utilizzata per l'esecuzione dell'indagine sismica ed un'immagine relativa al sistema di acquisizione.



Strumentazione	Quantità
Sismografo Echo 24/2010 24 canali - 24 bit	1
Cavo multipolare	2
Geofoni 4,5 Hz	24
Hammer switch	1
Mazza strumentata da 7 Kg	1



*Sistema di acquisizione per indagini MASW*

### **8.3 Profili sismici con tecnica MASW**

Le tecniche per la determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio sono diverse e si distinguono principalmente tra tecniche di tipo diretto o indiretto e tra tecniche di tipo attivo e di tipo passivo. Nessuna tecnica è in grado di garantire la completa affidabilità nella determinazione dei parametri dei terreni presenti nel sottosuolo. Occorre pertanto appoggiarsi ad informazioni di tipo stratigrafico per poter interpretare correttamente le informazioni deducibili dall'interpretazione dei dati delle campagne d'indagine.

### **8.4 Cenni teorici**

L'energia prodotta da una sorgente si propaga nel mezzo generando vari tipi di onde. Le onde di volume sono generate da una sorgente meccanica interna al mezzo e si propagano all'interno di esso con fronti d'onda sferici o semisferici (a seconda che la sorgente sia completamente interna o sulla frontiera) di raggio sempre più ampio.

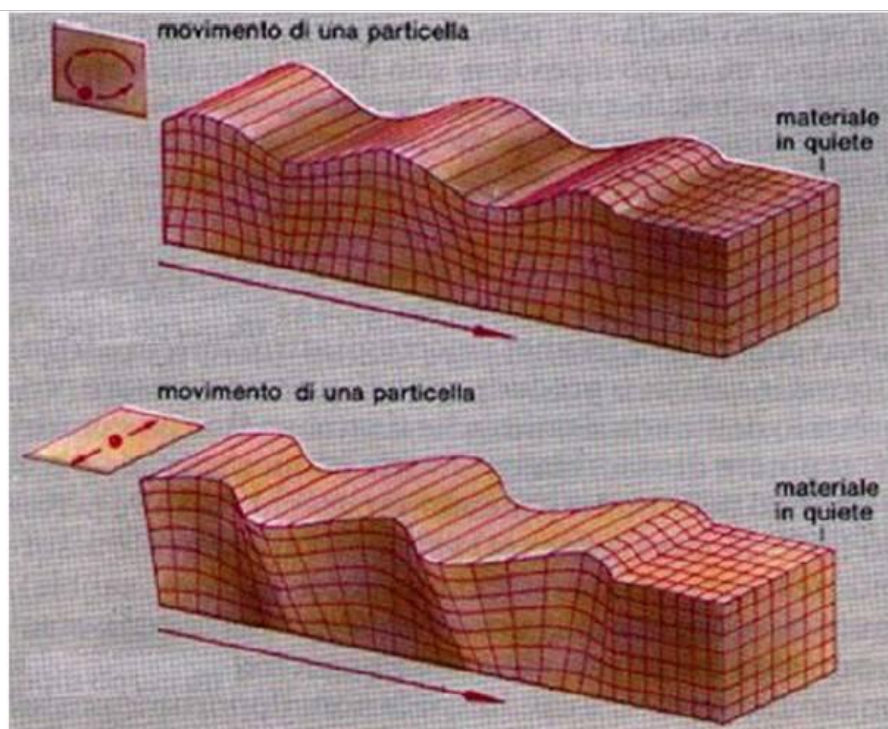
Se il mezzo è semi-infinito (come nel caso del terreno), l'impatto delle onde di volume con la superficie libera è accompagnato dalla generazione di nuove onde, denominate onde di superficie perché interessano solo la parte più superficiale del mezzo.

Le onde superficiali sono principalmente di due tipi: onde di Love ed onde di Rayleigh. Le onde di Love (L) producono vibrazioni orizzontali polarizzate nella direzione perpendicolare alla direzione di propagazione e deformazioni di taglio.

Le onde di Rayleigh (R) si propagano secondo fronti d'onda cilindrici e producono vibrazioni che sono la risultante di una vibrazione polarizzata su un piano verticale, in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione, e di una vibrazione orizzontale polarizzata lungo la direzione di propagazione. Il moto risultante sul piano verticale è ellittico retrogrado. La deformazione indotta è sia di taglio che di compressione. Questa tipologia di onda assume un ruolo fondamentale nelle "misure sismiche di superficie" tramite indagine MASW.

Onde di Rayleigh (R)

Onde di Love (L)

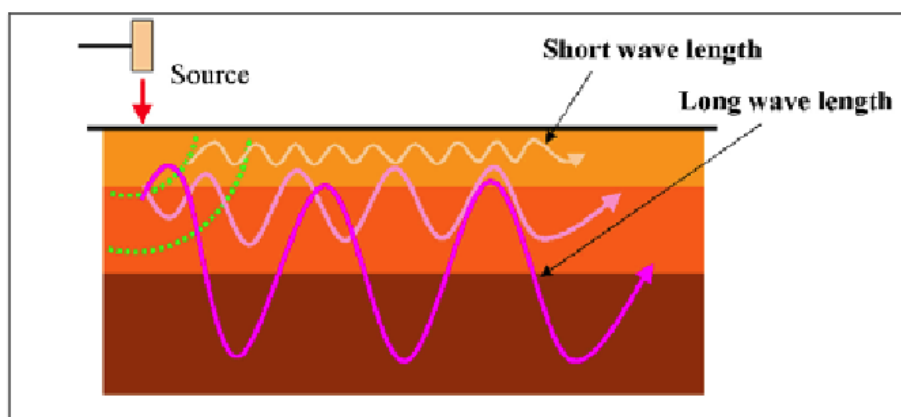


Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo-omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione e onde di taglio verticali.

Le onde superficiali R viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo dispersivo (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con

diverse velocità di fase e velocità di gruppo o, in maniera equivalente, si può affermare che la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

Come schematizzato nell'immagine sottostante, la natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde a bassa frequenza, caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, si propagano negli strati più profondi e quindi danno informazioni sugli strati più profondi del suolo. Al contrario, onde superficiali ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, hanno meno energia ed una penetrazione ridotta, propagandosi quindi sulla parte più superficiale del suolo.



Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

Esistono diversi metodi per questo tipo di indagini che si dividono in base al tipo di sorgente utilizzata. Nel caso di registrazione di rumore “naturale” si parla di metodo passivo dei Microtremori (o Re.Mi.), nel caso in cui si opera con una sorgente attiva il metodo è definito M.A.S.W. (*Multichannel Analysis Surface Waves*). Quest'ultimo rappresenta l'evoluzione del metodo S.A.S.W. (*Spectral Analysis Surface Waves*), dal quale differisce per l'uso di un dispositivo di acquisizione multicanale rispetto al singolo canale, aspetto che comporta un netto miglioramento in termini di precisione e affidabilità dei risultati, in quanto fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase avvalorandone la veridicità.

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti. Il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza generalmente compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 30 - 40 m di profondità in funzione anche della rigidità del suolo). Il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda

di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

I metodi attivi consistono quindi nel registrare le vibrazioni indotte artificialmente nel terreno da una sorgente, rappresentata tipicamente da una massa battente o da un fucile sismico. Il punto di sollecitazione dinamica in superficie costituisce il punto di propagazione delle onde superficiali che vengono registrate dalla catena di geofoni. Tale tecnica consente di dettagliare la risposta e le proprietà dinamiche soprattutto per quanto riguarda le porzioni superficiali di terreno, perdendo capacità risolutiva col progredire della profondità.

Il modello di interpretazione nella metodologia MASW si basa sul presupposto teorico e ideale di un sottosuolo a strati orizzontali piano-paralleli di spessore costante ed inoltre, che il sito investigato non presenti variazioni stratigrafiche lungo l'array considerato. Il risultato al quale si giunge, rappresenta l'andamento medio del valore della velocità delle onde di taglio in corrispondenza della zona centrale della linea sismica.

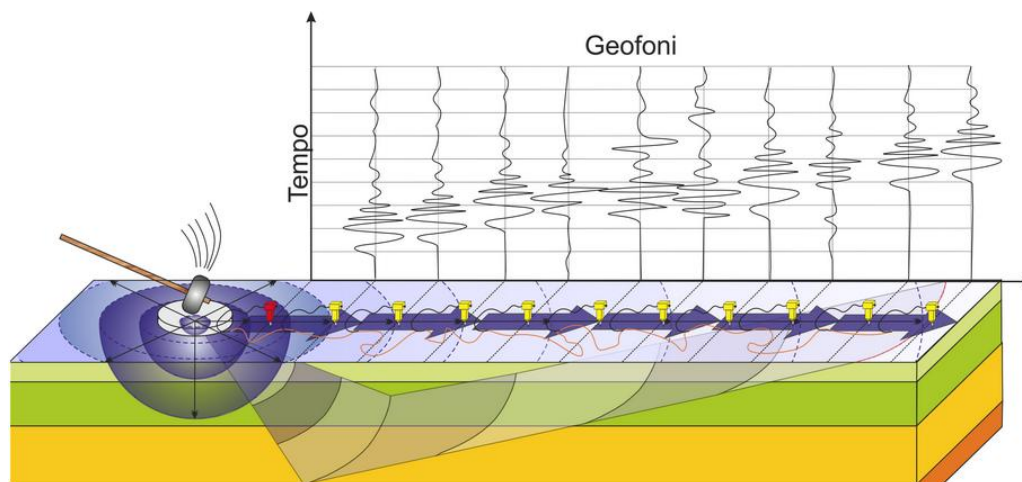
#### **8.5 Modalità d'acquisizione dati**

La registrazione delle onde di superficie è stata effettuata mediante l'impiego di un'apparecchiatura per l'acquisizione sismica a rifrazione.

La spaziatura geofonica e conseguentemente la lunghezza complessiva dell'array, rappresentano una sorta di filtro in frequenza del segnale che si vuole acquisire e sono quindi strettamente connessi agli obiettivi prefissati dall'indagine e al contesto geologico. Da ciò ne deriva che quanto maggiore sarà la spaziatura tanto maggiore sarà la profondità di indagine, in maniera inversamente proporzionale alla qualità risolutiva dei primi metri di substrato investigato.

I fondamenti teorici della metodologia MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali; pertanto una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 15° - 20° sia della topografia che delle diverse discontinuità elastiche. Per valutare la validità di mono-dimensionalità (strati piano paralleli) e la stabilità della curva di dispersione caratteristica del sito, durante la fase di acquisizione si sono eseguiti "shots" posti alle due estremità opposte dello stendimento.





Ciascuna energizzazione è il risultato di una serie di colpi (da 1 a 3) effettuate tramite una mazzetta strumentata con punto di battuta posizionato a 1 e 2 volte la distanza intergeofonica dagli estremi dello stendimento, finalizzati all'ottenimento di un miglior rapporto segnale-rumore.

Nella successiva fase di processing, per mezzo di un software dedicato, i dati sono stati elaborati congiuntamente in modo da avere una maggiore attendibilità e una più accurata risoluzione dei risultati dei dati acquisiti dall'array di geofoni.

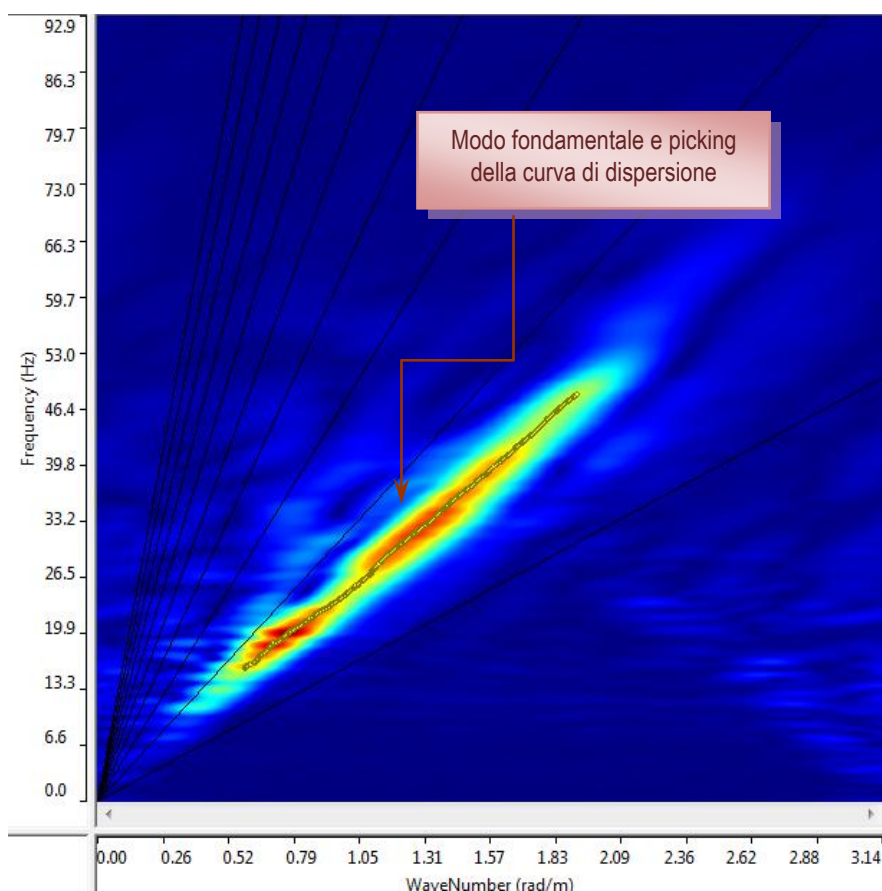
## 8.6 Data processing

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh in funzione della frequenza.

Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde superficiali di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse.

La velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k. Con riferimento all'immagine esemplificativa sottostante, si può così ottenere una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde superficiali di Rayleigh  $V_s$  determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_s(f) = 2 \pi * f/k$$



**Spettro nel dominio f-k (frequenza-numero d'onda)**

Nel grafico sopra riportato, le parti colorate in rosso e giallo rappresentano le zone a maggiore densità spettrale. Le linee nere oblique uscenti dall'origine invece rappresentano le rette a velocità  $V_s$  costanti, qui rappresentate con cadenza di 100 m/sec da 100 a 1000 m/sec.

La curva di dispersione tuttavia può non essere sempre facile da estrarre in quanto dipende molto dalla pulizia dei dati acquisiti e più in generale dagli altri segnali presenti nel sismogramma (quali ad esempio onde di pressione, onde di Rayleigh di ordine superiore, suono e rumore incoerente, ...).

Una volta individuato il modo fondamentale delle onde superficiali, si procede al picking della curva di dispersione sperimentale e quindi alla trasformazione dell'allineamento di punti individuato in forma di un diagramma frequenza-velocità, utilizzabile nella successiva fase di inversione.

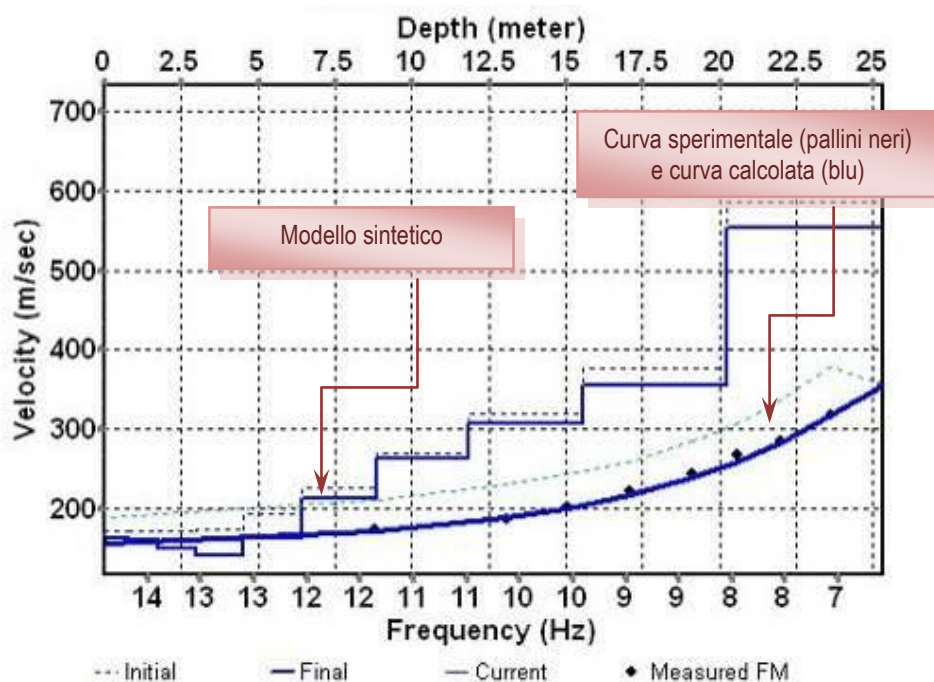
La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco – elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Nel processo di inversione, la curva di dispersione sperimentale viene confrontata con una curva di dispersione calcolata associata ad un modello sintetico che verrà successivamente modificato in base alle differenze riscontrate tra le due curve. Questo procedimento viene ripetuto iterativamente sino ad

ottenere la convergenza tra curva teorica e sperimentale, basandosi su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura.

Il modello teorico che si può ottenere non è univoco ed è quindi necessario confrontarlo e tararlo con le conoscenze geologiche del sito (ad esempio: sondaggi geognostici, prove penetrometriche, stratigrafie esistenti, indagini sismiche a rifrazione, cross-hole, down-hole) onde poter passare all'identificazione di un modello reale definitivo.

Nell'immagine sottostante viene riportato un esempio di diagramma velocità (in ordinata) - frequenza (in ascissa), in cui si apprezza il fitting tra le curve di dispersione sperimentale e quella calcolata ed il relativo modello sintetico calcolato di velocità  $V_s$  in funzione della profondità riportata sull'asse secondario delle ascisse.



*Diagramma velocità onde - frequenza*

## 8.7 Classificazione del suolo di fondazione

La recente normativa nazionale in materia di Norme Tecniche delle Costruzioni subentrata nell'ottobre 2005 all'Ordinanza 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri, e più recentemente aggiornata nel 2008, ha introdotto tra l'altro una nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. La nuova normativa nazionale introduce una classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto. Tale classificazione distingue tra cinque categorie principali (dalla A alla E) alle quali sono aggiunte altre due (S1 ed S2) per le quali è richiesta l'effettuazione di studi di dettaglio per la valutazione, in fase di progettazione esecutiva, dell'azione sismica da considerare.

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs30 [m/s]	NSPT	Cu [kPa]
<b>A</b>	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800		
<b>B</b>	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata cu > 250 kPa)	< 800 > 360	> 50	> 250
<b>C</b>	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < NSPT < 50, 70 < cu < 250 kPa)	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
<b>D</b>	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (NSPT < 15, cu < 70 kPa)	< 180	< 15	< 70
<b>E</b>	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s			
<b>S1</b>	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille / limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s (10 < cu < 20 kPa)	< 100		< 20 > 10
<b>S2</b>	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Tale classificazione si basa principalmente sulla conoscenza del valore del parametro  $V_{s30}$  che rappresenta il valore medio della velocità di propagazione delle onde di taglio (S) entro i primi 30 metri di profondità.



Il valore di  $V_{S30}$  viene calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{(i=1,N)} h_i/V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio in m/sec (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ , per deformazioni piccole e nel campo delle deformazioni elastiche) dello strato i-esimo per un totale degli N-strati riconosciuti nei primi 30 metri di sottosuolo a partire dalla superficie.

La determinazione del valore delle onde di taglio negli strati superficiali, insieme ad una dettagliata ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, è ritenuta fondamentale per valutare sia gli effetti legati allo scuotimento indotto dal sisma sul terreno (fenomeni di liquefazione, fenomeni di dilatanza o di addensamento, instabilità di versanti, collasso di cavità sotterranee) che la conseguente risposta del sottosuolo (fenomeni di amplificazione sismica legati sia ad effetti morfologici che litologici, presenza di faglie attive).

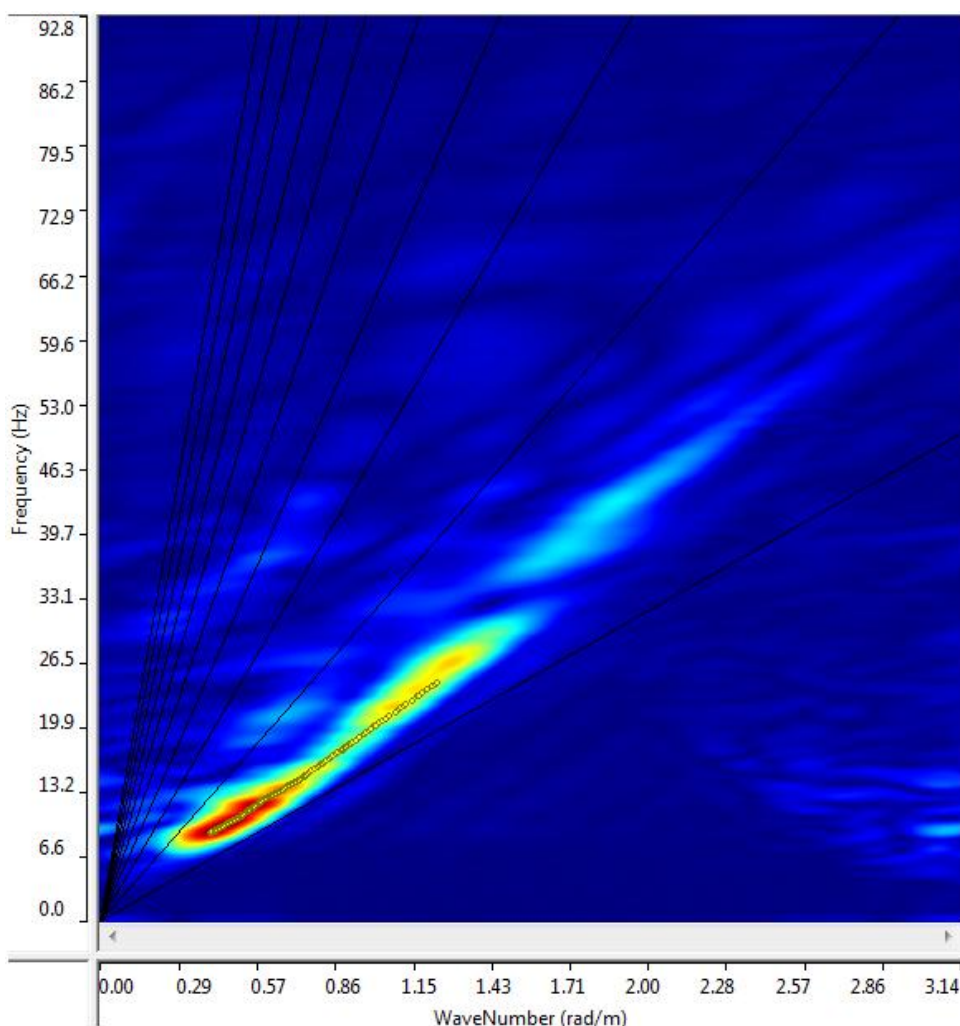
In seguito ai fenomeni di rifrazione / diffrazione che si verificano in corrispondenza di ogni contrasto d'impedenza lungo la direzione di propagazione dei fronti d'onda (a partire dalla sorgente sismica), le onde di taglio che raggiungono la superficie topografica, risultano pressoché verticali determinando così in tale punto spostamenti orizzontali rilevanti ai fini della stabilità delle costruzioni.

## 8.8 Analisi dei risultati ottenuti

Nel caso specifico, relativamente all'indagine MASW condotta vengono di seguito riportate:

- lo spettro nel dominio  $f - k$  di potenza e picking manuale della curva di dispersione;
- una tabella riportante lo spessore dei vari strati ed i relativi valori di  $V_s$  al variare della profondità di indagine;
- il profilo del modello sintetico utilizzato per approssimare la curva di dispersione sperimentale a quella calcolata.

L'indagine MASW, pur con l'approssimazione congenita del metodo, consente di approfondire le informazioni sul modello stratigrafico del sito in esame. In particolare, l'analisi delle onde superficiali è in grado di definire una stratificazione anche all'interno del terreno.

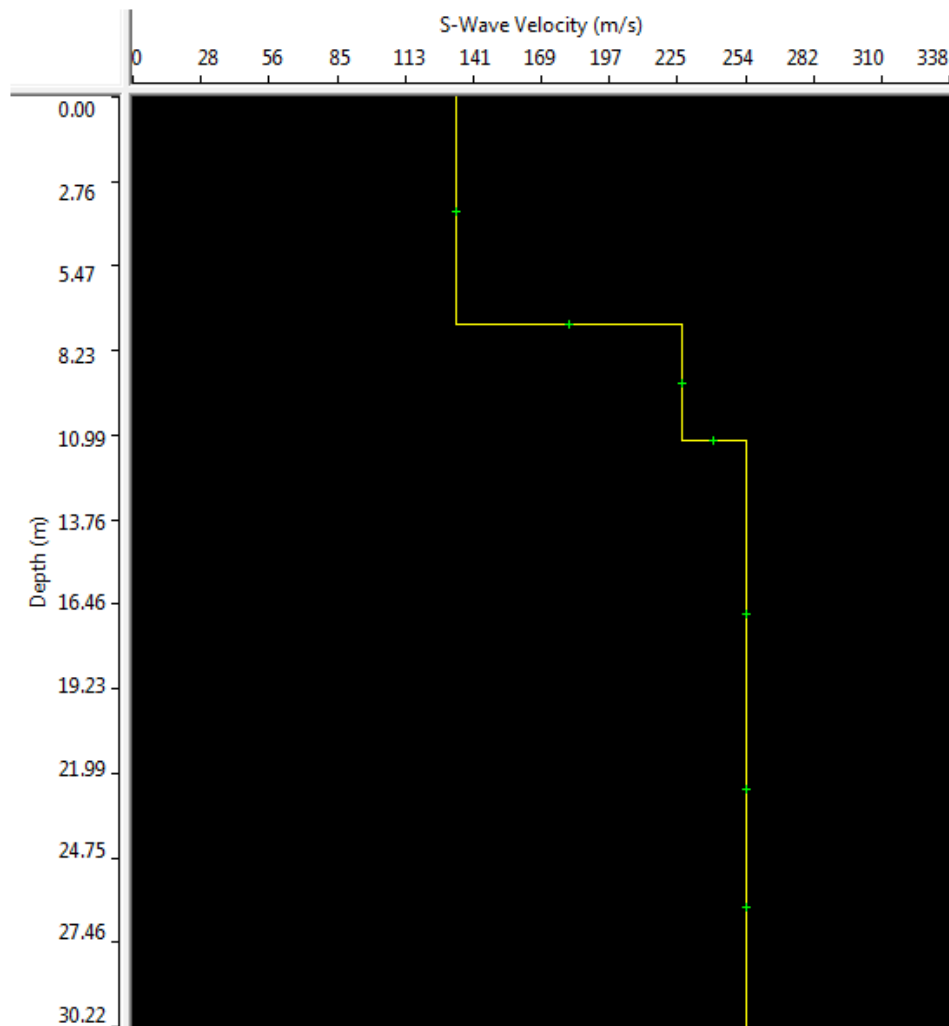


*Spettro di potenza e picking manuale della curva di dispersione*

Strato	Prof. [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	0.00	7.39	134
2	7.39	3.77	227
3	11.16	11.33	254
4	22.49	Inf	254

*Tabella dei valori di velocità delle onde S (Vs) in funzione dello spessore degli strati riscontrati*

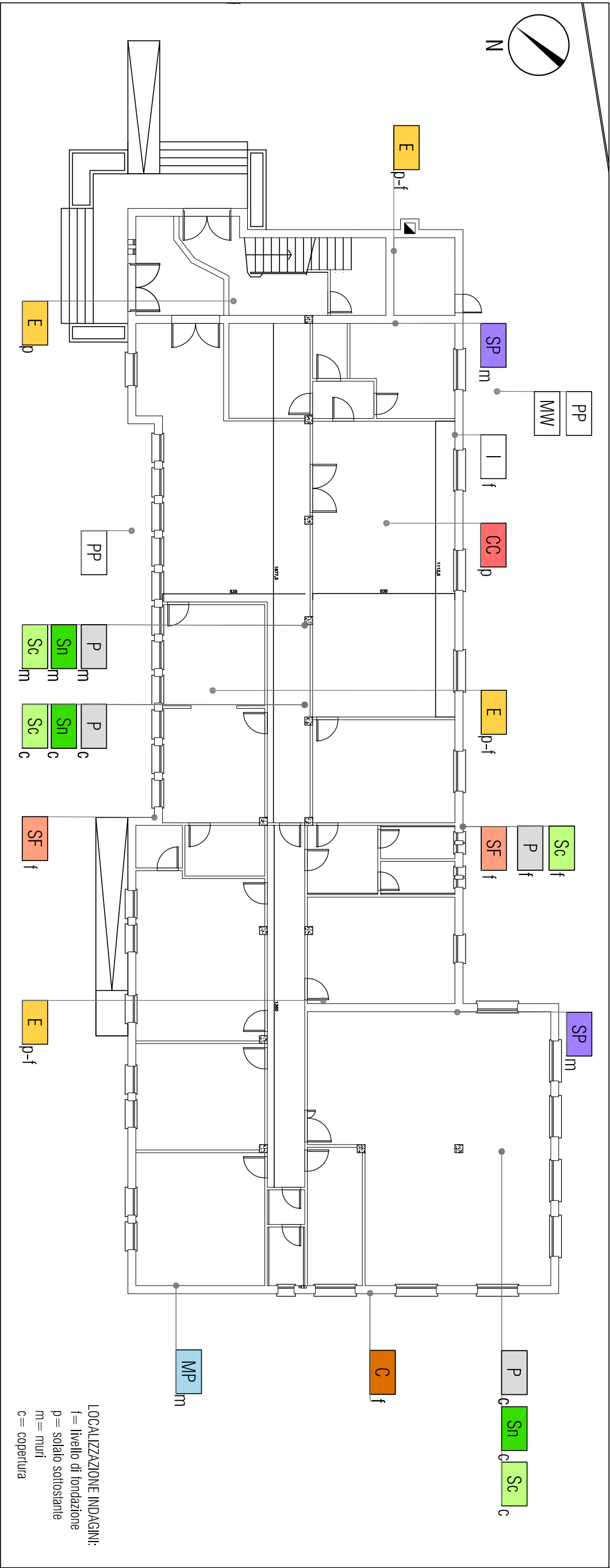
Per quanto riguarda l'area in esame i risultati ottenuti mostrano un valore di riferimento di **Vs30** pari a **206 m/s** equivalente ad un suolo di fondazione di **tipo C**: questa categoria racchiude “Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < \text{NSPT} < 50$ ,  $70 < \text{cu} < 250 \text{ kPa}$ )”.



*Profilo del modello sintetico di calcolo*

Dalla tabella dei valori di Vs e dal profilo del modello di calcolo appena riportati, si può notare un primo strato, di circa 7 m di spessore, che presentano velocità delle onde dell'ordine di 130 m/s, oltre tale profondità le velocità aumentano gradualmente fino a valori dell'ordine di 260 m/s, tipici di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza.

Si ricorda infine che l'eventuale presenza di informazioni di tipo stratigrafico potrebbe consentire di affinare ulteriormente la modellazione, per meglio interpretare le informazioni deducibili dall'analisi dei dati della presente campagna d'indagine.



Localizzazione indagini diagnostiche strutturali al piano terreno

fuoriscala

LEGENDA:

CC

PROVE DI CARICO  
Si intendono comprese:

- n° prove: 1 • allestimento e riempimento dei setbacchi;
- allestimento e rilevazione sui trasduttori;
- documentazione fotografica;
- esclusa fornitura acqua ed energia elettrica.

Sc

PROVE SCLEROMETRICHE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 4 • 12 battute con sclerometro per ogni punto analizzato
- restituzione dati.

Sn

PROVE ULTRASONICHE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 3 • prove soniche su griglia di 36 punti;
- restituzione e interpretazione dei risultati.

SF

SAGGI IN FONDAZIONE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 2 • realizzazione di un pozzetto di ispezione delle dimensioni planimetriche di 80x80cm;
- scavo fino alla quota di imposta delle fondazioni;
- rilievo, fotografia della morfologia, della quota delle fondazioni e annotazioni sulla consistenza del terreno.

E

INDAGINI VIDEO-ENDOSCOPICHE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 4 • perforazione con trapano;
- ispezione video e registrazione, fino a livello di fondazione;
- restituzione testuale-grafica delle osservazioni.

MP

MARTINETTI PIATTI SINGOLI E DOPPI  
Si intendono comprese:

- n° prove: 1 • preparazione della muratura e esecuzione dei tagli;
- esecuzione delle prove con martinetto singolo e doppio e prova a taglio;
- restituzione testuale e grafica dei dati raccolti.

I

ISPEZIONE FONDAZIONI  
Si intendono comprese:

- n° prove: 1 • ispezione visiva delle fondazioni;
- rilievo della morfologia, della quota delle fondazioni e annotazioni sulla consistenza del terreno;
- documentazione fotografica.

PP

PROVE PENETROMETRICHE  
STATICHE

- n° prove: 2 Si intendono comprese:
- prove penetrometriche statiche C.P.T., fino alla profondità di 10 mt;
- restituzione dei risultati attraverso elaborazioni di testo e grafiche.

SP

SAGGI A PARETE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 2 • realizzazione di uno scasso di ispezione delle dimensioni planimetriche di 30x30cm;
- fotografia e rilievo della morfologia della struttura, dei materiali e della quota.

P

PROVE PACHOMETRICHE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 4 • ispezioni con pachometro;
- individuazione delle dimensioni e della morfologia delle anature;
- restituzione testuale e grafica dei dati.

C

CAROTAGGIO E VERIFICA COMPRESSIONE E CARBONATAZIONE CAROTE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 1 • carotaggio e estrazione di provini in c.a. (Ø 80mm);
- prova a compressione dei provini in laboratorio;
- analisi della carbonatazione dei provini;
- restituzione testuale e grafica dei dati.

MW

INDAGINI SISMICHE  
Si intendono comprese:

- n° prove: 1 • metodologia attiva (MASW);
- metodologia passiva (ESAC o REMM);
- stima della frequenza (periodo) di risonanza (fondamentale) mediante prove di sismica passiva a stazione singola (HvSR);
- stima/individuazione del bedrock sismico.

RTP

Arch. Alberta Chiarì  
Prof. Ing. Lorenzo Jurina  
Arch. Alice Filaretti

ARCH.ALBERTA CHIARI  
via Roma, 75 25033 - Cologne (BS)  
studiochiari@chiarialberta.191.it

PROF.ING.LORENZO JURINA  
via Trento, 1 20060 - Cassina de' Pecchi (MI)  
studiojurina@jurina.it

ARCH.ALICE FILARETTI  
via S. Angelo, 5 26818 - Villanova del Sillaro (LO)  
alice.filaretti@libero.it

PROGETTO DELLA DIAGNOSTICA STRUTTURALE  
UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
17-11-2015

PIANO DI FONDAZIONE  
PIANO TERRENO

D1





Localizzazione indagini diagnostiche strutturali al piano primo

fuoriscala

LEGENDA:

**Sc** PROVE SCLEROMETRICHE

- Si intendono comprese:  
n° prove: 2 • 12 battute con sclerometro per ogni punto analizzato  
• restituzione dati.

**Sn** PROVE ULTRASONICHE

- Si intendono comprese:  
n° prove: 2 • prove soniche su griglia di 36 punti;  
• restituzione e interpretazione dei risultati.

**SPP** SAGGI A PAVIMENTO

- Si intendono comprese:  
n° prove: 2 • realizzazione di uno scasso di ispezione delle dimensioni planimetriche di 50x50cm;  
• fotografia e rilievo della morfologia della struttura, dei materiali e della quota.

**C** CAROTAGGIO E VERIFICA COMPRESSIONE E CARBONATIZZAZIONE CAROTE

- Si intendono comprese:  
n° prove: 1 • carotaggio e estrazione di provini in c.a. (Ø 80mm);  
• prova a compressione dei provini in laboratorio;  
• analisi della carbonatazione dei provini;  
• restituzione testuale e grafica dei dati.

**E** INDAGINI VIDEO-ENDOSCOPICHE

- Si intendono comprese:  
n° prove: 2 • perforazione con trapano;  
• ispezione video e registrazione;  
• restituzione testuale-grafica delle osservazioni.

**P** PROVE PACHOMETRICHE

- Si intendono comprese:  
n° prove: 2 • ispezioni con pachometro;  
• individuazione delle dimensioni e della morfologia delle amature;  
• restituzione testuale e grafica dei dati.

RTP

Arch. Alberta Chiarì  
Prof. Ing. Lorenzo Jurina  
Arch. Alice Filaretti

ARCH.ALBERTA CHIARI  
via Roma, 75 25033 - Cologne (BS)  
studioc Chiari@chiarialberta.191.it

PROF.ING.LORENZO JURINA  
via Trento, 1 20060 - Cassina de' Pecchi (MI)  
studiojurina@jurina.it

ARCH.ALICE FILARETTI  
via S. Angelo, 5 26818 - Villanova del Siliaro (LO)  
alice.filaretti@libero.it

PROGETTO DELLA DIAGNOSTICA STRUTTURALE  
UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
17-11-2015

PIANO PRIMO  
COPERTURA

D2

Laboratorio Prove Materiali  
Pag. 1 di 1

**RAPPORTO DI PROVA**  
**n. 16/0082/RdP-01**

Concessione  
Decreto Ministeriale n. 0000999  
(Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086)

## PROVA DI COMPRESSIONE

su provini di calcestruzzo

Committente: ..... COMUNE DI COMACCHIO – PIAZZA FOLEGATTI, 15 – 44022 COMACCHIO (FE)  
Richiesta: ..... Lettera del 16.12.2015 Accettazione n.: ..... 0082  
Oggetto: ..... N. 5 carote di calcestruzzo Resistenza caratteristica dichiarata [MPa]: ..... NON DICHIARATO  
Cemento dichiarato: ..... Dosaggio [kg/m<sup>3</sup>]: .....  
Luogo del prelievo: ..... EDIFICIO EX-GIUDICE DI PACE – VIA FATTIBELLO – COMACCHIO (FE)  
Opera: .....  
Committente dell'opera: .....  
Impresa costruttrice: .....  
Denuncia: .....  
Direttore lavori: ..... Richiesta prove firmata dal Direttore Lavori: ..... NO  
Data ricevimento provini: ..... 25.01.2016 Data di prova: ..... 04.02.2016  
Norma di riferimento: ..... NTC 2008 - UNI EN 12390-1:2012 - UNI EN 12390-7:2009 - UNI EN 12390-3:2009

PROVINO n.	DATA PRELIEVO DICHIARATA	CONTRASSEGNI SUI PROVINI	SPIANATURA PROVINI (*)	DIMENSIONI [mm]		MASSA VOLUMICA [kg/m <sup>3</sup> ]	RESISTENZA A COMPRESSIONE [MPa]	TIPO DI ROTTURA (**)
				Ø	h			
1	18÷23/01/2016	C1	SI	74	74	2150	20,4	S
2	18÷23/01/2016	C2	SI	74	74	2300	36,0	S
3	18÷23/01/2016	C3	SI	74	74	2310	40,7	S
4	18÷23/01/2016	C4	SI	74	74	2340	36,3	S
5	18÷23/01/2016	C5	SI	74	74	2260	29,3	S

(\*) Spianatura provini: SI = effettuata; NO = provino conforme alla norma di riferimento.

(\*\*) Tipo di rottura: S = soddisfacente (bitronco-conica); A+K = non soddisfacente (UNI EN 12390-3, fig. 4)

Note: .....

Seriate, lì 05.02.2016

Lo Sperimentatore  
*Aldo Castoldi*

Il Direttore del Laboratorio  
(Castoldi ing. Aldo)

Il Vice Direttore del Laboratorio  
(Belotti ing. Ivan)

Il presente Rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.  
I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.  
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

# prove di compressione monoassiale in sito DOPPIO MARTINETTO PIATTO

elaborazioni

Procedura Tecnica di riferimento :

**PT002/MP**

## DATI IDENTIFICATIVI DELLA PROVA

Committente	Comune di Comacchio
Progetto	Indagini diagnostiche conoscitive presso stabile Ex Giudice di Pace
Tipologia struttura	Muratura in mattoni semipieni con corsi di
Ubicazione prova	Piano terreno
N. prova	MPd
Data prova	22/01/2016

## CARATTERISTICHE DEL MARTINETTO PIATTO IMPIEGATO

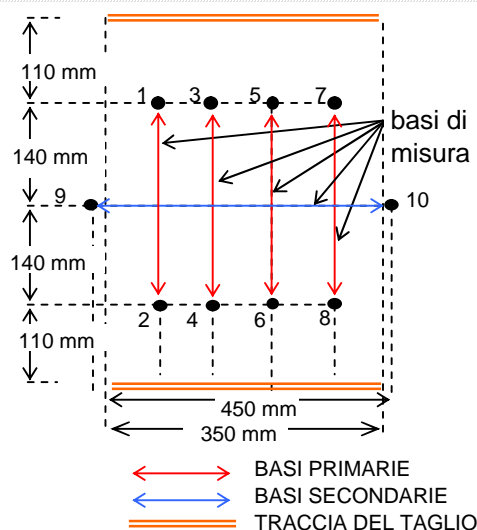
Tipo	SEMICIRCOLARE
Area [Am]	cm2 778
Dimensioni	mm 350*85(+175)*3,5
Coeff. di taratura [Km]	0.92 (nel range di pressione d'interesse)

## DATI IDENTIFICATIVI DELL'AREA DI PROVA

Numero basi primarie (1)	n	4
Lungh. basi primarie	mm	280
Numero basi secondarie (2)	n	1
Lungh. basi secondarie	mm	450
Superficie del taglio [At]	cm2	811
Coefficiente di forma [Ka] (3)		0.96
Coeff. di correzione di pressione [Kp](4)		0.88

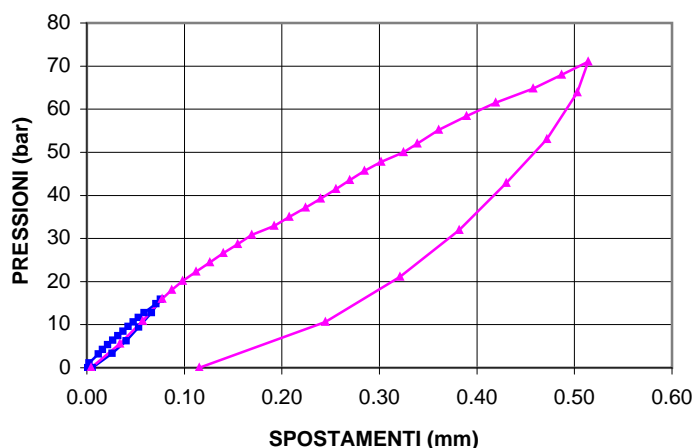
### MATERIALE INVESTIGATO

Muratura in mattoni semipieni e corsi di malta



BASI PRIMARIE  
 BASI SECONDARIE  
 TRACCIA DEL TAGLIO

### DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BASI PRIMARIE I° E II° CICLO



### MODULO DI ELASTICITA'

[MPa]

**6118**

### COEFFICIENTE DI POISSON

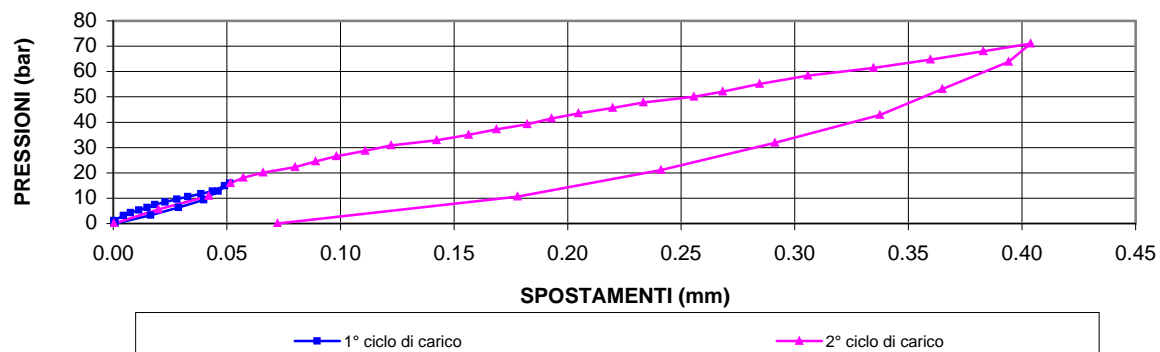
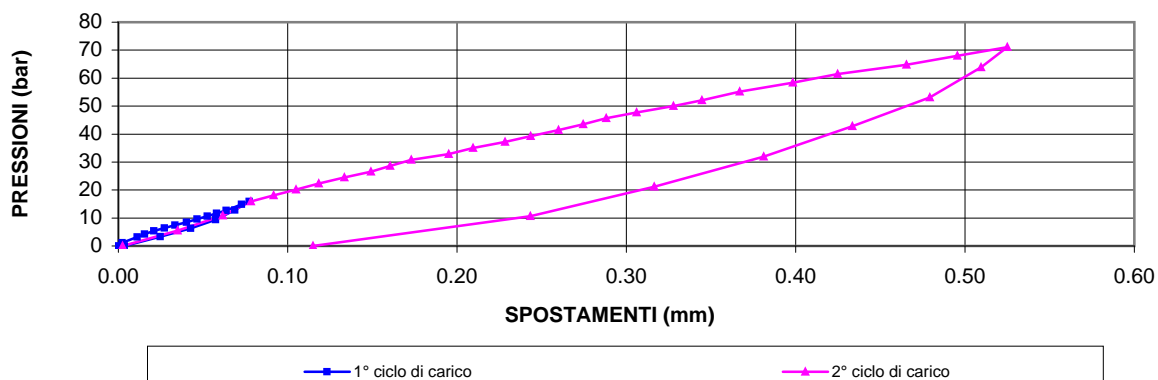
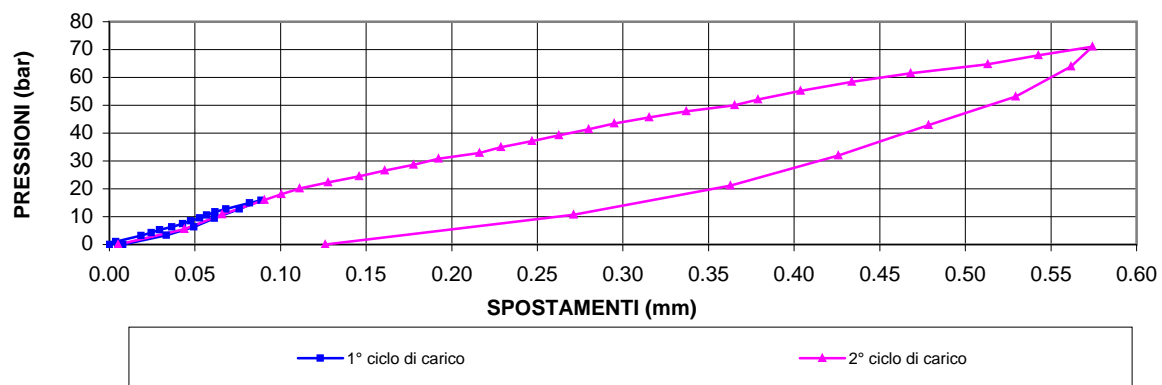
$\nu$

**0.20**

---

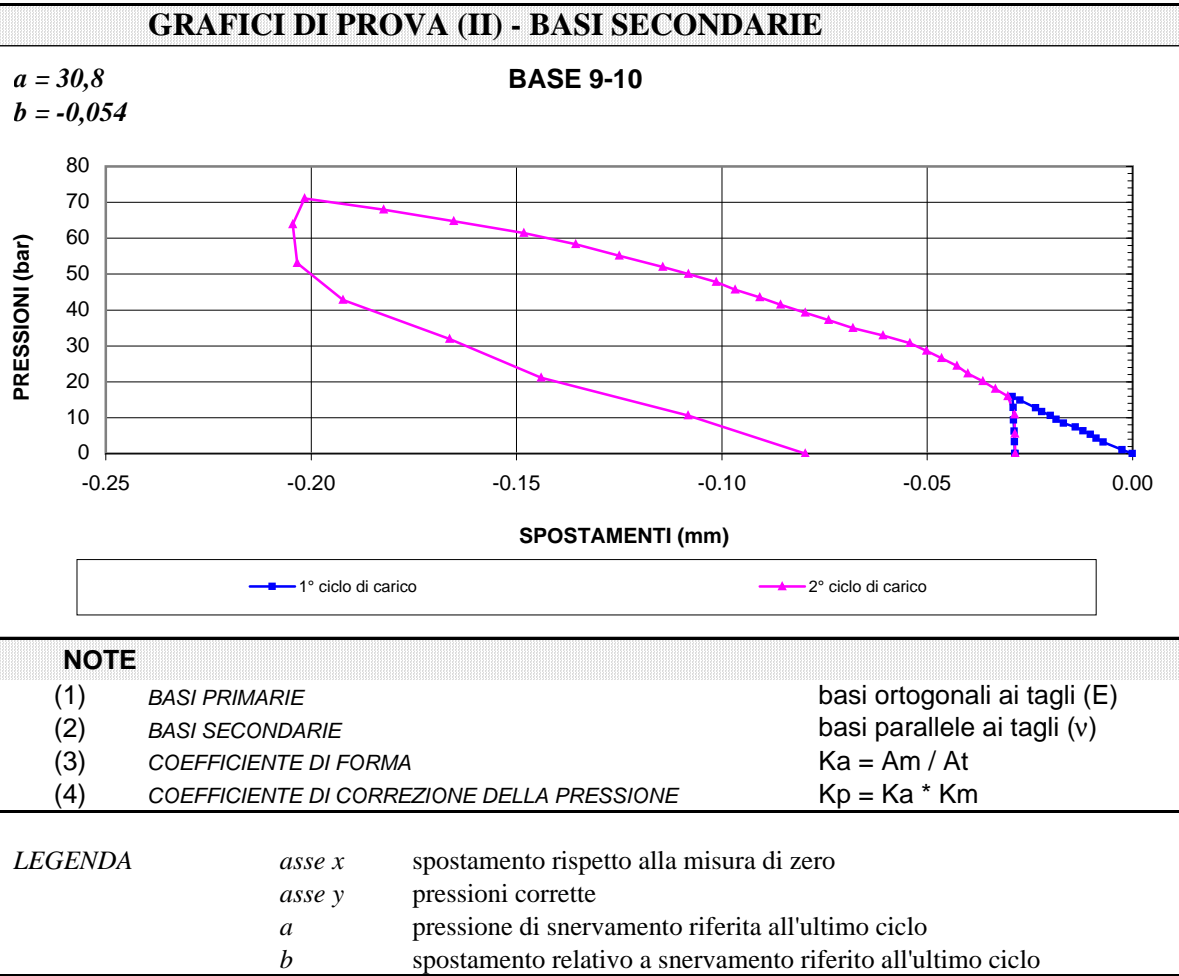
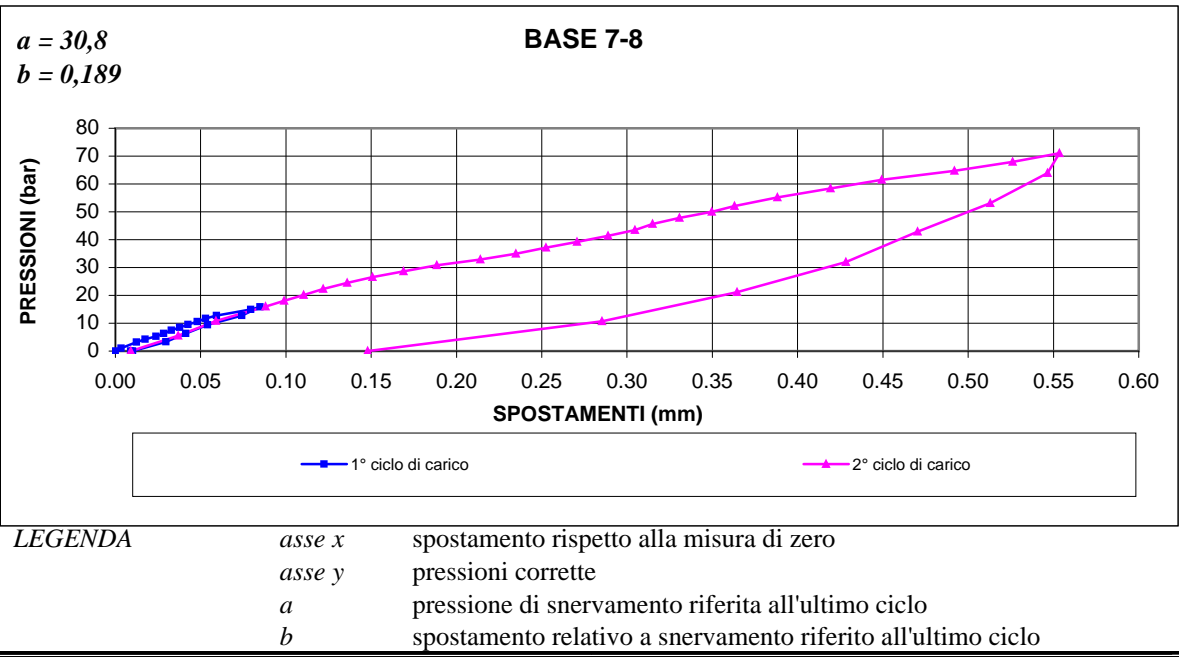
*Prova con doppio martinetto piatto*

---

**GRAFICI DI PROVA (I) - BASI PRIMARIE** $a = 30,8$  $b = 0,122$ **BASE 1-2** $a = 30,8$  $b = 0,173$ **BASE 3-4** $a = 30,8$  $b = 0,192$ **BASE 5-6**



Prova con doppio martinetto piatto



## Prova con doppio martinetto piatto

## TABELLA DEI DATI DI PROVA

PRESSIONE (bar)		BASE 1-2 (mm)		BASE 3-4 (mm)		BASE 5-6 (mm)		BASE 7-8 (mm)		BASE 9-10 (mm)	
lettura	corretta	lettura	$\Delta l$	lettura	$\Delta l$	lettura	$\Delta l$	lettura	$\Delta l$	lettura	$\Delta l$
0	0.0		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000
1	1.1		0.000		0.002		0.004		0.003		-0.003
4	3.2		0.005		0.011		0.019		0.012		-0.007
5	4.3		0.008		0.015		0.025		0.017		-0.009
6	5.3		0.011		0.021		0.029		0.024		-0.010
7	6.4		0.015		0.027		0.036		0.028		-0.012
8	7.4		0.018		0.033		0.043		0.033		-0.014
10	8.5		0.023		0.040		0.048		0.038		-0.017
11	9.6		0.028		0.046		0.053		0.043		-0.019
12	10.6		0.033		0.052		0.057		0.048		-0.020
13	11.7		0.039		0.058		0.062		0.053		-0.022
14	12.7		0.044		0.064		0.068		0.059		-0.024
17	14.9		0.049		0.073		0.082		0.079		-0.027
18	15.9		0.051		0.077		0.089		0.085		-0.029
15	12.8		0.046		0.069		0.076		0.074		-0.029
11	9.4		0.040		0.057		0.061		0.054		-0.029
7	6.3		0.029		0.043		0.049		0.041		-0.029
4	3.3		0.016		0.025		0.033		0.030		-0.029
0	0.0		0.001		0.004		0.008		0.010		-0.029
0	0.0		0.000		0.002		0.005		0.009		-0.029
6	5.5		0.020		0.035		0.044		0.037		-0.029
12	10.9		0.042		0.062		0.066		0.059		-0.029
18	15.9		0.052		0.078		0.091		0.088		-0.030
20	18.0		0.057		0.092		0.100		0.099		-0.033
23	20.1		0.066		0.105		0.111		0.110		-0.036
25	22.3		0.080		0.118		0.128		0.122		-0.040
28	24.5		0.089		0.134		0.146		0.136		-0.043
30	26.6		0.098		0.149		0.161		0.151		-0.047
32	28.7		0.111		0.161		0.178		0.169		-0.050
35	30.8		0.122		0.173		0.192		0.189		-0.054
37	32.9		0.142		0.195		0.216		0.214		-0.061
40	35.0		0.156		0.209		0.229		0.235		-0.068
42	37.2		0.169		0.228		0.247		0.252		-0.074
44	39.2		0.182		0.244		0.263		0.271		-0.080
47	41.4		0.193		0.260		0.280		0.289		-0.086
49	43.5		0.205		0.274		0.295		0.305		-0.091
52	45.7		0.220		0.288		0.315		0.315		-0.097
54	47.8		0.233		0.306		0.337		0.331		-0.101

57	50.0		0.256		0.328		0.365		0.350		-0.108
59	52.0		0.268		0.345		0.379		0.363		-0.114
62	55.2		0.285		0.367		0.404		0.388		-0.125
66	58.3		0.306		0.398		0.434		0.419		-0.136
70	61.5		0.335		0.425		0.468		0.449		-0.148
73	64.7		0.360		0.465		0.513		0.492		-0.165
77	67.9		0.383		0.495		0.543		0.526		-0.182
80	71.0		0.404		0.525		0.574		0.553		-0.202
72	63.9		0.394		0.509		0.562		0.547		-0.205
60	53.1		0.365		0.479		0.529		0.513		-0.203
49	42.8		0.337		0.433		0.478		0.470		-0.192
36	31.9		0.291		0.381		0.426		0.428		-0.166
24	21.1		0.241		0.316		0.363		0.364		-0.144
12	10.6		0.178		0.243		0.271		0.285		-0.108
0	0.0		0.072		0.115		0.126		0.148		-0.080

---



---

*Prova con doppio martinetto piatto*


---



---

**TABELLA RIASSUNTIVA CON I PUNTI DI SNERVAMENTO STIMATI PER OGNI BASE DI MISURA**

	<b>a</b> (pressione corretta di snervamento in bar)	<b>b</b> (spostamento relativo a snervamento in mm)
<b>BASE 1-2</b>	$\Delta P_{(1-2)} = 30.8$	$\Delta l_{(1-2)} = 0.122$
<b>BASE 3-4</b>	$\Delta P_{(3-4)} = 30.8$	$\Delta l_{(3-4)} = 0.173$
<b>BASE 5-6</b>	$\Delta P_{(5-6)} = 30.8$	$\Delta l_{(5-6)} = 0.192$
<b>BASE 7-8</b>	$\Delta P_{(7-8)} = 30.8$	$\Delta l_{(7-8)} = 0.189$
<b>BASE 9-10</b>	$\Delta P_{(9-10)} = 30.8$	$\Delta l_{(9-10)} = -0.054$

Formule utilizzate per il calcolo dei moduli E e  $\nu$ , considerando la sola fase di carico a comportamento elastico (fino al punto di snervamento):

$$E = (1 + \nu) l_o (\Delta P / \Delta l) \quad \text{con}$$

$$\nu = \epsilon_p \text{ medio} / \epsilon_o \text{ medio} \quad (\text{cfr. pagina seguente})$$

$l_o = 280\text{mm}$  = lunghezza standard di ciascuna base primaria di misura a 0 bar di pressione

$l'o = 450\text{mm}$  = lunghezza standard della base secondaria di misura a 0 bar di pressione

$\Delta P$  = media degli incrementi di pressione misurati al punto di snervamento per ognuna delle tre basi ortogonali ai tagli (vedi tabella precedente)

$\Delta l$  = media degli incrementi di lunghezza misurati al punto di snervamento per ognuna delle tre basi ortogonali ai tagli (vedi tabella precedente)



## Prova con doppio martinetto piatto

## TABELLA RIASSUNTIVA CON LE DEFORMAZIONI UTILIZZATE PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI POISSON

$\epsilon_{p(9-10)} = \Delta l_{(9-10)} / L_{(9-10)}$	= -0.012%
$\epsilon_{p \text{ medio}} = [\epsilon_{p(9-10)}]$	= <b>-0.012%</b>
<hr/>	
$\epsilon_{o(1-2)} = -\Delta l_{(1-2)} / L_{(1-2)}$	= -0.044%
$\epsilon_{o(3-4)} = -\Delta l_{(3-4)} / L_{(3-4)}$	= -0.062%
$\epsilon_{o(5-6)} = -\Delta l_{(5-6)} / L_{(5-6)}$	= -0.069%
$\epsilon_{o(7-8)} = -\Delta l_{(7-8)} / L_{(7-8)}$	= -0.068%
$\epsilon_{o \text{ medio}} = [\epsilon_{o(1-2)} + \epsilon_{o(3-4)} + \epsilon_{o(5-6)} + \epsilon_{o(7-8)}] / 4$	= <b>-0.060%</b>

- $\epsilon_{p(9-10)}$  deformazione parallela alle tracce dei due tagli, in percentuale; tra parentesi è indicata la base di riferimento
- $\epsilon_{p \text{ medio}}$  deformazione media parallela alle tracce dei due tagli, in percentuale
- $\epsilon_{o(1-2)}$  deformazione ortogonale alle tracce dei due tagli, in percentuale; tra parentesi è indicata la base di riferimento
- $\epsilon_{o \text{ medio}}$  deformazione media ortogonale alle tracce dei due tagli, in percentuale

**N.B.:** Le deformazioni sono state calcolate considerando la fase di carico di ciascuna base, fino al relativo punto di snervamento



**Studio Servizi Tecnici**  
Settore geologia e ambiente

**DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE**

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

Tel e fax. 0533 / 713798 cell. 335-5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

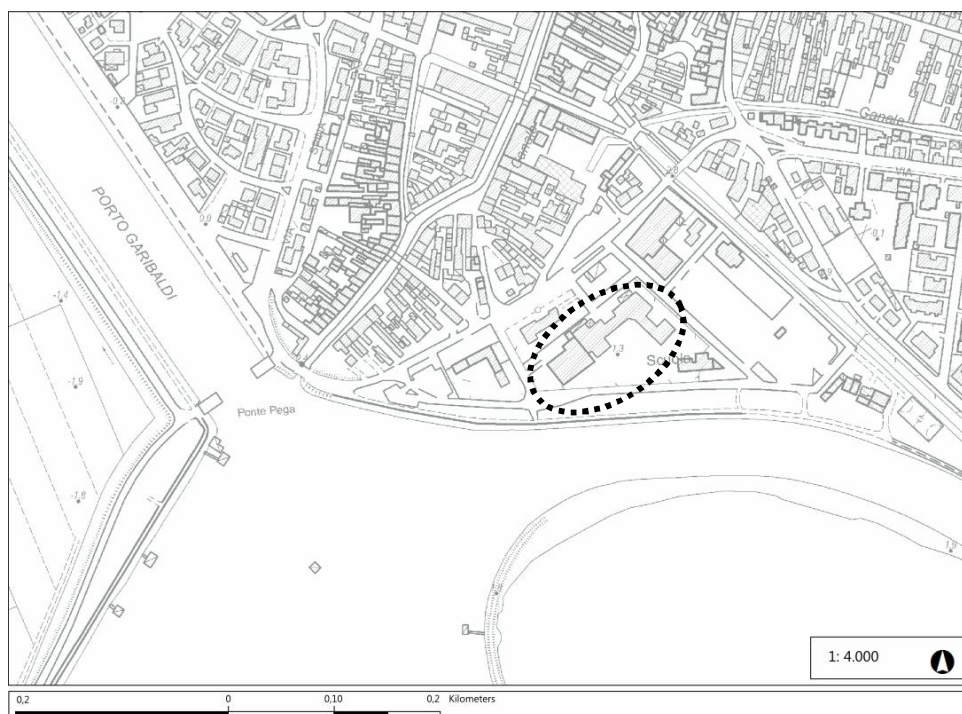
---

## ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

---

### Comune Comacchio

Scuola Fattibello



COMMITTENTE: Comune di Comacchio  
Settore Territorio e Sviluppo Economico  
C.F. 82000590388

Codigoro, 12/07/2017

---

#### S.S.T. SETTORE GEOLOGIA E AMBIENTE

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Stabilità dei versanti; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica - Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; subirrigazioni.

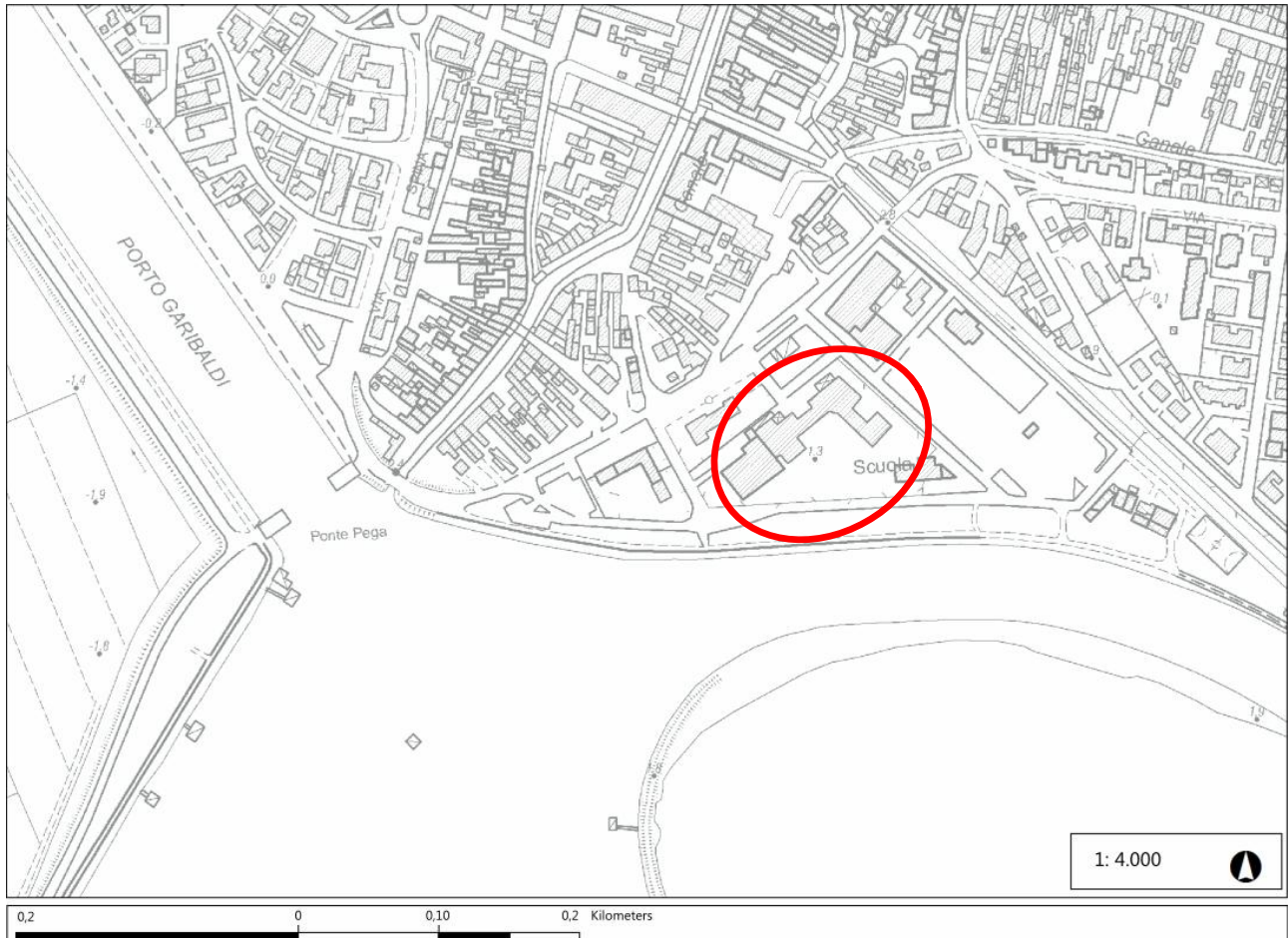
Timbro

## INDICE:

PREMESSA.....	2
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO.....	2
1. INDAGINI STRATIGRAFICHE LOCALI .....	4
2. INTERPRETAZIONE DEI DATI STRATIGRAFICI .....	13
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI .....	15
3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA .....	15
3.1.1. CATEGORIA DI SUOLO.....	15
3.1.2. PARAMETRI SISMICI.....	17
3.1.3. MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	18
3.2. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE DA SPETTRO SEMPLIFICATO .....	18
3.2.1. ANALISI CON IL METODO DI ROBERTSON (2010).....	20
3.2.1. ANALISI CON IL METODO DI IDRIS E BOULANGER (2014).....	23
4. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	30
4.1. IL MODELLO LITOSTRATIGRAFICO DI DETTAGLIO DEI PRIMI 30M.....	31
4.2. PROFILO DI VS DI DETTAGLIO DEI PRIMI 30M.....	31
4.3. PROFILO DI VS PROFONDO FINO AL BEDROCK SISMICO.....	31
4.4. MODELLO GEOLOGICO STRATIGRAFICO FINO AL BEDROCK SISMICO .....	33
4.5. CURVE SITO SPECIFICHE "Go" E "D" .....	36
4.6. CURVE SITO BIBLIOGRAFICHE "Go" E "D" PER TERRENI PROFONDI.....	41
4.7. GRUPPO DI SETTE ACCELEROGRAMMI SPETTROCOMPATIBILI .....	42
5. RISULTATI DELL'ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	45
5.1. ANALISI PER SLV.....	45
6. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE SATURE DA RSL METODO NCEER.....	51
7. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE SATURE DA RSL METODO I&B2014.....	52
8. CONCLUSIONI SINTETICHE.....	61

## PREMESSA

Su incarico del comune di Comacchio, si provvede ad uno studio di Analisi di Risposta Sismica locale, all'interno degli studi di microzonazione sismica di III livello che accompagnano il redigendo PSC. In FIGURA 1 è riportata l'ubicazione dell'area scelta su cui eseguire le indagini necessari per lo studio di Risposta sismica locale, su uno stralcio della CTR della provincia di Ferrara. Su questa area sorge la Scuola Fattibello.



*FIGURA 1 - Stralcio Carta Tecnica Regionale e ubicazione Scuole Fattibello*

### Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. n. 30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.
- Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonizzazione sismica.
- Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia - Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 Maggio 2007, N. 112.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)



“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

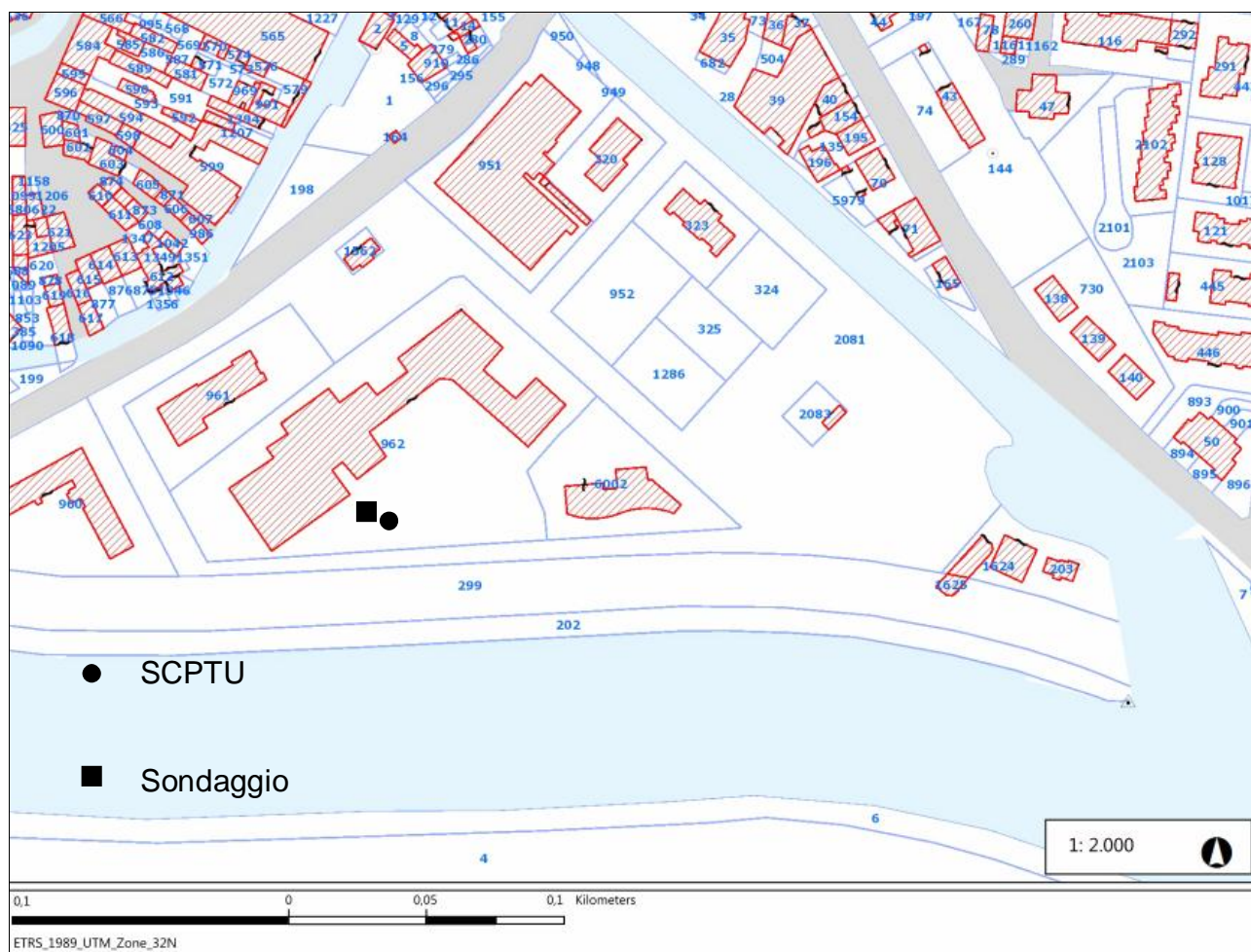
“Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)”.

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

“Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)”.

- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.





*FIGURA 1.2 – Stralcio catastale con ubicazione indagini effettuate in sito*

Di seguito si riportano i diagrammi delle resistenze della prova penetrometrica eseguita.

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE - Via Roma, 10 44021 CODIGORO (Ferrara)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U29-17	CPTU1

COMMITTENTE: Comune di Comacchio

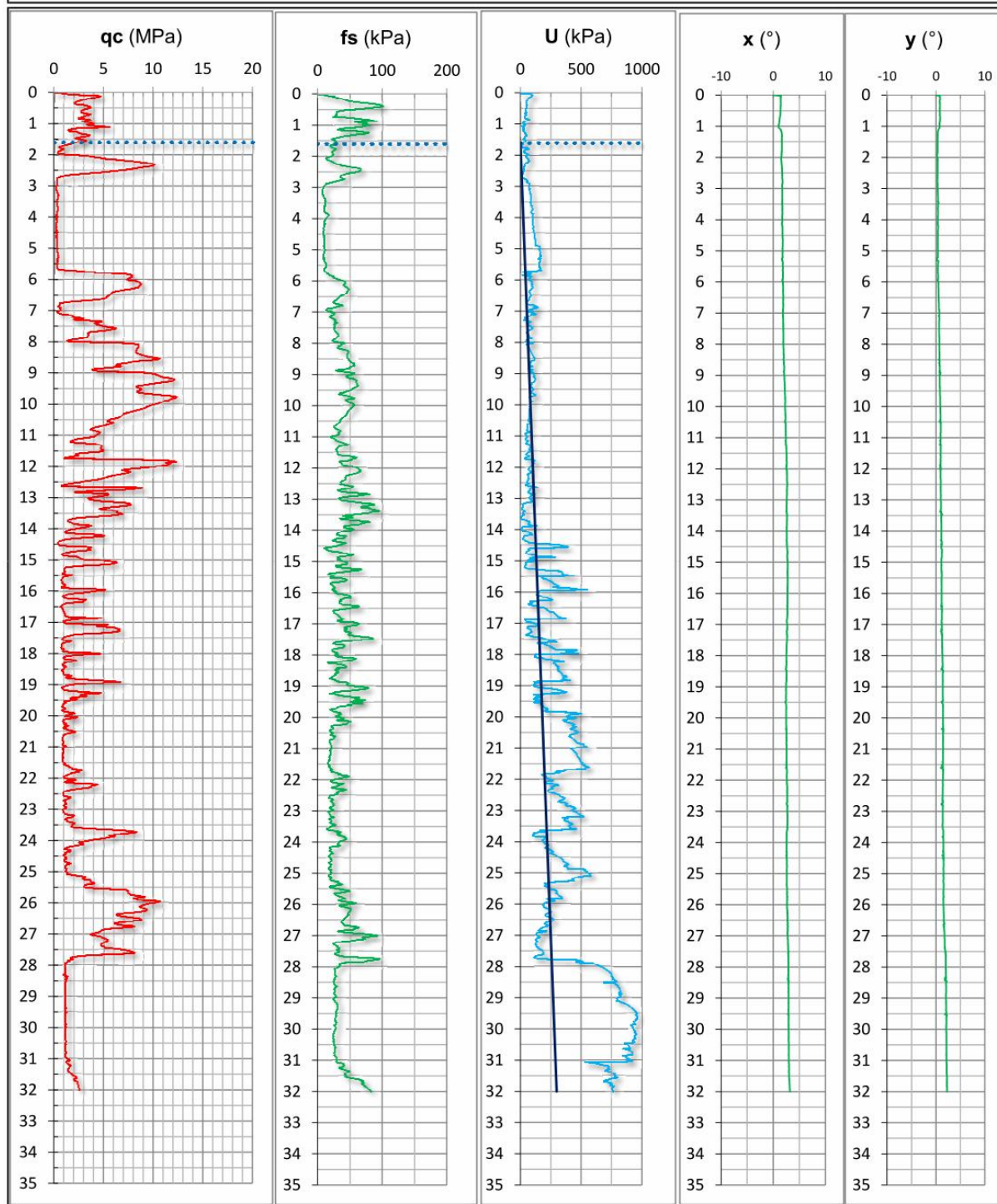
CANTIERE: Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)

DATA: 21/04/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 32,00

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60

PREFORO (m da p.c.): 0,00



La stratigrafia rilevata dal carotaggio S1 conferma ovviamente quanto rilevato con la penetrometria SCPTU1.



<b>Dott. Geol.</b> <b>Thomas Veronese</b> <b>Via Romea, 80</b> <b>44023 Vaccolino (FE)</b>			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio		Sondaggio S1		
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica				
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe				
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi		
					Data 18/05/17	Mt. p.c. 3.00	29.60		Operatore Luigi		

MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					N1	N2	N3		
	.10					Terreno vegetale								
	.40					Argilla limosa sabbiosa con bioclasti di colore grigio scuro sovracconsolidata								
	.50					Sabbia limosa di riporto con clasti di laterizio e calcinacci di colore marrone poco addensata								
1	.90													
	1.00					OST1								
	1.40					Sabbia limosa di riporto con clasti di laterizio e calcinacci di colore marrone poco addensata								
	1.60					Limo sabbioso argilloso di riporto con clasti di laterizio e calcinacci poco addensata								
2	1.80													
	2.00					Sabbia limosa con abbondanti gusci di bioclasti marrone poco addensata								
	2.10													
	2.55					Alternanze centimetriche di sabbia limosa marrone e limo argilloso sabbioso grigio poco addensato								
	3.00					Argilla limosa grigio scuro moderatamente consistente								
3	3.40					Sabbia limosa organica nerastra poco addensata								
	3.80					SPT1								
	4.00					Alternanze di limo argilloso sabbioso grigio a argilla limosa grigia poco consistente								
4	4.40					Argilla limosa grigia con rari gusci di bioclasti poco consistente								
	4.80					Argilla limosa grigia con abbondanti frammenti di bioclasti poco consistente								
	5.00					Argilla limosa grigia con livello torboso tra 3,80 e 3,90 poco consistente								

<b>Dott. Geol.</b> <b>Thomas Veronese</b> <b>Via Romea, 80</b> <b>44023 Vaccolino (FE)</b>			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio		Sondaggio S1					
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica							
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe							
Campioni			Foto			Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi				
Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]						Data 18/05/17	Mt. p.c. 3.00	29.60	Operatore Luigi					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
6	5.60					OST2								
	6.00					Sabbia limosa e sabbia fine grigia moderatamente addensata				3	7	8		
	6.45					SPT2								
7	7.50					Sabbia fine e sabbia limosa grigia poco addensata				5	6	6		
	8.00					SPT3								
9	8.60					Sabbia fine limosa debolmente argillosa grigia moderatamente addensata								
	8.70					Argilla limosa sabbiosa grigia moderatamente consistente								
	9.00					Sabbia limosa grigia moderatamente addensata.				8	14	17		
	9.45					SPT4								
	10.20					OST3								

<b>Dott. Geol.</b> <b>Thomas Veronese</b> <b>Via Romea, 80</b> <b>44023 Vaccolino (FE)</b>			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio		Sondaggio S1					
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica							
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe							
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]					Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi			
							Data 18/05/17	Mt. p.c. 3.00	29.60	Operatore Luigi				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
11	10,20					OST3								
						Sabbia limosa grigia moderatamente addensata								
	10,50									5	8	10		
						SPT5								
	10,95													
12						Sabbia limosa e limo sabbioso grigio poco addensata								
	11,60													
	11,80					Sabbia limosa grigio poco addensata								
	12,00					Limo argilloso sabbioso e limo sabbioso grigio moderatamente addensato				4	8	10		
						SPT6								
13	12,45													
						Limo sabbioso e sabbia limosa con rari bioclasti e abbondanti livelli centimetrici di argilla limosa e limo argilloso mo								
	13,50									7	8	6		
14						SPT7								
	13,95													
						Limo argilloso debolmente sabbioso e limo sabbioso fine grigio con livello organico a 14,50m		0.60	0.28					
	14,70						0.80	0.38						
	15,00													

<b>Dott. Geol.</b> <b>Thomas Veronese</b> <b>Via Romea, 80</b> <b>44023 Vaccolino (FE)</b>			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio		Sondaggio S1					
			Quota p.c.				Attrezzatura Sonda oleodinamica							
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe							
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]							Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi	
									Data 18/05/17	Mt. p.c. 3.00	29.60	Operatore Luigi		
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					N1	N2	N3		
16	15,50					Limo argilloso sabbioso e limo sabbioso argilloso grigio poco addensato								
	16,20					OST4								
	16,40					Limo sabbioso argilloso grigio poco addensato								
	16,60					Limo argilloso debolmente sabbioso grigio sciolto								
17	17,00					Sabbia limosa e sabbia limosa argillosa grigio scuro con un livello organico nero								
	17,50					Argilla limosa grigia	0.55 0.70 1.20	0.30 0.35 0.48						
18	18,50					Sabbia limosa argillosa e limo argilloso sabbioso con livello di argilla limosa sabbiosa da 18,00 a 18,10 grigio								
	19,60					Alternanze centimetriche di argilla limosa e limo argilloso di colore grigio moderatamente consistente	0.70 0.50 0.60 0.55 0.50 0.40	0.35 0.27 0.29 0.28 0.23 0.19						
19	19,60													
	20,70													

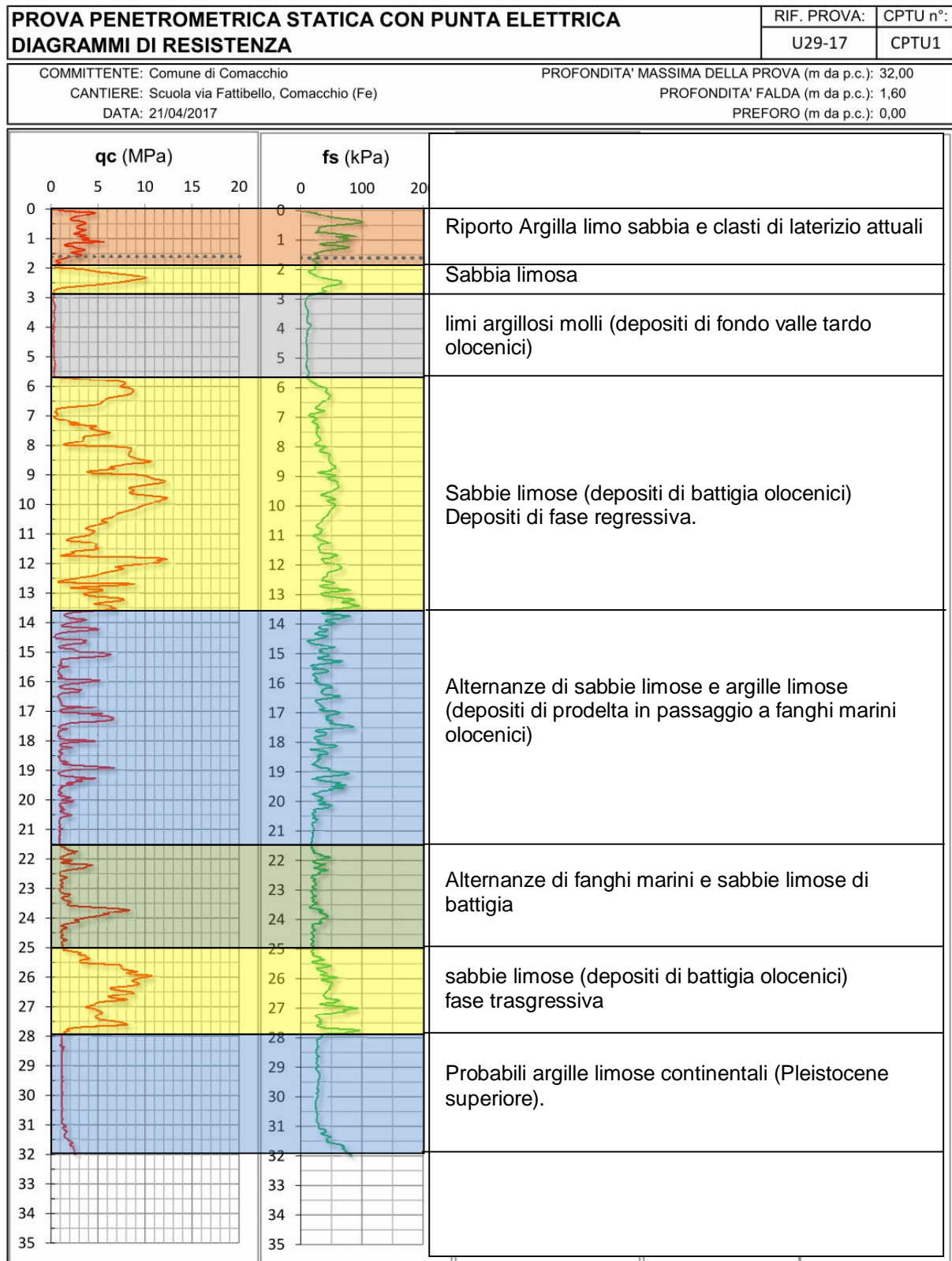


<b>Dott. Geol.</b> <b>Thomas Veronese</b> <b>Via Romea, 80</b> <b>44023 Vaccolino (FE)</b>			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio		Sondaggio S1					
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica							
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe							
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]							Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi	
									Data 18/05/17	Mt. p.c. 3.00	29.60	Operatore Luigi		
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P. kg/cm2	T.V. kg/cm2	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					N1	N2	N3		
21	20,70					Alternanze centimetriche di sabbia argillosa limosa e di argilla limosa grigio moderatamente addensata		0.55	0.27					
								0.65	0.32					
								0.45	0.21					
								0.50	0.23					
	21,00					Argilla limosa grigio moderatamente consistente		0.60	0.31					
	21,40					Argilla limosa e limo argilloso sabbioso con abbondanti bioclasti e gasteropodi preservati moderatam. consistente								
22								0.55	0.29					
								0.50	0.24					
	22,10					Limo argilloso e argilla limosa grigio moderatamente consistente		0.50	0.20					
	22,60					Limo sabbioso argilloso con abbondanti bioclasti e gusci interi poco addensato								
23								0.45						
								0.70						
								0.60	0.30					
								0.65	0.26					
	23,80							0.50	0.20					
24														
	24,30					Limo argilloso sabbioso con bioclasti grigio poco addensato								
								0.65	0.36					
								0.80	0.38					
	25,00					Limo argilloso e argilla limosa grigio con bioclasti poco addensato								

<b>Dott. Geol. Thomas Veronese</b> Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio		Sondaggio S1					
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica							
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe							
Campioni			Foto			Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi				
Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]						Data 18/05/17	Mt. p.c. 3.00	29.60	Operatore Luigi					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
26	25,80					Limo argilloso grigio moderatamente addensato		0.70	0.25					
							0.60	0.23						
27						Limo sabbioso e sabbia limosa debolmente argillosa grigio moderatamente addensata								
28	27,80					Argilla limosa e limo argilloso grigio moderatamente addensato		0.50	0.31					
								0.80	0.36					
29	29,00					OST5								
	29,60													

## 2. INTERPRETAZIONE DEI DATI STRATIGRAFICI

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE - Via Roma, 10 44021 CODIGORO (Ferrara)



Nella stratigrafia rilevata si leggono le seguenti fasi dal basso verso l'alto:

A seguito del termine dell'era glaciale, il livello marino tende a salire. In questa fase trasgressiva all'inizio dell'Olocene, la linea di battigia segue la risalita delle acque verso l'entroterra continentale. Le sabbie tra i 25 ed i 28m di profondità segnano il passaggio in risalita delle acque marine. Quando la linea di costa si sposta molto più ad ovest (fino alle porte di Tresigallo, circa 7.500 anni fa), qui è mare aperto, e si

depositano fanghi marini sopra le sabbie di battigia sopra citate. Poi inizia la fase regressiva. Nella stratigrafia si legge come il delta del fiume Padoa Eridanus si avvicini sempre di più a questa zona con il crescere degli eventi deposizionali di alta energia nella fascia di prodelta. Le fitte alternanze di sabbie limose e argille limose rappresentano la successione delle piene del fiume di fronte al suo delta.

Poi la regressione del mare consolida sempre di più la linea di costa, consentendo la deposizione delle sabbie di battigia tra -6,0m e -13,5m con una certa continuità. Tutto l'insieme dei depositi è soggetto a subsidenza, e le sabbie vengono sormontate da depositi di laguna prima e fondo valle poi. Nelle epoche recenti si vede poi la mano dell'uomo con la bonifica per colmata, con riporti artificiali costituiti sia dal dragaggio del Porto Canale che dall'apporto di sedimenti misti a frequenti clasti di laterizi e calcinacci.

### 3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

#### 3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico” (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

Gli eventi del maggio 2012 hanno avuto magnitudo  $M_L$  massima 5,9.

##### 3.1.1. CATEGORIA DI SUOLO

La categoria di suolo dipende dal valore di  $V_{s30}$ . Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

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

dove,

$V_{s30}$  : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

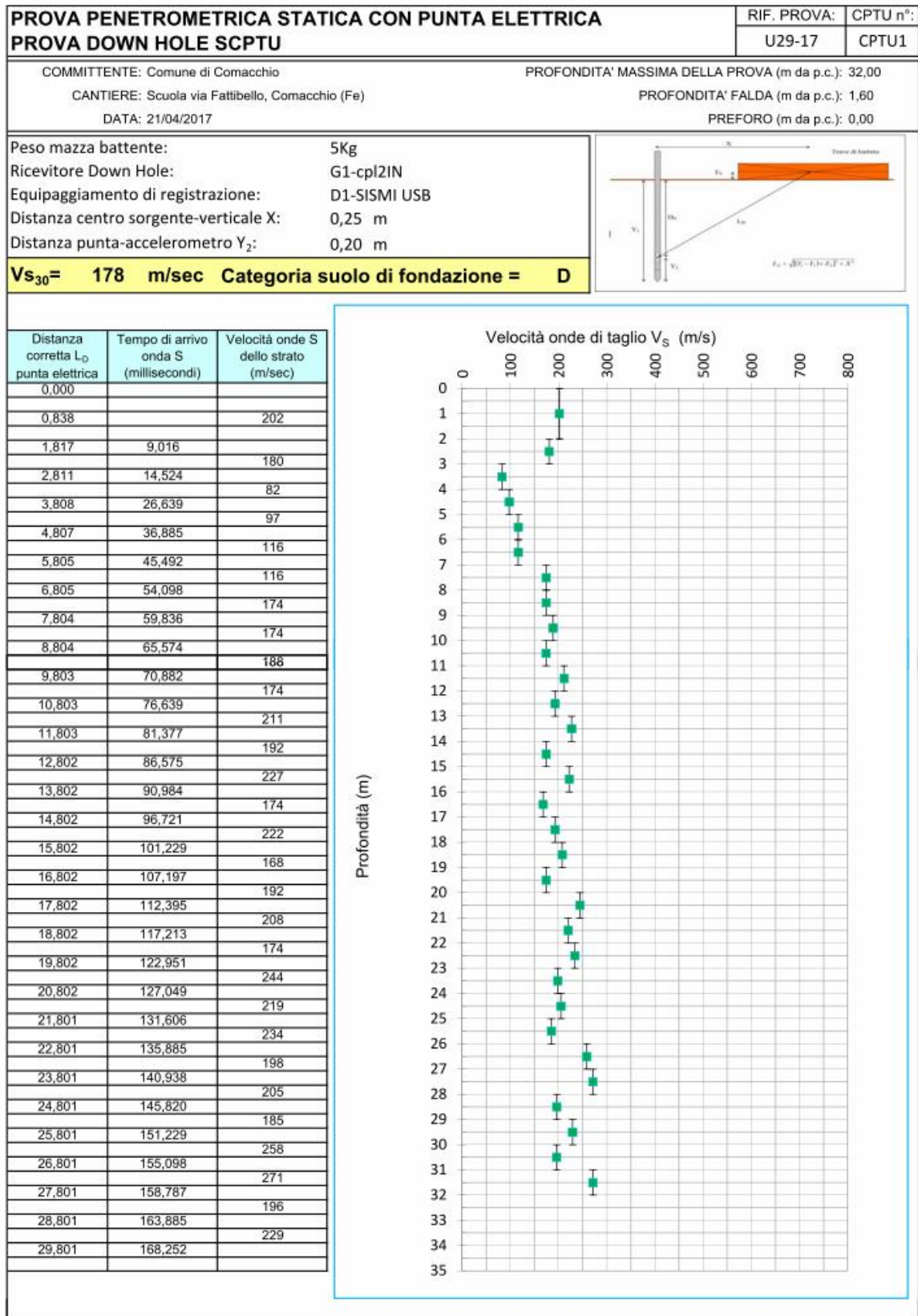
$h_i$  : spessore dello strato  $i$ -esimo,

$v_i$  : velocità delle onde di taglio “S” nello strato  $i$ -esimo.

Il valore di  $V_s$  è stato rilevato in sito attraverso misure dirette, mediante la realizzazione di una prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con *rif. U29-17* spinta fino alla profondità di -32,00m da p.c.



DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE - Via Roma, 10 44021 CODIGORO (Ferrara)



Il valore di V<sub>S30</sub> risultante è di 178 m/s e quindi la Categoria di suolo di fondazione è D.

V<sub>S30</sub> = 178 m/s    Categoria di suolo D

### 3.1.2. PARAMETRI SISMICI

Essendo questo uno studio di microzonazione sismica viene svolto per eventi con tempo di ritorno di 475 anni, come da DGR 2193/2015.

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,692241075963  
longitudine: 12,1841528320505  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16076	Lat: 44,6774Lon: 12,1549	Distanza: 2841,734
Sito 2	ID: 16077	Lat: 44,6782Lon: 12,2251	Distanza: 3594,759
Sito 3	ID: 15855	Lat: 44,7282Lon: 12,2241	Distanza: 5088,933
Sito 4	ID: 15854	Lat: 44,7274Lon: 12,1538	Distanza: 4587,777

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50anni  
Coefficiente cu: 1

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,103 g  
Fo: 2,581  
Tc\*: 0,297 [s]

Coefficienti Sismici

SLV:

Ss: 1,800  
Cc: 2,300  
St: 1,000  
Kh: 0,044  
Kv: 0,022  
Amax: 1,814  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 44.691314  
longitudine: 12.183176

### 3.1.3. MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

La Magnitudo adottata è, come accordato con il Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna, pari a  $M=5,3$ , come da autorevoli studi e pubblicazioni in merito, già documentati nelle precedenti relazioni che compongono questo studio.

### 3.2. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE DA SPETTRO SEMPLIFICATO

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento  $M_w$  inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).

2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;

3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:

- frazione di fine,  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
- $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
- $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

Dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 3.1. da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  o  $U_c > 3,5$ .

5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.

6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di  $M > 7$ .

7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della densità relativa  $D_r$  del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile* di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con  $D_r > 70\%$  vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

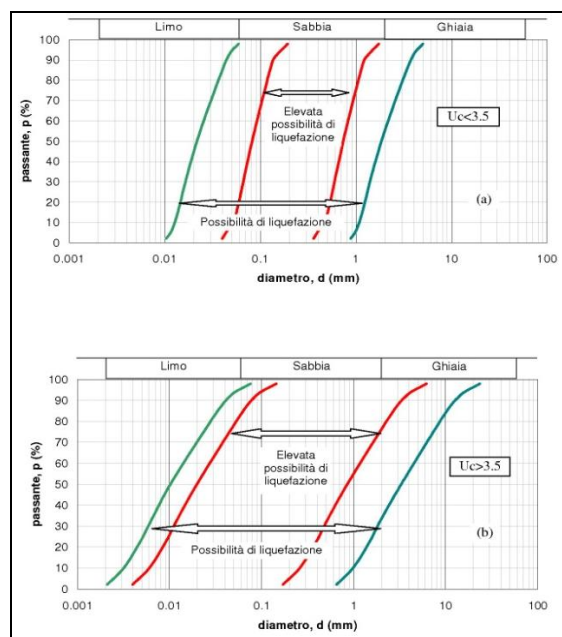


FIGURA 3.1. – Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

Il D.M. 14/01/2008 ha riassunto in questi 5 punti i casi in cui non è prevista liquefazione:

#### 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a 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  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  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 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Per la verifica della liquefazione delle sabbie è stato utilizzato il software di calcolo C-Liq che analizzando ogni strato da 2 cm individuato dalle prove penetrometriche statiche CPTU, ne verifica la potenzialità di liquefazione.

Per questo calcolo si è considerata una magnitudo di 5,3 e un'accelerazione di progetto di  $0,18g$ .

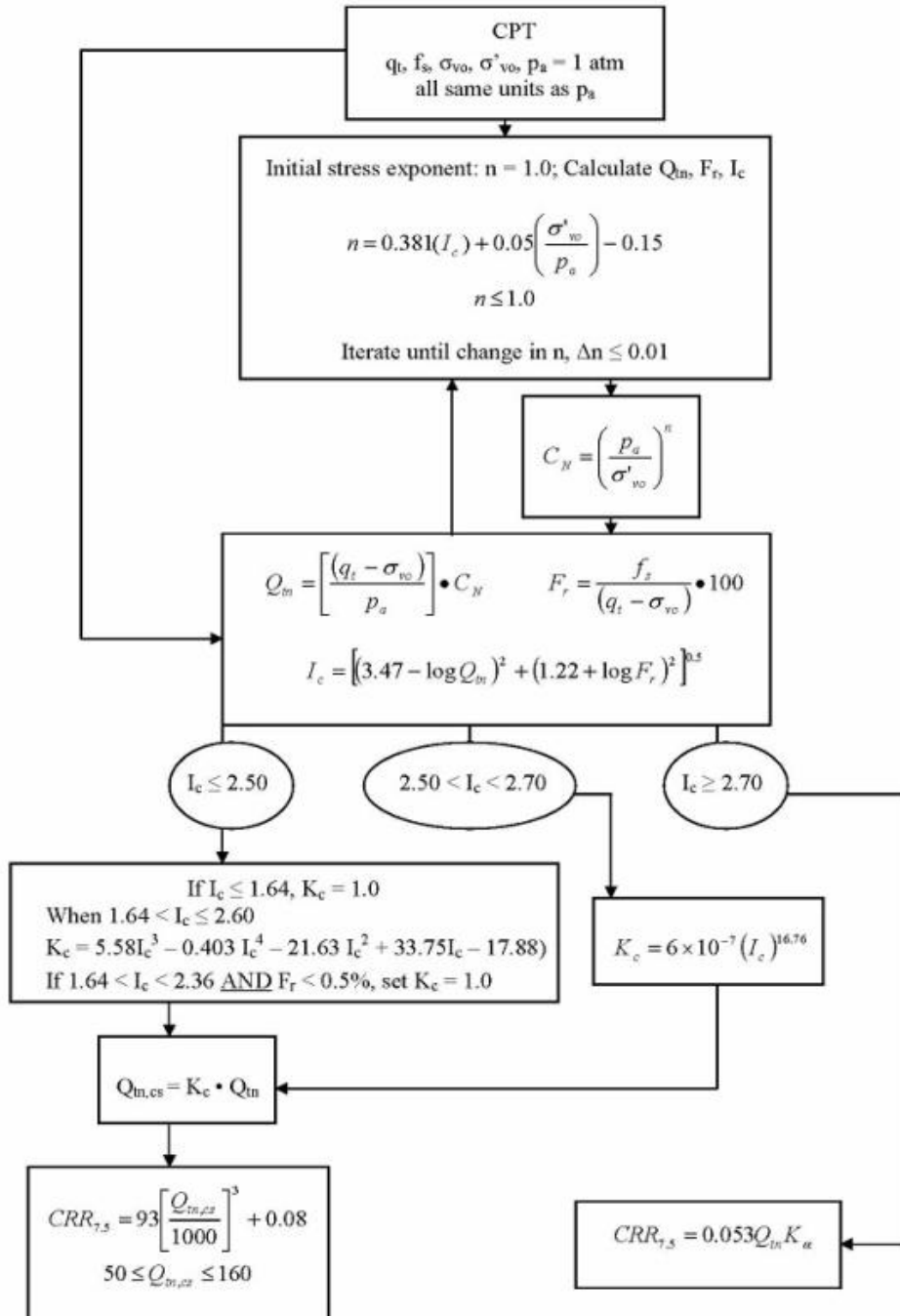
L'analisi viene condotta sia con il metodo di Robertson che con il metodo di Idriss e Boulanger 2014.

Utilizzando i dati di input (D.M. 14 gennaio 2008) visualizzati in FIGURA 3.2., se ne deduce che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso per gli strati sabbiosi rilevati con la prova.

### 3.2.1. ANALISI CON IL METODO DI ROBERTSON (2010)

#### Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (all soils), Robertson (2010)

Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. This procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart<sup>1</sup>:



<sup>1</sup> P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering – from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009



**Dott. Geol.**  
**Thomas Veronese**  
**SST Studi Servizi Tecnici**

**Dott. Geol. Thomas Veronese**  
via Roma 10, Codigoro FE  
tel 335 5240380  
thomas.veronese@tin.it

# LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

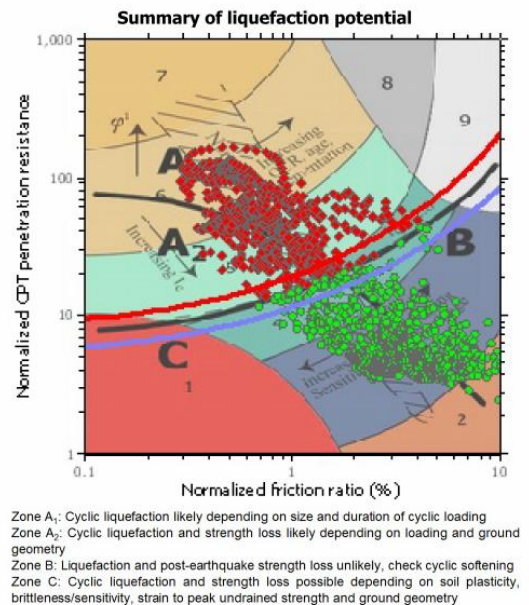
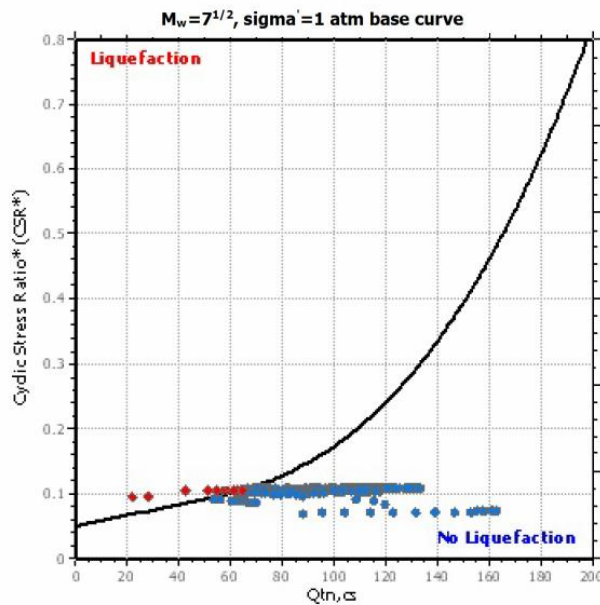
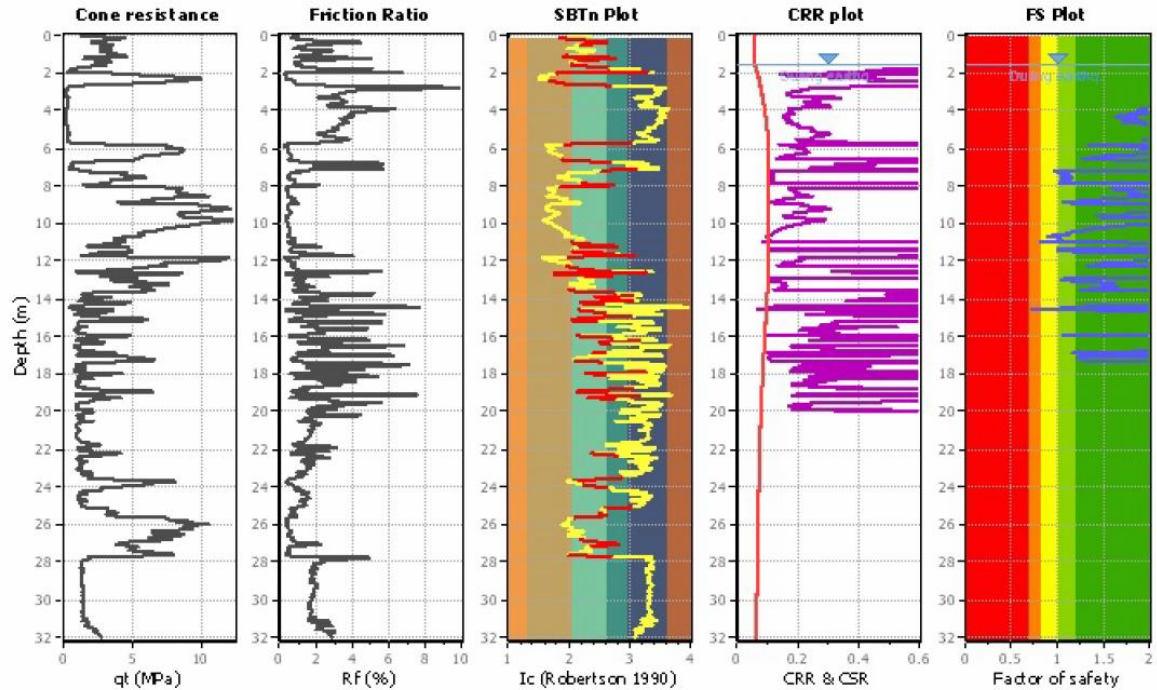
**Project title : Scuola Fattibello**

**Location : Comacchio FE**

**CPT file : rif. U29-17 CPTU1 Comacchio Scu**

## Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.60 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	5.30	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	No	MSF method:	Method based



This software is licensed to: Dott. Geol. Thomas Veronese

CPT name: rif. U29-17 CPTU1 Comacchio Scu

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F <sub>L</sub>	w <sub>z</sub>	d <sub>z</sub>	LPI	Depth (m)	FS	F <sub>L</sub>	w <sub>z</sub>	d <sub>z</sub>	LPI
30.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.02	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.04	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.06	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.08	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.10	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.12	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.14	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.16	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.18	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.22	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.24	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.26	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.28	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.30	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.32	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.34	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.36	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.38	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.42	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.44	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.46	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.48	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.52	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.54	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.56	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.58	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.62	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.64	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.66	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.68	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.72	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Overall liquefaction potential: 0.09											

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low  
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low  
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high  
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

#### Abbreviations

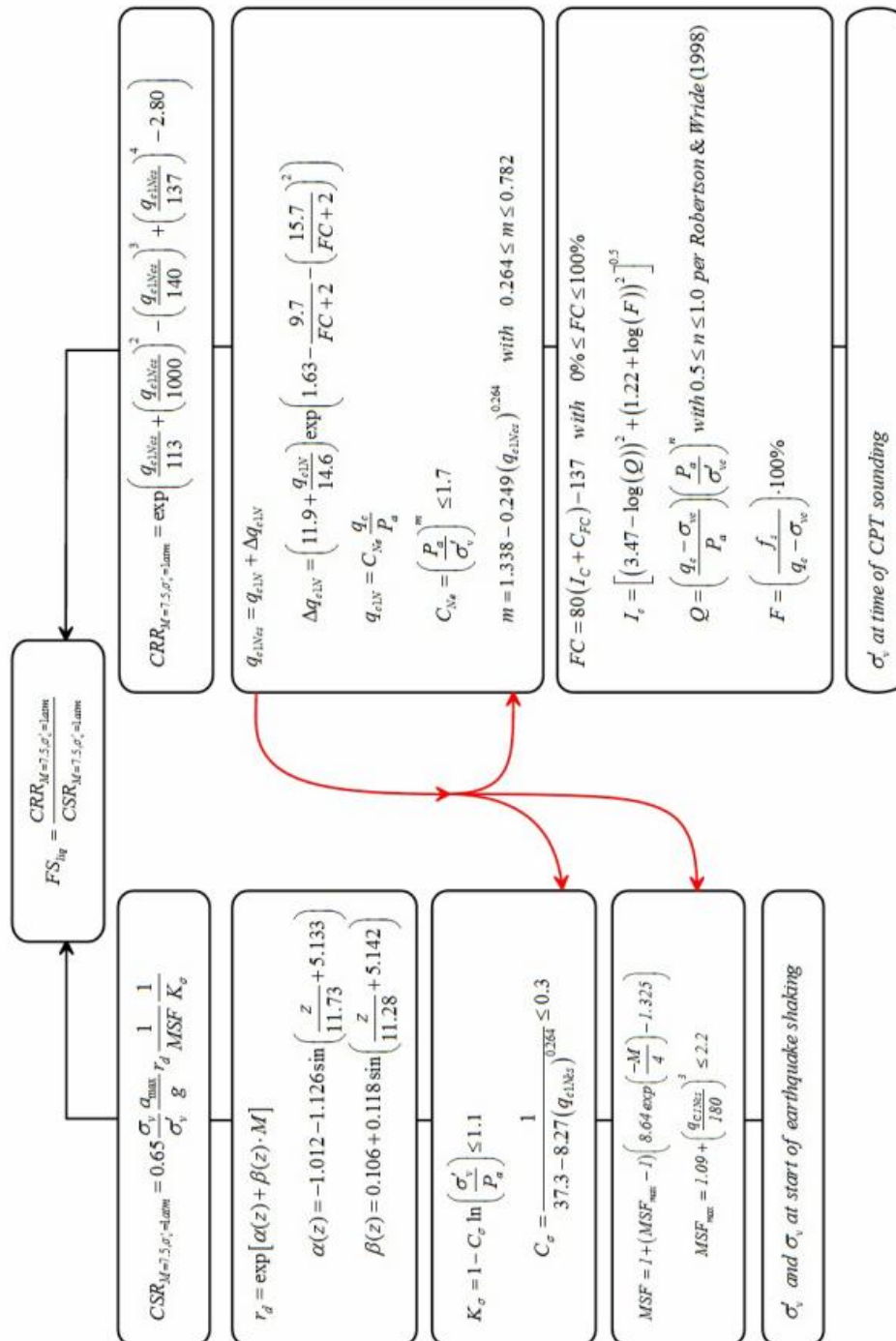
FS: Calculated factor of safety for test point  
F<sub>L</sub>: 1 - FS  
w<sub>z</sub>: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth  
d<sub>z</sub>: Layer thickness (m)  
LPI: Liquefaction potential index value for test point

### 3.2.1. ANALISI CON IL METODO DI IDRISSE E BOULANGER (2014)

Per applicare il metodo di Idriss e Boulanger si ricorre alle misure ottenute in sito della frazione fine. Solo a titolo comparativo si dimostra come viene l'analisi se non si conoscono le granulometrie delle sabbie.

Analisi senza i dati granulometrici delle sabbie e senza dunque applicazione del fattore di correzione per il contenuto in fine  $C_{FC}$ .

#### Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, Boulanger & Idriss (2014)





**Dott. Geol.**  
**Thomas Veronese**  
**SST Studi Servizi Tecnici**

**Dott. Geol. Thomas Veronese**  
via Roma 10, Codigoro FE  
tel 335 5240380  
thomas.veronese@tin.it

## LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

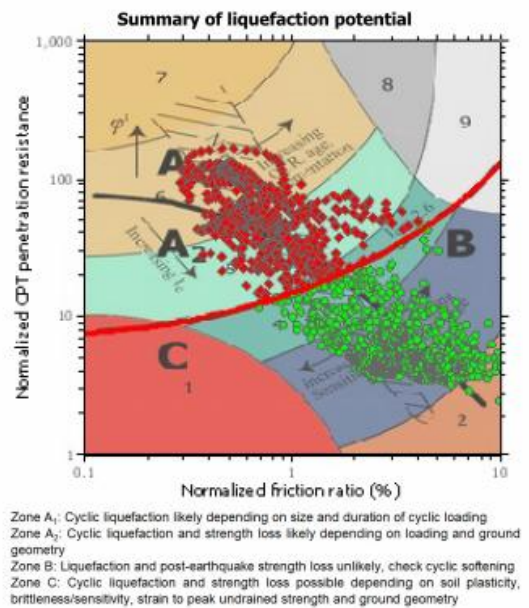
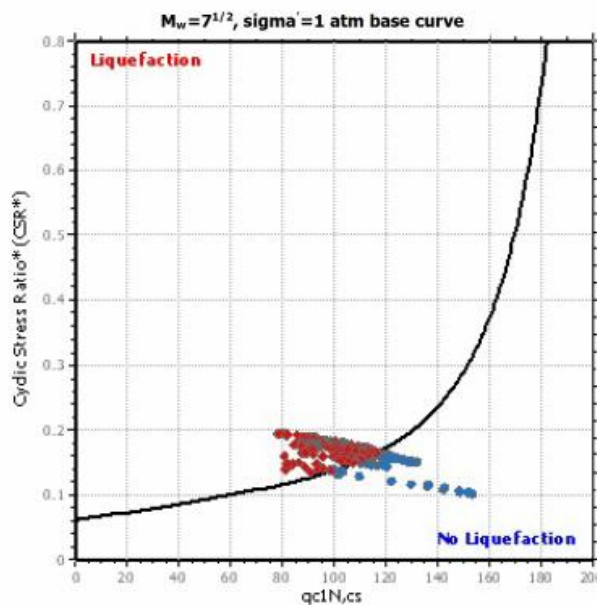
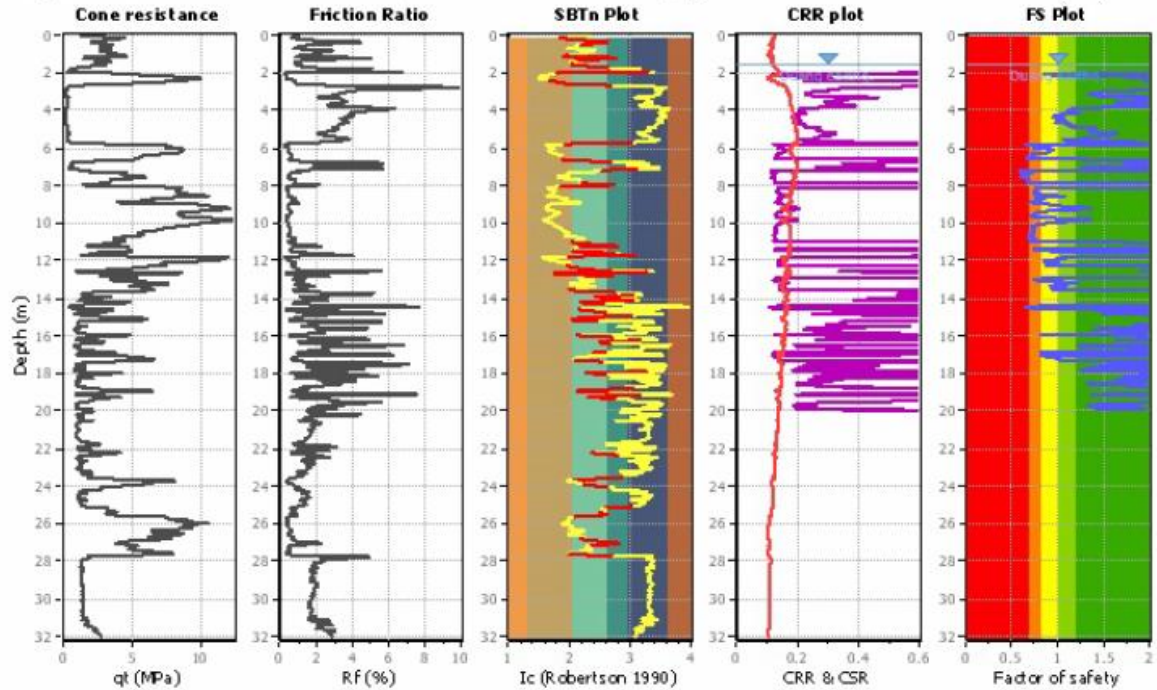
**Project title :** Scuola Fattibello

**Location :** Comacchio FE

**CPT file :** rif. U29-17 CPTU1 Comacchio Scu

### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.60 m	Fill height:	N/A	applied:	Sand & Clay
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	5.30	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method



This software is licensed to: Dott. Geol. Thomas Veronese

CPT name: rif. U29-17 CPTU1 Comacchio Scu

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F <sub>L</sub>	w <sub>z</sub>	d <sub>z</sub>	LPI	Depth (m)	FS	F <sub>L</sub>	w <sub>z</sub>	d <sub>z</sub>	LPI
30.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.02	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.04	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.06	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.08	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.10	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.12	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.14	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.16	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.18	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.22	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.24	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.26	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.28	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.30	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.32	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.34	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.36	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.38	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.42	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.44	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.46	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.48	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.52	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.54	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.56	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.58	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.62	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.64	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.66	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.68	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.72	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						<b>Overall liquefaction potential: 6.12</b>					

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low  
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low  
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high  
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

#### Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point  
F<sub>L</sub>: 1 - FS  
w<sub>z</sub>: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth  
d<sub>z</sub>: Layer thickness (m)  
LPI: Liquefaction potential index value for test point



Se invece si utilizzano i valori di contenuto in fine misurati in laboratorio il risultato a cui si perviene è il seguente:

**Dott. Geol.**  
**Thomas Veronese**  
**SST Studi Servizi Tecnici**

**Dott. Geol. Thomas Veronese**  
via Roma 10, Codigoro FE  
tel 335 5240380  
thomas.veronese@tin.it

# LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

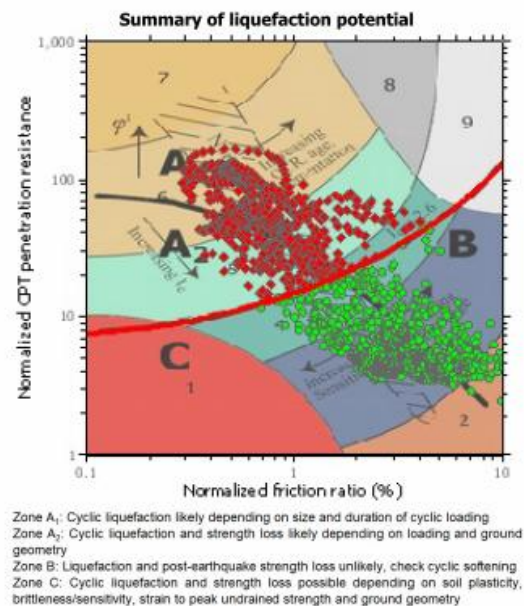
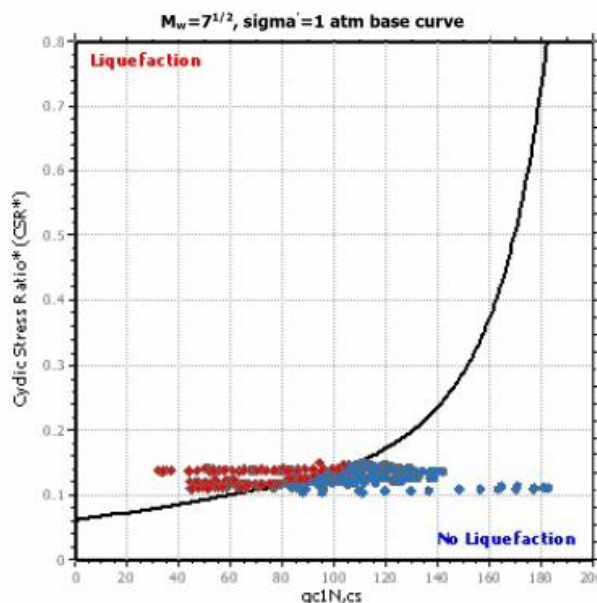
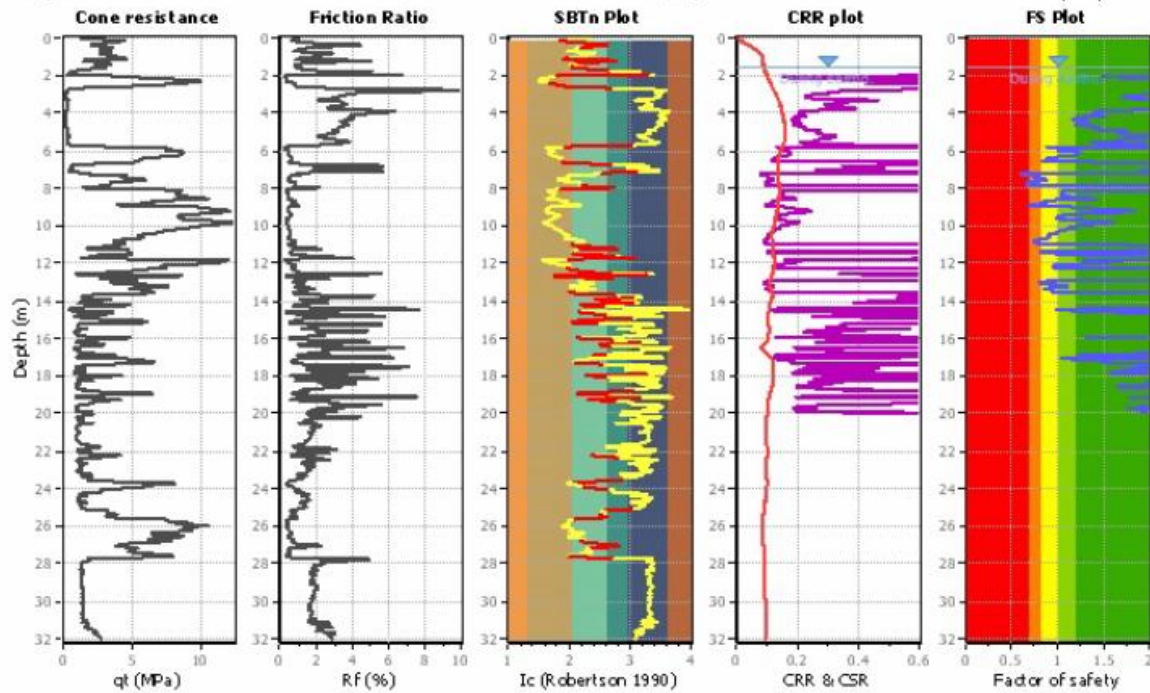
**Project title : Scuola Fattibello**

**Location : Comacchio FE**

**CPT file : rif. U29-17 CPTU1 Comacchio Scu**

## Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.60 m	Fill height:	N/A	applied:	Sand & Clay
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	5.30	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method



This software is licensed to: Dott. Geol. Thomas Veronese

CPT name: rif. U29-17 CPTU1 Comacchio Scu

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F <sub>L</sub>	w <sub>z</sub>	d <sub>z</sub>	LPI	Depth (m)	FS	F <sub>L</sub>	w <sub>z</sub>	d <sub>z</sub>	LPI
30.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.02	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.04	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.06	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.08	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.10	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.12	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.14	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.16	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.18	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.22	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.24	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.26	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.28	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.30	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.32	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.34	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.36	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.38	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.42	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.44	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.46	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.48	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.52	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.54	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.56	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.58	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.62	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.64	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.66	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.68	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.72	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						<b>Overall liquefaction potential: 2.55</b>					

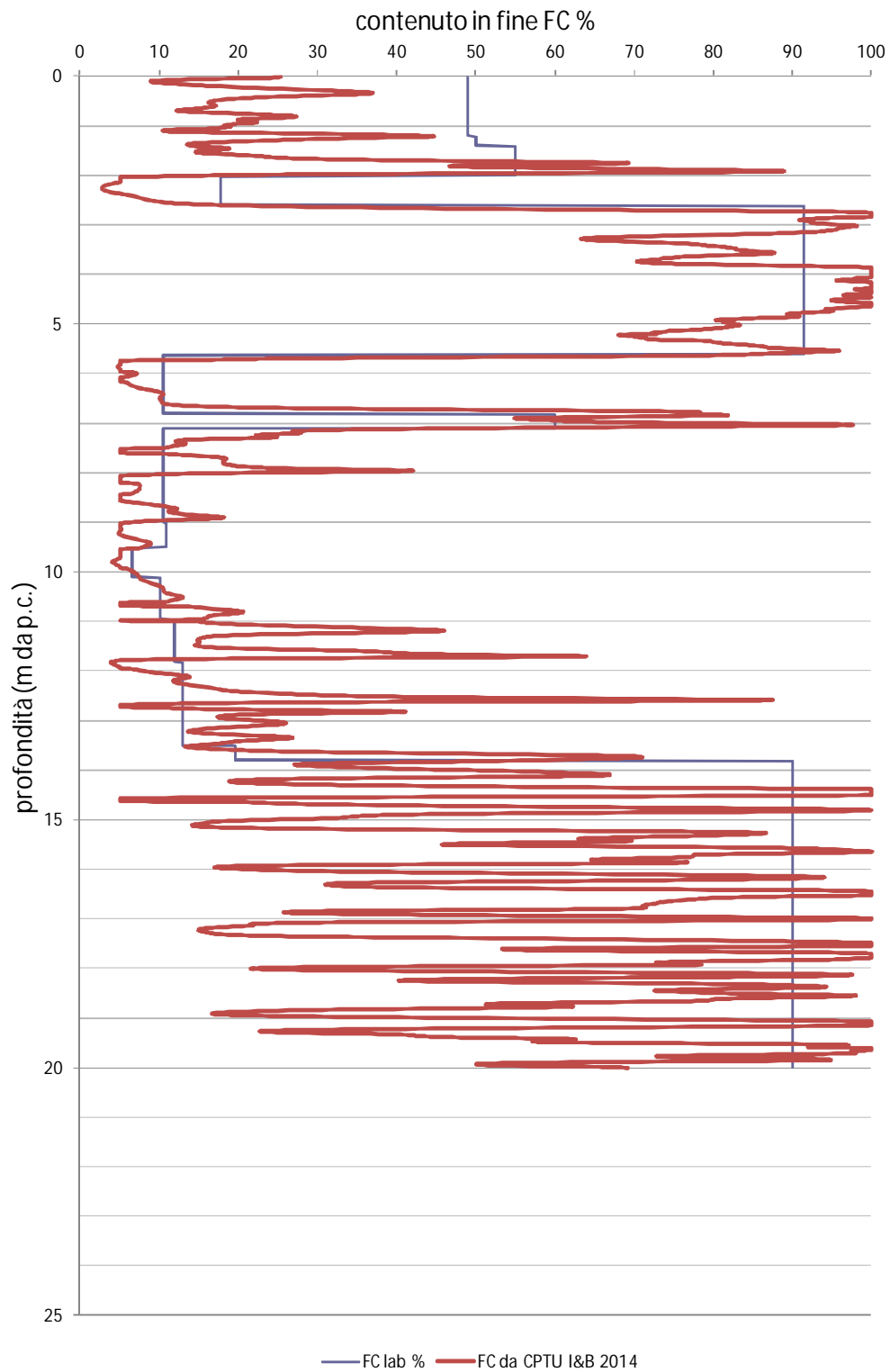
LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low  
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low  
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high  
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

#### Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point  
F<sub>L</sub>: 1 - FS  
w<sub>z</sub>: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth  
d<sub>z</sub>: Layer thickness (m)  
LPI: Liquefaction potential index value for test point

Si grafica la differenza tra il contenuto in fine misurato in laboratorio e quello apparente ricavato con le correlazioni da Qc ed fs.

### FC misurato e FC calcolato da CPTU



CPTU	Potenziale Liquefazione $I_{PL}$
Roberson 2010	0,09
Idriss e Boulanger 2014 senza correzione del contenuto in fine	6,12
Idriss e Boulanger 2014 con la correzione del contenuto in fine	2,55

*Tabella 3.2 – Indice potenziale liquefazione CPTU*

Per procedere con una analisi di risposta sismica locale per la definizione delle azioni sismica, è stato progettato un carotaggio per il prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (prove di colonna risonante); si poi presa una prova ESAC profonda per il profilo di Vs profondo (che non ha raggiunto il bedrock sismico), eseguita a Comacchio sempre per il PSC.

Con le indagini eseguite è stato possibile valutare il reale contenuto in fine FC dei depositi e dunque la corretta CRR, ed è possibile poi eseguire una Analisi di Risposta Sismica locale, con la quale ricavare il profilo di CSR in funzione della reale stratigrafia del sito.

#### 4. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La funzione di amplificazione di un sito fornisce una chiara ed efficace rappresentazione dell'effetto "filtrante" di un deposito di terreno sulle onde sismiche. Essa mette in evidenza in quale campo di frequenze la presenza del terreno può indurre effetti significativi di amplificazione del moto sismico incidente o, viceversa, se tali effetti possano addirittura tradursi in un'attenuazione delle ampiezze in superficie.

La conoscenza della sola funzione di amplificazione non è comunque sufficiente per determinare le caratteristiche del moto sismico alla superficie di un deposito. In termini applicativi, scopo finale di un'analisi di risposta sismica locale è infatti quello di disporre di uno spettro di risposta dell'accelerazione (associato ad un terremoto presunto ed ad un dato fattore di smorzamento strutturale), che includa realisticamente l'effetto di amplificazione del sottosuolo. Ciò premesso la funzione di amplificazione (o meglio la funzione di trasferimento) rappresenta comunque un indispensabile elemento per determinare il moto in superficie. Si riporta in FIGURA 4.1. lo schema del processo che porta alla determinazione del moto sismico alla superficie di un deposito di terreno su basamento roccioso, a cui è applicata l'eccitazione sismica rappresentata, anziché da un'onda armonica stazionaria, da un moto irregolare come nel caso di un sisma reale.

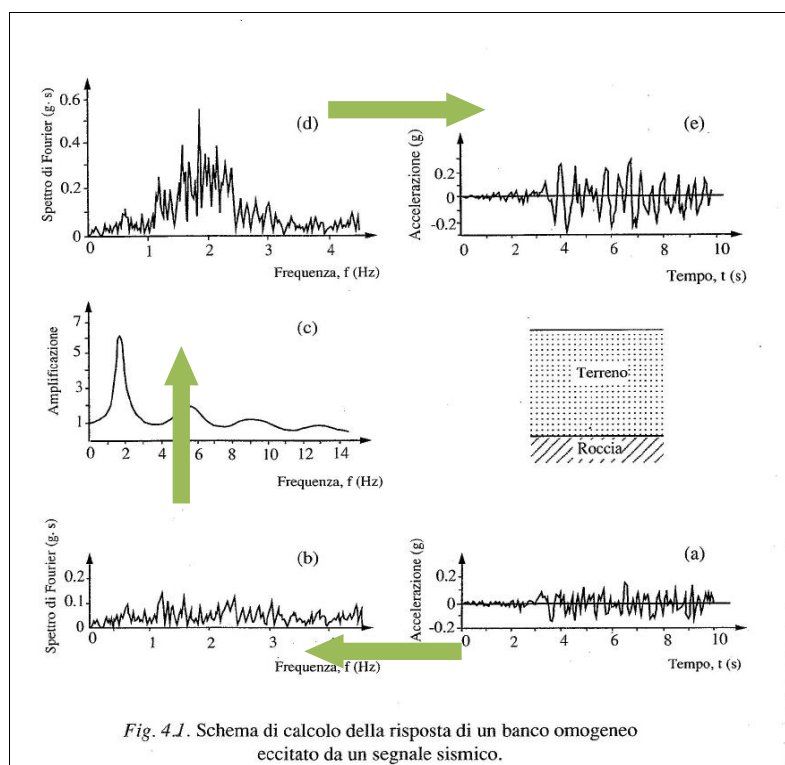


Fig. 4.1. Schema di calcolo della risposta di un banco omogeneo eccitato da un segnale sismico.

FIGURA 4.1.

Per procedere a questo tipo di studio serve:

- modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;
- profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;
- modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;
- curve sitospecifiche di decadimento del modulo  $G_0$ , espresse attraverso il rapporto  $G/G_0$ , e curve di smorzamento  $D$  ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;
- curve bibliografiche idonee di  $G_0$  e  $D$ , da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.
- gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.

I dati da ricercare sono evidenziati nei paragrafi successivi.



#### 4.1. IL MODELLO LITOSTRATIGRAFICO DI DETTAGLIO DEI PRIMI 30m

- a. modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- b. *profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;*
- c. *profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;*
- d. *modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;*
- e. *curve sitospecifiche di decadimento del modulo  $G_0$ , espresse attraverso il rapporto  $G/G_0$ , e curve di smorzamento  $D$  ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;*
- f. *curve bibliografiche idonee di  $G_0$  e  $D$ , da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.*
- g. *gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.*

Il dettaglio stratigrafico del sito allo studio è ricostruito dalla penetrometria con SCPTU a -32m dal p.c. e dal carotaggio a -29,60m dal p.c.-

#### 4.2. PROFILO DI VS DI DETTAGLIO DEI PRIMI 30M

- a. modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- b. profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;
- c. profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;
- d. modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;
- e. curve sitospecifiche di decadimento del modulo  $G_0$ , espresse attraverso il rapporto  $G/G_0$ , e curve di smorzamento  $D$  ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;
- f. curve bibliografiche idonee di  $G_0$  e  $D$ , da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.
- g. gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.

Il profilo di dettaglio delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei primi 32m è stato misurato con la prova SCPTU.

#### 4.3. PROFILO DI VS PROFONDO FINO AL BEDROCK SISMICO

- a. modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- b. profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;
- c. profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;
- d. modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;
- e. curve sitospecifiche di decadimento del modulo  $G_0$ , espresse attraverso il rapporto  $G/G_0$ , e curve di smorzamento  $D$  ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;
- f. curve bibliografiche idonee di  $G_0$  e  $D$ , da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.
- g. gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.

Il profilo di Vs adottato è quello misurato per gli studi allegati al PSC, in corrispondenza dell'area sportiva in Raibosola.



FIGURA 4.1.- Ubicazione dello stendimento prova ESAC - zona Stadio

Di seguito si riportano i risultati delle indagini geofisiche, con il profilo profondo delle velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

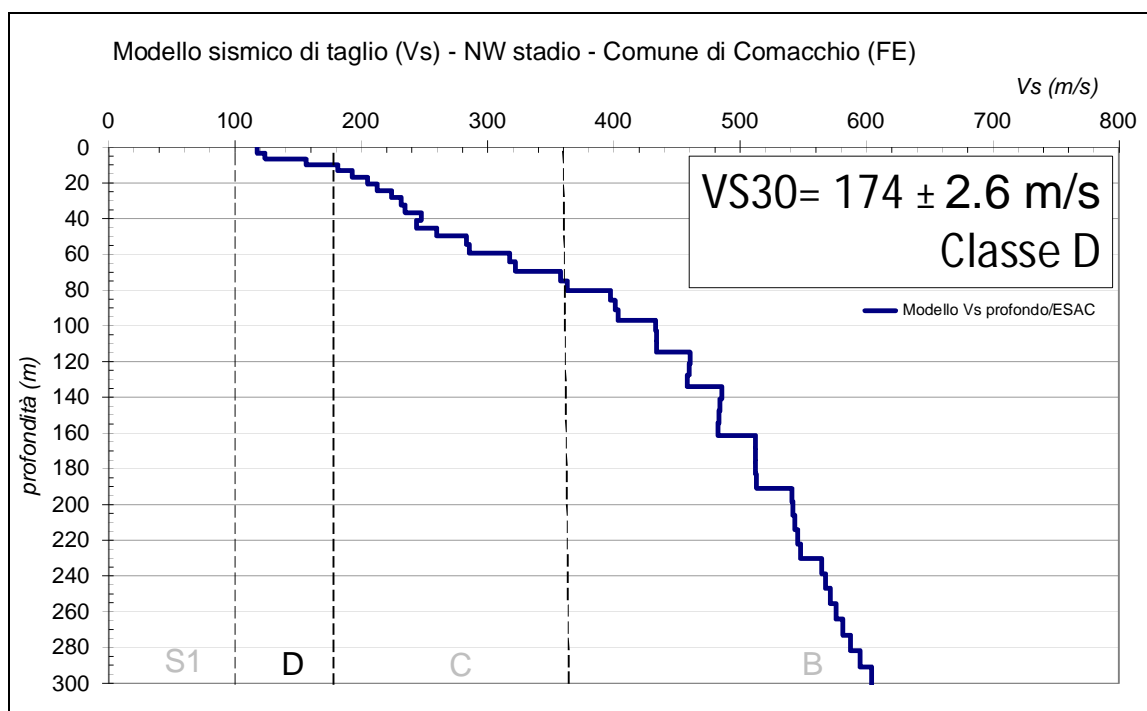


FIGURA 4.2 – profilo di  $V_s$  profondo misurato in Comacchio nella zona dello stadio comunale.

#### 4.4. MODELLO GEOLOGICO STRATIGRAFICO FINO AL BEDROCK SISMICO

- modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;
- profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;
- modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;
- curve sitospecifiche di decadimento del modulo  $G_0$ , espresse attraverso il rapporto  $G/G_0$ , e curve di smorzamento  $D$  ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;
- curve bibliografiche idonee di  $G_0$  e  $D$ , da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.
- gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.

Per la ricostruzione del modello geologico profondo si è fatto ricorso alla banca dati regionale, e si è reperita la sezione geologica n° 081.

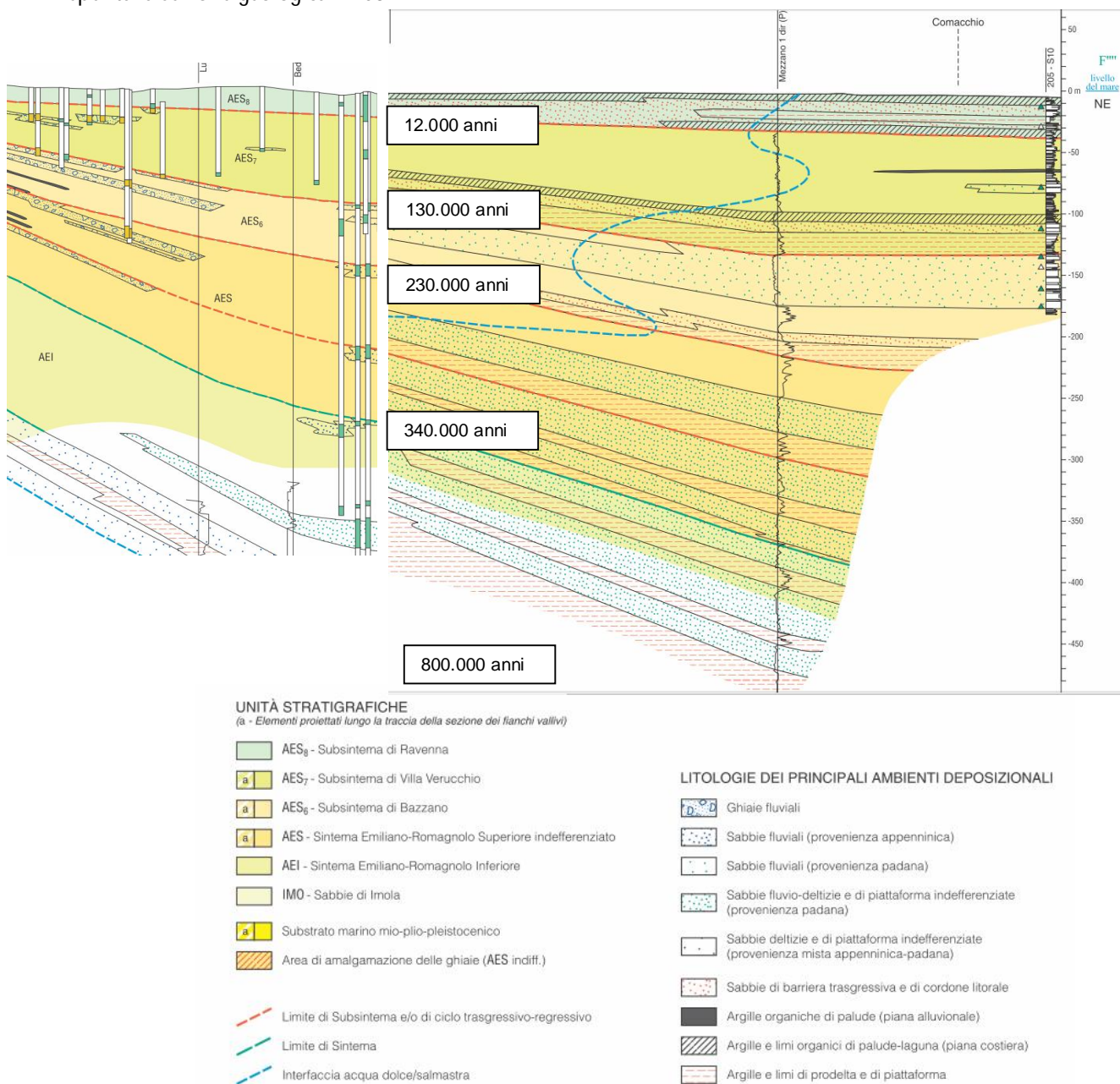


FIGURA 4.3 - sezione geologica 093 - Progetto CARG.

[https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp?service=sezioni\\_geo](https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=sezioni_geo)

Adottato un modello stratigrafico profondo e misurato un profilo di Vs fino al bedrock sismico, si procede alla sovrapposizione dei due modelli per la suddivisione dei sismostrati pseudomogenei per Vs e per litologia (FIGURA 4.4.).



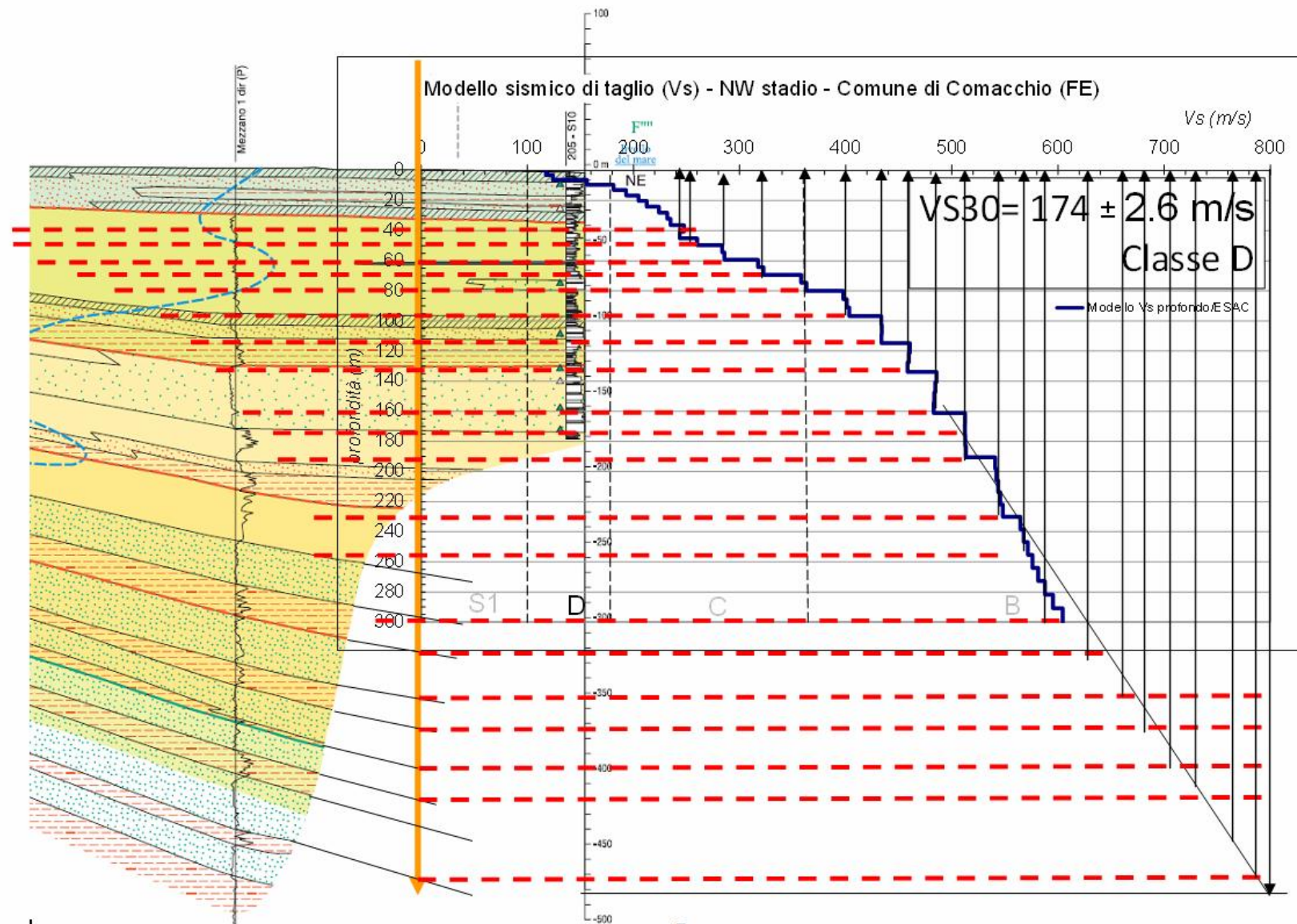


FIGURA 4.4 - modello stratigrafico profondo e modello geofisico profondo adottato per l'analisi di risposta sismica locale dello stadio Paolo Mazza di di Ferrara.



#### 4.5. CURVE SITO SPECIFICHE "Go" E "D"

- a. modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- b. profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;
- c. profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;
- d. modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;
- e. curve sitospecifiche di decadimento del modulo Go, espresse attraverso il rapporto  $G/Go$ , e curve di smorzamento D ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;
- f. curve bibliografiche idonee di Go e D, da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.
- g. gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.

Lo scrivente ha progettato il carotaggio in funzione degli strati pseudomogenei rilevati con la CPTU. Tale progetto delle indagini è riportato nella FIGURA 4.5.

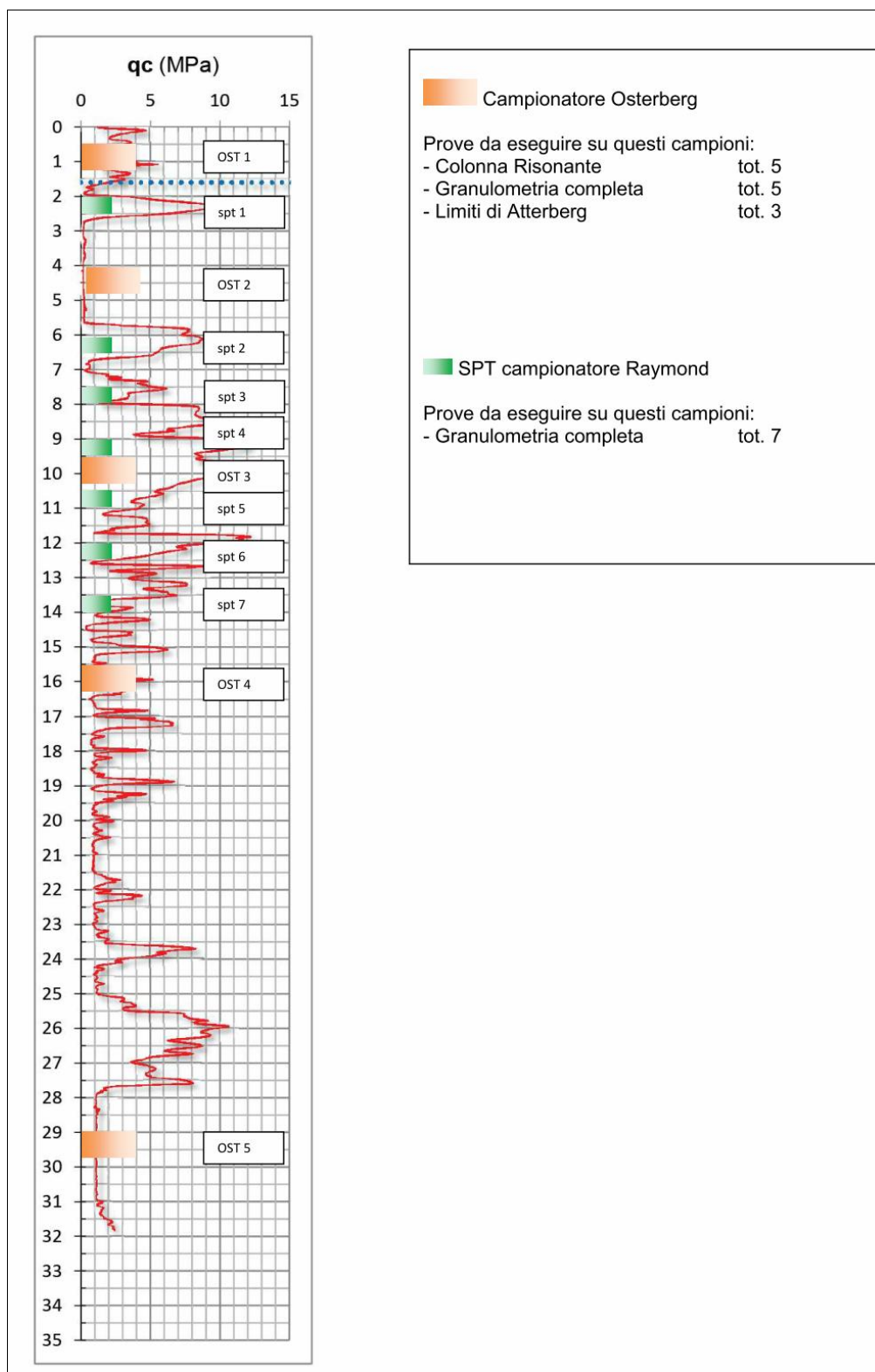


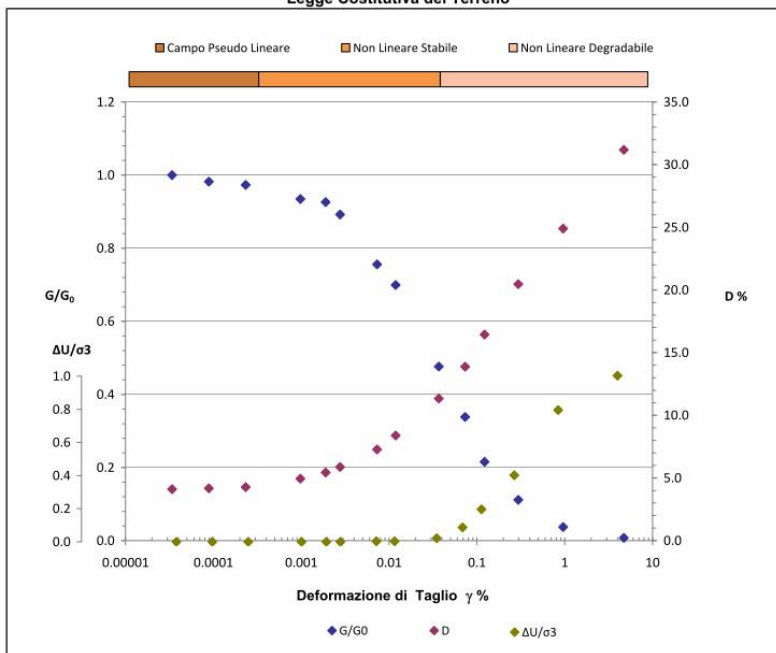
FIGURA 4.5 - posizione dei 5 campioni su cui si è effettuata la prova di colonna risonante.

Le prove di colonna risonante consentono di determinare il modulo di taglio  $G$  e lo smorzamento dei terreni al variare delle deformazioni di taglio imposte, da valori molto piccoli (intorno a  $10^{-5}\%$ ) fino a circa  $10^{-2}\%$ . Vengono largamente impiegate in tutti i casi in cui i terreni sono sottoposti a sollecitazioni dinamiche, per lo studio dei problemi di deformazione dei terreni e di propagazione delle onde.

Nei grafici che seguono sono riportati sia le curve di decadimento del modulo  $G_0$  espresse come rapporto  $G/G_0$  sia le curve di smorzamento, entrambi in funzione dei diversi sforzi di taglio.

Committente:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara	Certificato di prova N°:	
Località:	Comacchio (FE)	Verbale di accettazione N°:	
Cantiere:	Scuola Via Fattibello	Commessa:	16636/17
Sondaggio:	S1	Data ricevimento campione:	
Campione:	Ost 1	Data prova:	07/06/17
Profondità (m):	0.50 - 0.90	Data emissione certificato:	

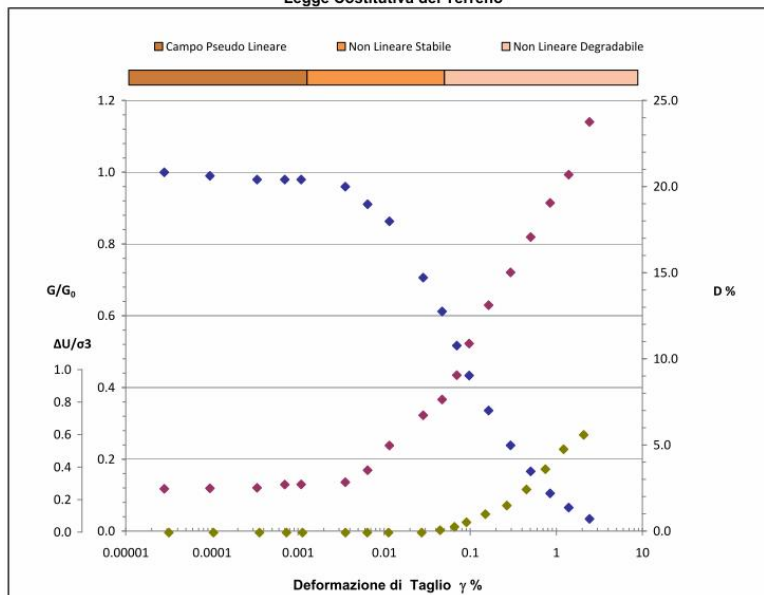
Legge Costitutiva del Terreno



Cmach 1

Committente:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara	Certificato di prova N°:	
Località:	Comacchio (FE)	Verbale di accettazione N°:	
Cantiere:	Scuola Via Fattibello	Commessa:	16636/17
Sondaggio:	S1	Data ricevimento campione:	
Campione:	Ost 2	Data prova:	07/06/17
Profondità (m):	5.00 - 5.60	Data emissione certificato:	

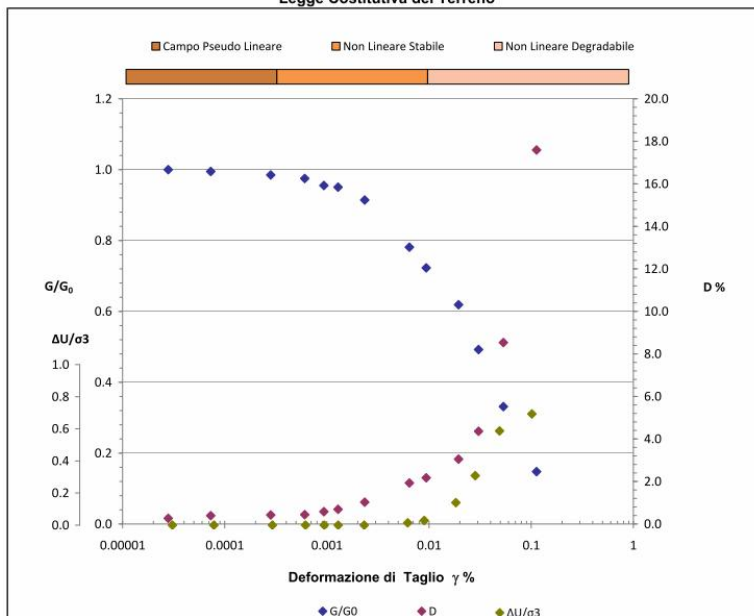
Legge Costitutiva del Terreno



Cmach 2

Committente:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara	Certificato di prova N°:	
Località:	Comacchio (FE)	Verbale di accettazione N°:	256/17
Cantiere:	Scuola Via Fattibello	Commessa:	16636/17
Sondaggio:	S1	Data ricevimento campione:	23/05/17
Campione:	Ost 3	Data prova:	15/06/17
Profondità (m):	9.50 - 10.10	Data emissione certificato:	

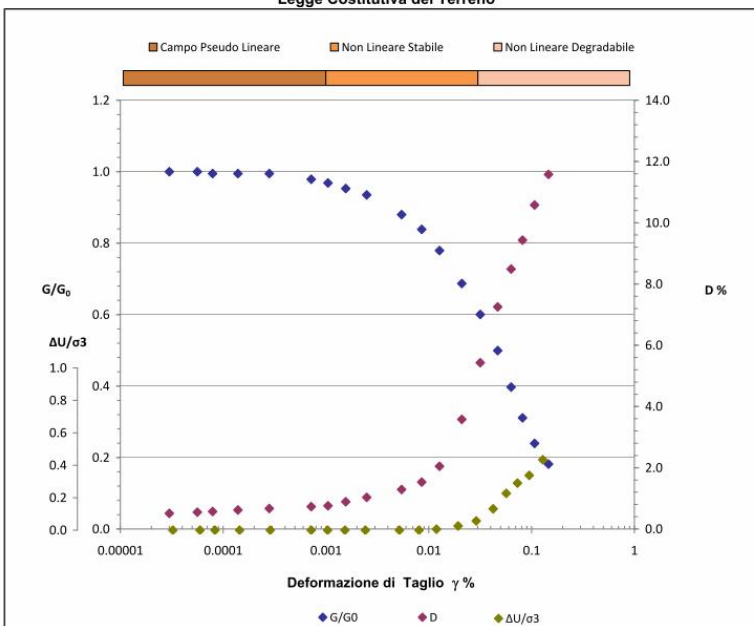
Legge Costitutiva del Terreno



Cmach 3 - campione ricostruito in laboratorio

Committente:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara	Certificato di prova N°:	
Località:	Comacchio (FE)	Verbale di accettazione N°:	256/17
Cantiere:	Scuola Via Fattibello	Commessa:	16636/17
Sondaggio:	S1	Data ricevimento campione:	23/05/17
Campione:	Ost 4	Data prova:	12/06/17
Profondità (m):	15.50 - 16.10	Data emissione certificato:	

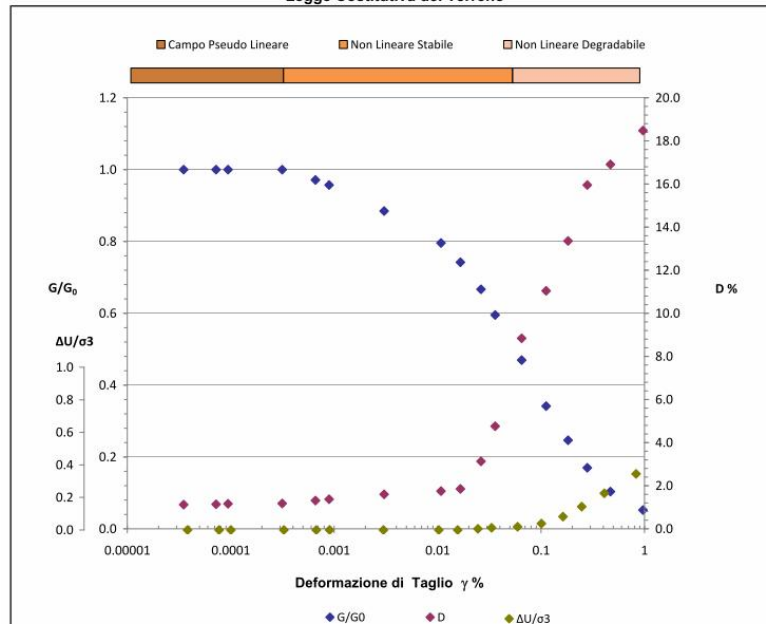
Legge Costitutiva del Terreno



Cmach 4

Committente:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara	Certificato di prova N°:	
Località:	Comacchio (FE)	Verbale di accettazione N°:	256/17
Cantiere:	Scuola Via Fattibello	Commessa:	16636/17
Sondaggio:	S1	Data ricevimento campione:	23/05/17
Campione:	Ost 5	Data prova:	05/06/17
Profondità (m):	29,00 - 29,60	Data emissione certificato:	

**Legge Costitutiva del Terreno**



Cmach 5



#### 4.6. CURVE SITO BIBLIOGRAFICHE "Go" E "D" PER TERRENI PROFONDI

- a. modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- b. profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;
- c. profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;
- d. modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;
- e. curve sitospecifiche di decadimento del modulo  $G_0$ , espresse attraverso il rapporto  $G/G_0$ , e curve di smorzamento  $D$  ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;
- f. curve bibliografiche idonee di  $G_0$  e  $D$ , da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.
- g. gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.

Nel sito codice STRATA, che verrà utilizzato per l'analisi di risposta sismica locale monodimensionale, sono contenute diverse curve bibliografiche di sedimenti di diverso tipo. In particolare si farà riferimento alle curve EPRI (93) che tengono conto dello stato tensionale (ovvero della profondità).

#### 4.7. GRUPPO DI SETTE ACCELEROGRAMMI SPETTROCOMPATIBILI

- modello geologico stratigrafico di dettaglio dei primi 30m/40m di terreno;
- profilo di Vs di dettaglio dei primi 30m/40m;
- profilo di Vs profondo fino al bedrock sismico;
- modello geologico stratigrafico di dettaglio fino al bedrock sismico;
- curve sitospecifiche di decadimento del modulo  $G_0$ , espresse attraverso il rapporto  $G/G_0$ , e curve di smorzamento  $D$  ricavati da prove di colonna risonante, o prove triassiali cicliche, per i terreni campionati nei primi 30m/40m;
- curve bibliografiche idonee di  $G_0$  e  $D$ , da attribuire ai terreni profondi fino al bedrock sismico.
- gruppo di 7 accelerogrammi spettro compatibili per la definizione del moto sismico al bedrock.

Considerato che per eventi con tempi di ritorno di 475 non sono presenti problematiche particolari, si punta a fare l'analisi di risposta sismica locale per tempi di ritorno di 712 anni, caratteristici degli edifici di classe d'uso III. La scelta degli accelerogrammi viene fatta dunque tenendo conto di questa energia attesa.

La procedura per l'estrazione dei 7 accelerogrammi è stata eseguita con Rexel, selezionandoli dall'European Strong-motion Database; la ricerca è iniziata attraverso l'analisi della disaggregazione per la definizione della coppia Magnitudo-distanza epicentrale. I parametri preliminari di ricerca sono stati:

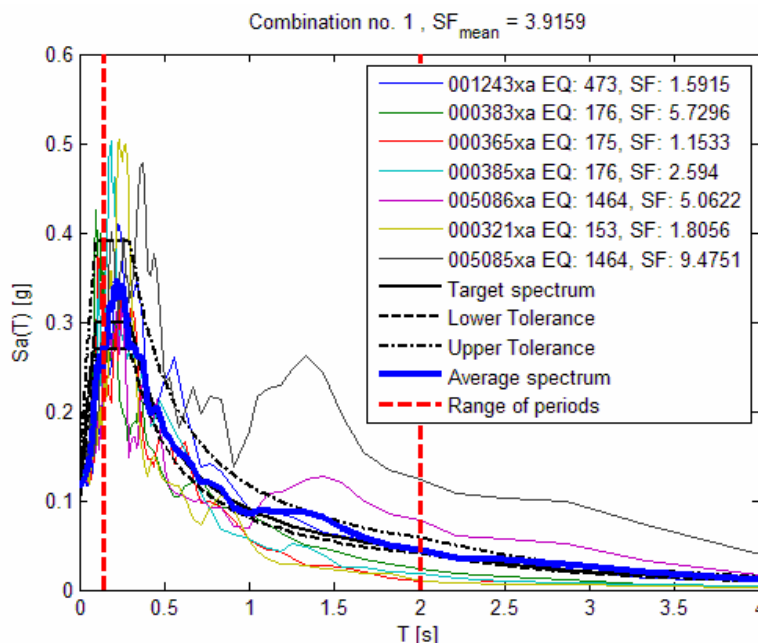
$M_{min}$ : 5,0       $M_{max}$ : 6,0       $R_{min}$  [km]: 0       $R_{max}$  [km]: 15  
*Site class*: Same as target spectrum      *Database*: European Strong-motion Database

I parametri per la costruzione dello spettro e le opzioni di analisi sono:

$L_{inf}$ : 10       $L_{sup}$ : 30       $T1$  [s]: 0.15       $T2$  [s]: 2  
*Scaled*: Yes      *I'm feeling lucky*: Yes

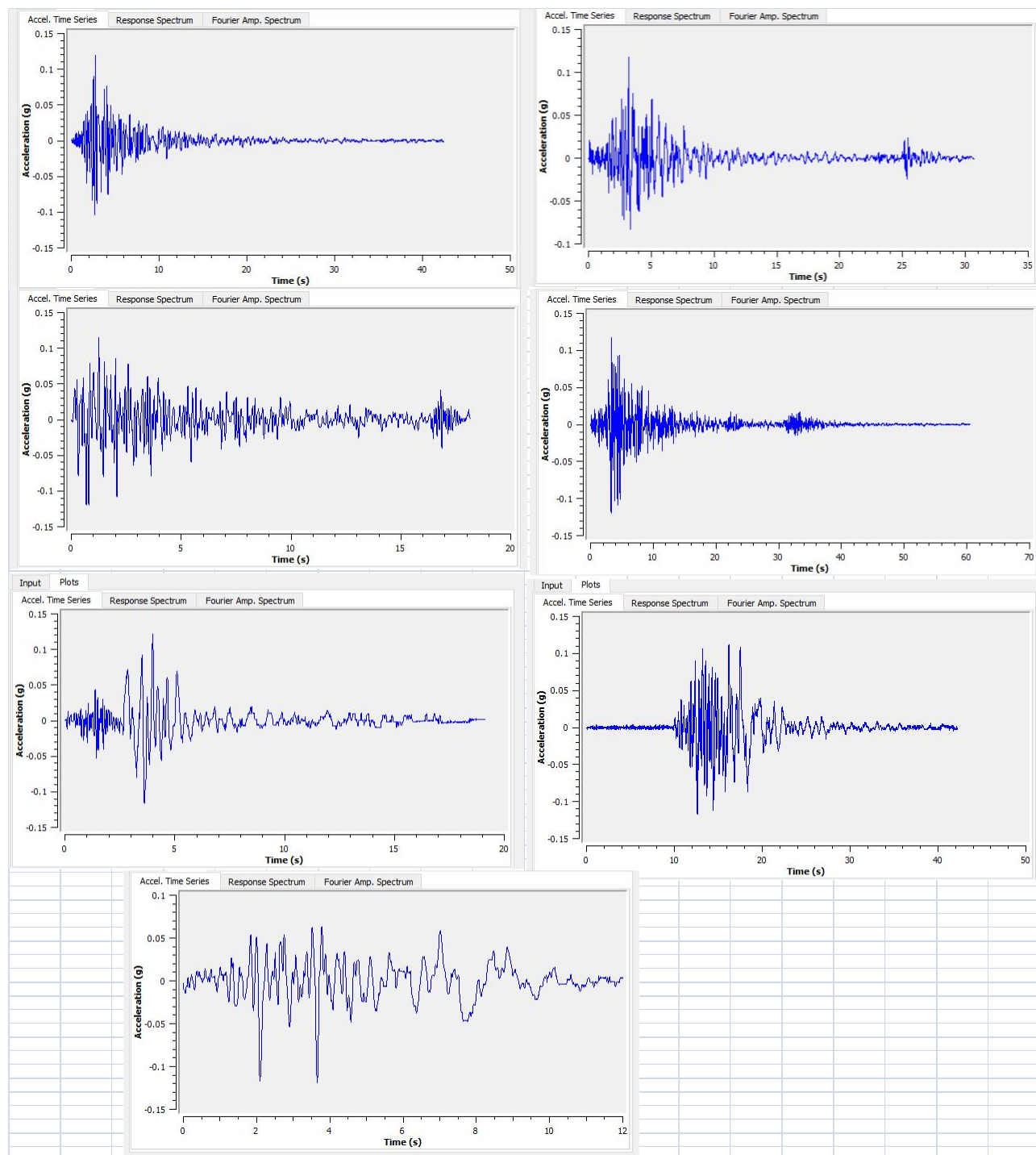
Il Target dello spettro, su cui selezionare gli accelerogrammi spettrocompatibili (i parametri di Classe d'Uso III e di  $V_n=50$ anni) è definito da:

$Lon.$  [°]: 12.2001       $Lat.$  [°]: 44.6897      *Site class*: A      *Top. cat.*: T1  
 $V_n$ : 50 years      *CU*: III      *SL*: SLV



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	EC8 Site class
1243	473	ST575	Izmit (aftershock)	9/13/1999	5:08	oblique	15	A
383	176	ST153	Lazio Abruzzo (aftershock)	5/11/1984	5:05	normal	14	A
365	175	ST140	Lazio Abruzzo	5/7/1984	5:09	normal	5	A
385	176	ST155	Lazio Abruzzo (aftershock)	5/11/1984	5:05	normal	15	A
5086	1464	ST2556	Mt. Hengill Area	6/4/1998	5:04	strike slip	15	A
321	153	ST120	Campano Lucano (aftershock)	1/16/1981	5:02	normal	8	A
5085	1464	ST2497	Mt. Hengill Area	6/4/1998	5:04	strike slip	15	A
mean:					5.528571		12.42857143	

Gli accelerogrammi sono stati tutti scalati al valore di 0,118g, che corrisponde al valore per SLV, per eventi con tempo di ritorno di 712 anni.



Con i 7 accelerogrammi che caratterizzano il moto sismico, è possibile definire uno spettro di risposta medio compatibile con quello imposto dall'analisi. Ora ci sono tutti gli elementi per poter procedere ad una analisi di risposta sismica locale monodimensionale; il tipo di analisi per cui si opta è di tipo EQL, ovvero Equivalente Lineare.

## 5. RISULTATI DELL'ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

### 5.1. Analisi per SLV

Ora invece si riportano le schermate con evidenziati i dati di Input per l'analisi di RSL, eseguita con il software STRATA.

General Settings | Soil Types | Soil Profile | Motion(s) | Output Specification | Compute | Results

Project  
Title: Scuola Fattibello  
Notes:

Filename prefix:  
Units: Metric Note: only changes labels and gravity, no unit conversion.  
☒ Save motion data within the input file.

Type of Analysis  
Method: Equivalent Linear (EQL)  
Approach: Time Series  
☐ Vary the properties

Site Property Variation  
Number of realizations: 100  
☐ Vary the nonlinear properties  
    -- shear modulus reduction curve  
    -- damping ratio curve  
    -- damping of the bedrock  
☐ Vary the site profile  
    -- shear-wave velocity  
    -- layer thickness  
    -- depth to bedrock  
☐ Specify seed number: 42

Calculation Parameters  
Error tolerance: 2.0 %  
Maximum number of iterations: 30  
Effective strain ratio: 0.65

Layer Discretization  
Maximum frequency: 20 Hz  
Wavelength fraction: 0.20  
☐ Disable auto-discretization

Soil Types

Name	Unit Weight (kN/m³)	G/G <sub>max</sub> Model	Damping Model	Notes
1	18.30	Cmach1	Cmach1	
2	18.00	Cmach3	Cmach3	
3	16.90	Cmach2	Cmach2	
4	16.90	Cmach2	Cmach2	
5	16.90	Cmach2	Cmach2	
6	16.90	Cmach3	Cmach3	
7	18.50	Cmach3	Cmach3	
8	19.50	Cmach3	Cmach3	
9	18.30	Cmach4	Cmach4	
10	18.60	Cmach4	Cmach4	
11	18.30	Cmach4	Cmach4	
12	18.30	Cmach4	Cmach4	
13	19.00	Ost 5 Dosso SL	Ost 5 Dosso SL	
14	18.40	Cmach5	Cmach5	
15	18.50	Mura SH4 A	Mura SH4 A	
16	18.50	Cmach5	Cmach5	
17	19.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft	
18	19.00	Ost 6 Dosso A	Ost 6 Dosso A	
19	19.00	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
20	19.00	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
21	19.00	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
22	19.00	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
23	19.50	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft	
24	19.50	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
25	20.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft	
26	20.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft	
27	19.50	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
28	20.00	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
29	20.00	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
30	20.50	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft	
31	20.50	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	
32	21.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft	
33	20.50	Mgfr SH5 Ael.	Mgfr SH5 Ael.	

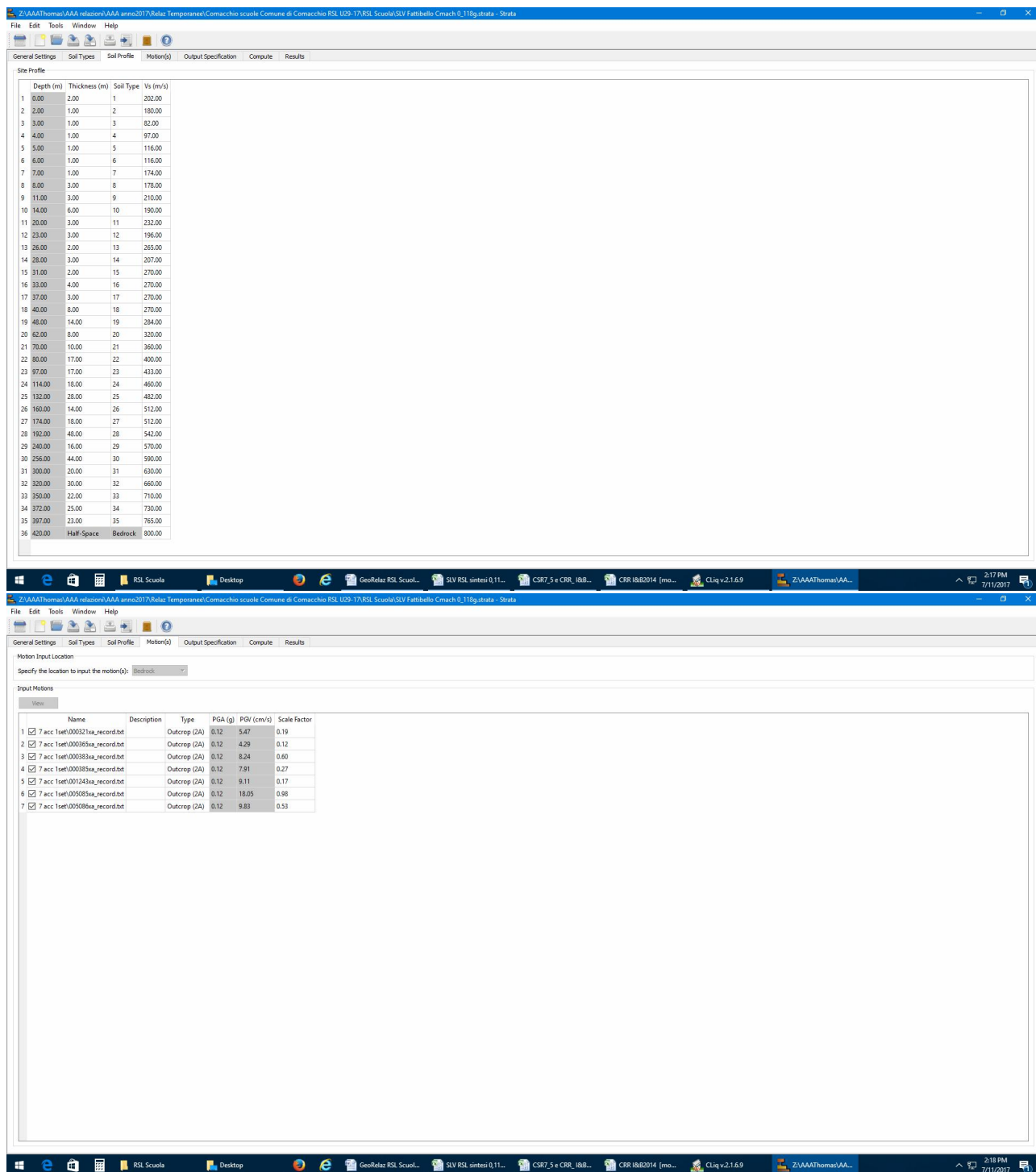
Bedrock Layer  
Unit weight: 22.00 kN/m³ Damping: 1.00 %

Water Table Depth  
Depth: 1.60 m

Derendell and Stokoe Model Parameters  
Mean effective stress: 0.10 atm  
Plasticity Index: 0  
Over-consolidation ratio: 1.00  
Excitation frequency: 0.1 Hz  
Number of cycles: 1

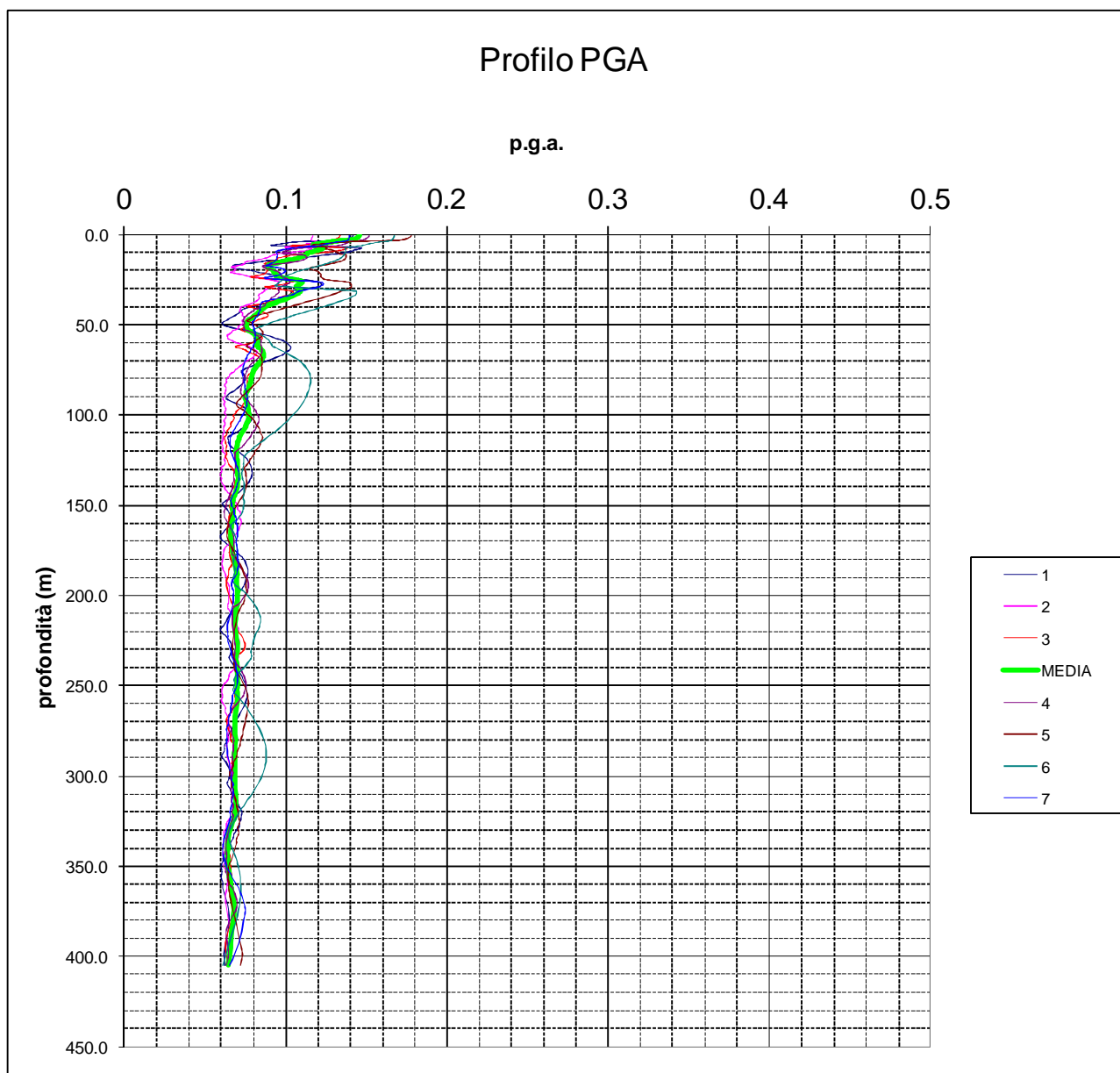
Nonlinear Property





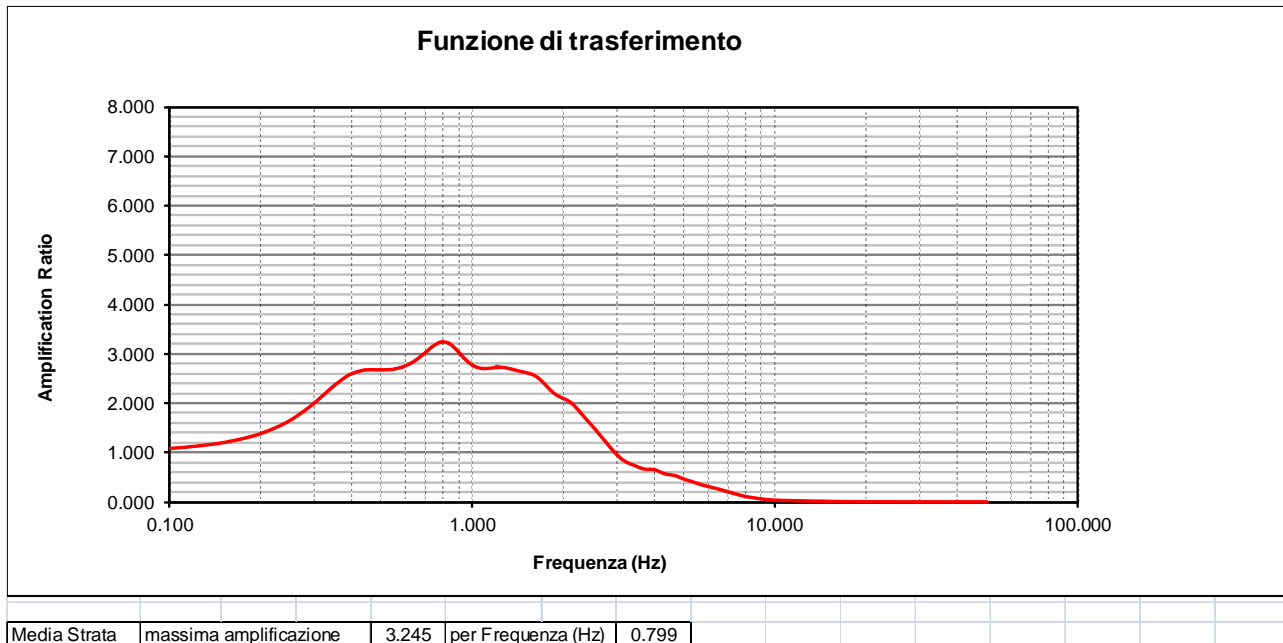
La falda freatica viene assunta a -1,6m dal p.c. .

Nel grafico che segue è riportato profilo di PGA medio, ricavato dall'analisi dei 7 accelerogrammi, dal bedrock fino al piano campagna.



			F.A.
P.G.A. bedrock		0.118	
P.G.A. superficie	accelerg 1	0.142	<b>1.20</b>
P.G.A. superficie	accelerg 2	0.117	<b>0.99</b>
P.G.A. superficie	accelerg 3	0.134	<b>1.13</b>
P.G.A. superficie	accelerg 4	0.152	<b>1.29</b>
P.G.A. superficie	accelerg 5	0.178	<b>1.51</b>
P.G.A. superficie	accelerg 6	0.168	<b>1.42</b>
P.G.A. superficie	accelerg 7	0.140	<b>1.18</b>
<b>P.G.A. superficie</b>	<b>Strata Media</b>	<b>0.146</b>	<b>1.24</b>

La funzione di trasferimento che regola queste amplificazioni è la seguente:

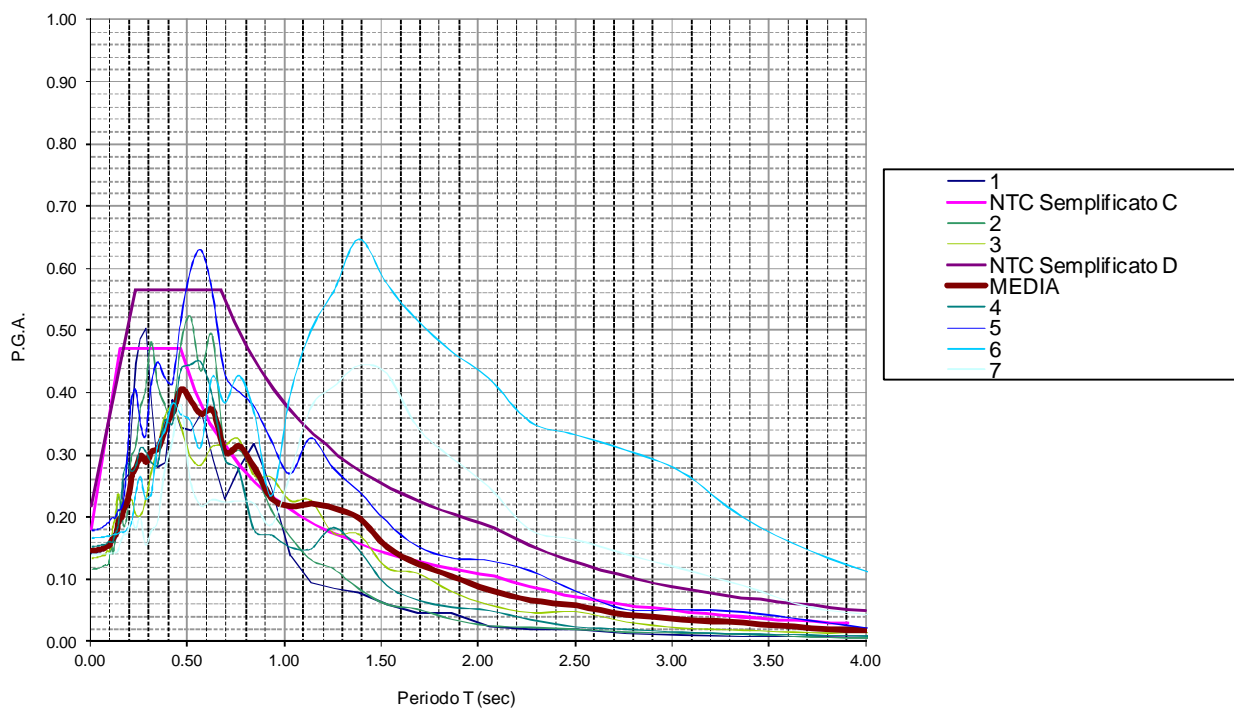


La frequenza di risonanza del terreno, per eventi di alta energia, come quelli analizzati per edificio con classe d'uso III, mostra un picco a circa 0,8Hz. Il rapporto di amplificazione è 3,2. Questo indicherebbe un significativo contrasto di impedenza tra 100m e 200m di profondità. A 130m di profondità è presente il passaggio dal Subsistema di Villa Verrucchio al al Subsistema di Bazzano, che potrebbe coincidere con questo salto di rigidezza.

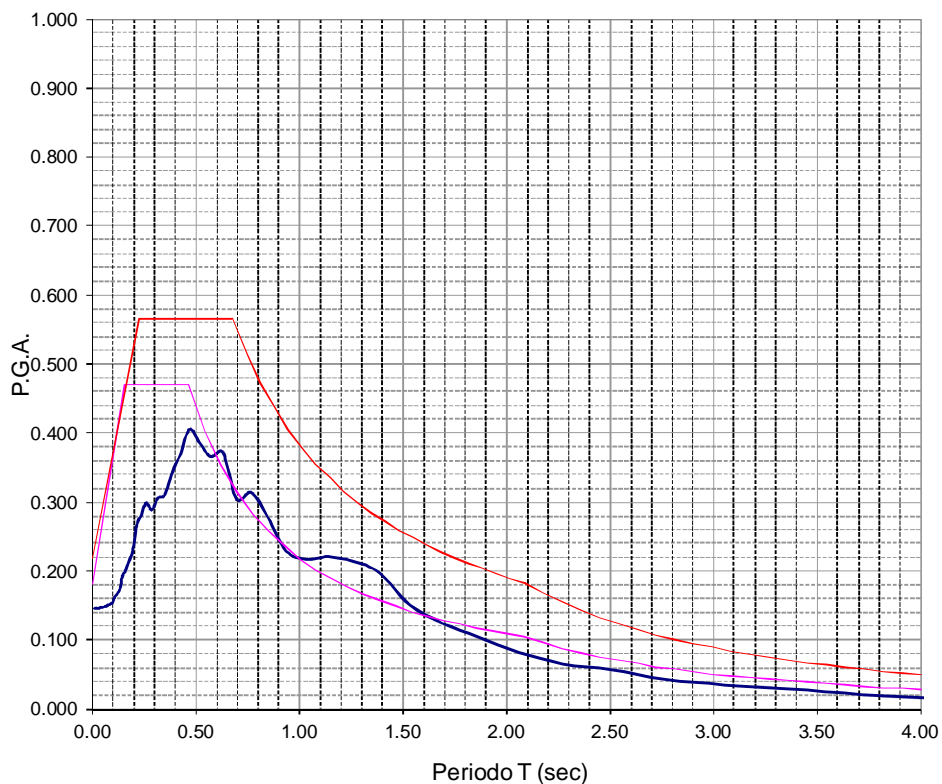
Con le diverse misure di H/V effettuate nel territorio comunale, generalmente, non si rileva questa modo di vibrare.

Si riporta ora un grafico in excel, con lo spettro in accelerazione medio ricavato dalla analisi di RSL condotta con i 7 accelerogrammi, diagrammato con gli spettri semplificati da NTC di tipo C e tipo D.

### Spettro di risposta in accelerazione



### Spettro di risposta in accelerazione



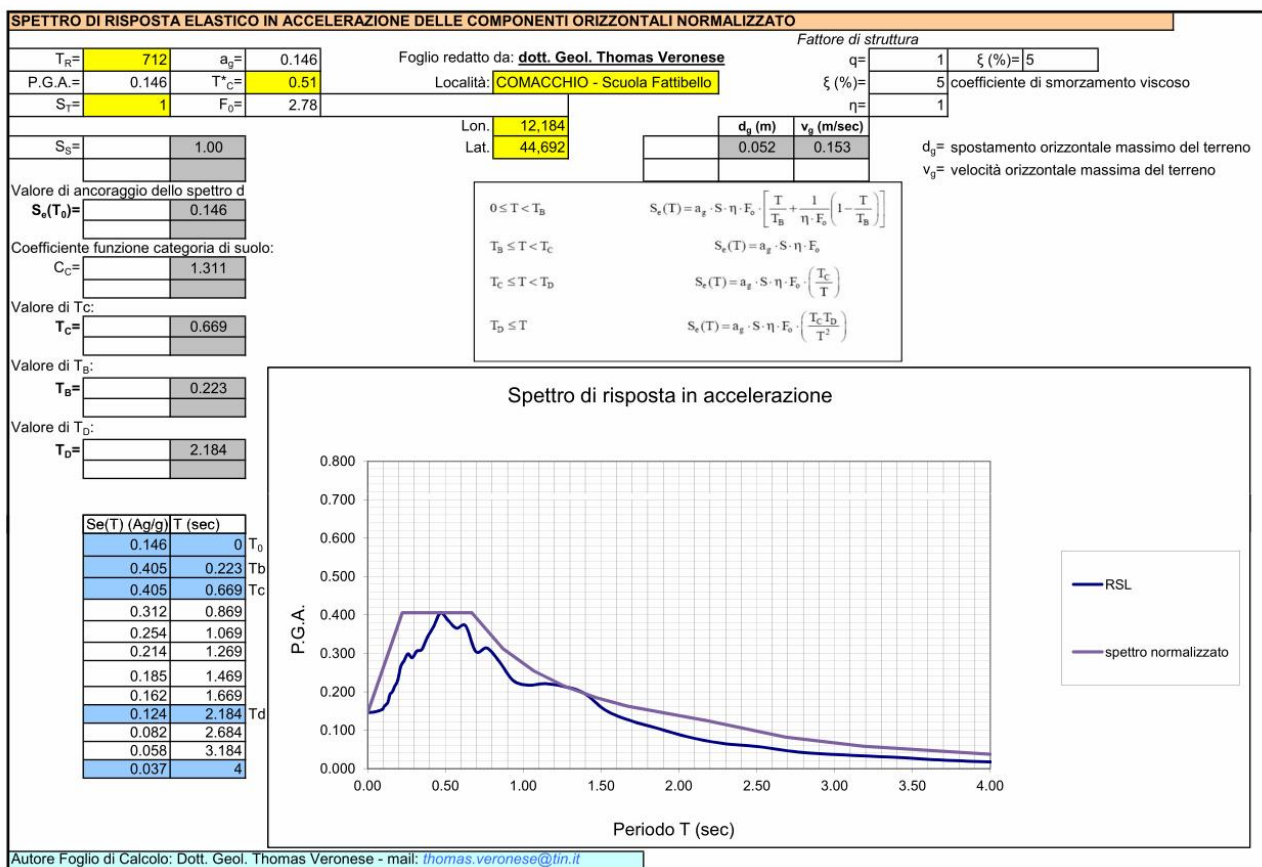
Si rimarca il fatto che lo spettro medio è stato derivato dalla analisi condotta con il gruppo di 7 accelerogrammi spettrocompatibili estratti con Rexel dalla banca dati "European Strong-motion Database".

Questi dati andranno valutati in sede progettuale degli edifici, anche in base allo smorzamento che può derivare dalla rigidità della struttura che si sta valutando, ovvero in base al suo fattore di struttura  $q$ . Le valutazioni a cui si è pervenuti in questo studio sono per un  $q=1$  (ovvero per un coefficiente di smorzamento  $\xi$  del 5%). Lo strutturista potrà effettuare una RSL più vicina alla realtà in quanto potrà tenere conto anche del fattore di struttura.

Si fornisce anche lo spettro in accelerazione normalizzato, contenente lo spettro ottenuto da risposta sismica locale.

I parametri spettrali che lo definiscono sono:

$$\begin{aligned} a_g &= 0,146g \\ T^*_c &= 0,51 \\ F_0 &= 2,78 \end{aligned}$$





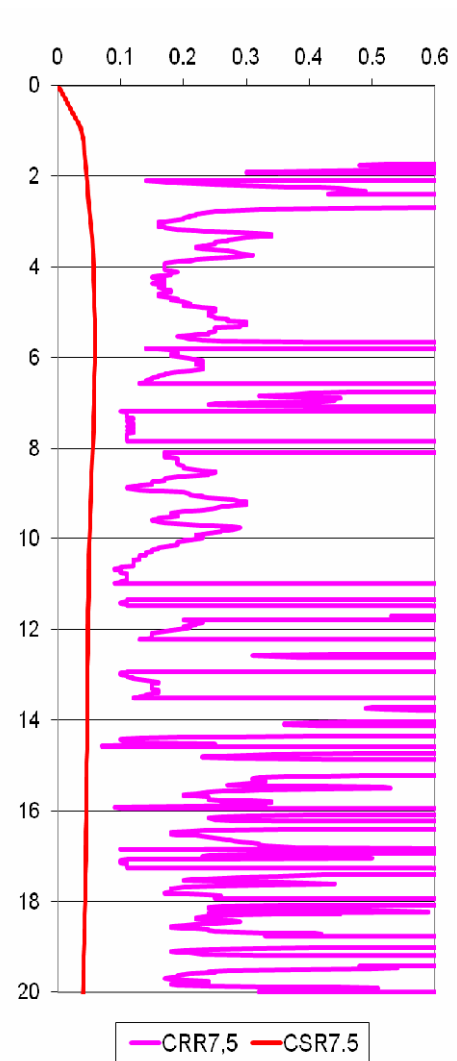
## 6. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE SATURE DA RSL metodo NCEER

Con STRATA è possibile ricavare direttamente la curva della massima sollecitazione di taglio indotta dal sisma (stress ratio profile); per definizione la CSR si ottiene moltiplicando questo valore per 0,65.

Poi occorre dividere per MSF, e si ottiene il profilo della CSR7,5 equivalente per un sisma di Mw=6,14

Una volta ricostruito il valore della CSR ad ogni profondità, lo si può diagrammare con la CRR (ovvero la resistenza che il deposito offre allo sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma) ricavata ad ogni profondità dalla prova penetrometrica statica. In questo caso la CRR è stimata con il metodo NCEER (Robertson).

Prof. (m)	SRP	0.65 SRP=CSR	MSF	CSR 7,5
0	0	0	2.43	0
0.3048	0.04496	0.029224125	2.43	0.012026
0.6096	0.08992	0.058448249	2.43	0.024053
0.9144	0.134881	0.087672374	2.43	0.036079
1.2192	0.152493	0.099120616	2.43	0.04079
1.524	0.159425	0.103626152	2.43	0.042645
1.8288	0.166355	0.108130625	2.43	0.044498
2.1336	0.173283	0.112634164	2.43	0.046352
2.4384	0.180211	0.117136877	2.43	0.048204
2.7432	0.187991	0.122194059	2.43	0.050286
3.048	0.195923	0.127349718	2.43	0.052407
3.3528	0.202747	0.131785632	2.43	0.054233
3.6576	0.207499	0.134874191	2.43	0.055504
3.9624	0.211335	0.137367899	2.43	0.05653
4.2672	0.214686	0.139545983	2.43	0.057426
4.572	0.216733	0.140876335	2.43	0.057974
4.8768	0.218642	0.142117356	2.43	0.058485
5.1816	0.220371	0.14324089	2.43	0.058947
5.4864	0.222085	0.144355208	2.43	0.059405
5.7912	0.220793	0.143515206	2.43	0.05906
6.096	0.219326	0.142561973	2.43	0.058667
6.4008	0.217823	0.141585089	2.43	0.058265
6.7056	0.216556	0.140761301	2.43	0.057926
7.0104	0.215401	0.140010847	2.43	0.057618
7.3152	0.214231	0.139250183	2.43	0.057305
7.62	0.212212	0.137937734	2.43	0.056764
7.9248	0.208889	0.135777958	2.43	0.055876
8.2296	0.205542	0.133602521	2.43	0.05498
8.5344	0.20217	0.13141061	2.43	0.054078
8.8392	0.198947	0.129315253	2.43	0.053216
9.144	0.19613	0.127484414	2.43	0.052463
9.4488	0.193302	0.125646407	2.43	0.051706
9.7536	0.190463	0.123800965	2.43	0.050947
10.0584	0.187612	0.121947801	2.43	0.050184
10.3632	0.185388	0.120502369	2.43	0.049589
10.668	0.184237	0.119753884	2.43	0.049281
10.9728	0.183076	0.118999184	2.43	0.048971
11.2776	0.181905	0.118238113	2.43	0.048658
11.5824	0.180724	0.117470507	2.43	0.048342
11.8872	0.179652	0.116774027	2.43	0.048055
12.192	0.178723	0.116170011	2.43	0.047807
12.4968	0.177792	0.115564955	2.43	0.047558
12.8016	0.17686	0.11495884	2.43	0.047308
13.1064	0.175926	0.114351646	2.43	0.047058
13.4112	0.17523	0.113899775	2.43	0.046872
13.716	0.174745	0.113584313	2.43	0.046743
14.0208	0.174254	0.113265355	2.43	0.046611
14.3256	0.173758	0.112942895	2.43	0.046479
14.6304	0.173257	0.112616928	2.43	0.046344
14.9352	0.172559	0.112163056	2.43	0.046158
15.24	0.171734	0.111627286	2.43	0.045937
15.5448	0.170908	0.111090416	2.43	0.045716
15.8496	0.170081	0.110552434	2.43	0.045495
16.1544	0.169251	0.110013329	2.43	0.045273
16.4592	0.168156	0.109301541	2.43	0.04498
16.764	0.166939	0.108510374	2.43	0.044654
17.0688	0.16572	0.107718234	2.43	0.044328
17.3736	0.1645	0.1069251	2.43	0.044002
17.6784	0.163278	0.10613095	2.43	0.043675
17.9832	0.16183	0.105189192	2.43	0.043288
18.288	0.160308	0.104199889	2.43	0.042881
18.5928	0.158781	0.103207748	2.43	0.042472
18.8976	0.15725	0.10221266	2.43	0.042063
19.2024	0.155715	0.101214512	2.43	0.041652
19.5072	0.154394	0.100355915	2.43	0.041299
19.812	0.153111	0.099521918	2.43	0.040956
20.1168	0.151825	0.098686174	2.43	0.040612



## 7. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE SATURE DA RSL metodo I&B2014

Con STRATA e l'analisi di risposta sismica locale condotta, si è ricavato il profilo della CSR indotta dal sisma ad ogni livello di profondità in corrispondenza del settore analizzato con la prova SCPTU1. Nel medesimo punto è stato eseguito il carotaggio con numerose prove SPT e prelievi di campioni indisturbati e rimaneggiati (ricostruiti in laboratorio).

Su ogni campione è stata condotta una analisi granulometrica per misurare la percentuale del contenuto in fine FC, ovvero il passante al setaccio 0,075mm.

			LABORATORIO
	da (m)	a (m)	FC
1	0.50	0.90	49.01
2	2.10	2.55	17.75
3	5.00	5.60	91.39
4	6.00	6.45	10.47
5	7.50	7.95	10.51
6	9.00	6.45	10.79
7	9.50	10.10	6.5
8	10.50	10.95	10.11
9	12.00	12.45	12.96
10	13.50	13.95	19.51
11	15.50	16.10	98.63
12	29.00	29.60	99.58
13			1

Con il software C-Liq è possibile utilizzare il metodo di Idriss & Boulanger, 2014, inserendo le percentuali di fine laddove sono note.

In questo modo è possibile calcolare la CRR del deposito in funzione della reale percentuale di contenuto in fine FC, senza doverla stimare indirettamente dai valori di qc e fs misurati con il penetrometro a punta elettrica.

Custom Fines

Fines Content

From Depth: 0.00 To Depth: 0.00 Fines content: 0.00%

From Depth	To Depth	Fines %
0.02	1.20	49.01
1.22	1.40	50.00
1.42	2.00	55.00
2.02	2.60	17.75
2.62	5.60	91.39
5.62	6.80	10.47
6.82	7.10	60.00
7.12	8.00	10.51
8.02	9.00	10.50
9.02	9.50	10.79
9.52	10.10	6.50
10.12	10.96	10.11

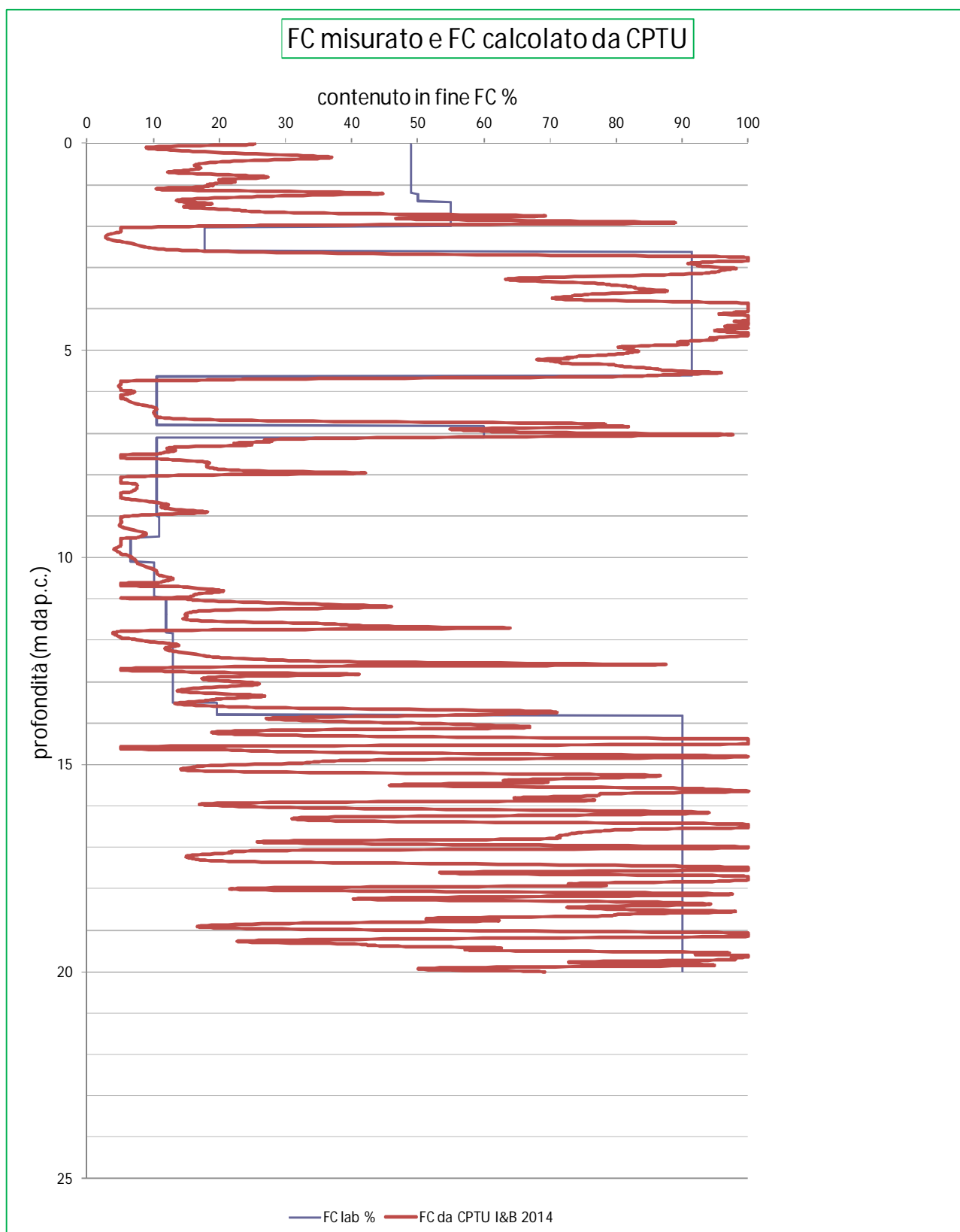
Buttons: Add Values, Update Values, Remove Values, Clear Values, OK, Cancel

From Depth	To Depth	Fines %
9.52	10.10	6.50
10.12	10.96	10.11
10.98	11.80	12.00
11.82	13.50	12.96
13.52	13.80	19.51
13.82	20.00	90.00
20.02	23.54	90.00
23.56	24.20	20.00
24.22	25.00	90.00
25.02	27.70	16.90
27.72	31.00	90.00

Di seguito si possono vedere i diagrammi del contenuto in fine FC misurati in laboratorio.

Per gli strati non analizzati sono stati ragionati i valori di FC da attribuire in funzione anche dei valori delle resistenze misurate con il penetrometro.

Si riporta di seguito il grafico delle FC reali misurate in laboratorio su campioni prelevati con il carotaggio e le FC stimate dalla prova CPTU.



Con i dati ottenuti dalle numerose curve granulometriche effettuate sul sito, è possibile anche ricostruire la curva sitospecifica  $I_c$ -FC, sovrapponendola a quella proposta da I&B 2014, dalla quale è possibile anche stimare il parametro di correzione in funzione del reale contenuto in fine  $C_{FC}$  dei depositi analizzati.

			LABORATORIO			
	da (m)	a (m)	FC	FC apparente	I <sub>c</sub>	C <sub>FC</sub>
1	0.50	0.90	49.01	18.48	2.177	0.15
2	2.10	2.55	17.75	5.23	1.644	0.29
3	5.00	5.60	91.39	80.67	3.29	-0.44
4	6.00	6.45	10.47	7.19	1.756	0.09
5	7.50	7.95	10.51	15.94	2.109	-0.27
6	9.00	6.45	10.79	5.99	1.693	0.15
7	9.50	10.10	6.5	5.52	1.687	0.11
8	10.50	10.95	10.11	13.8	2.065	-0.23
9	12.00	12.45	12.96	14.08	2.032	-0.16
10	13.50	13.95	19.51	38.7	2.604	-0.65
11	15.50	16.10	98.63	61.67	2.982	-0.04
12	29.00	29.60	99.58	83.24	3.32	-0.36
13			1		1.7	0.03

$$I_c = \frac{(FC + 137)}{80} - C_{FC}$$

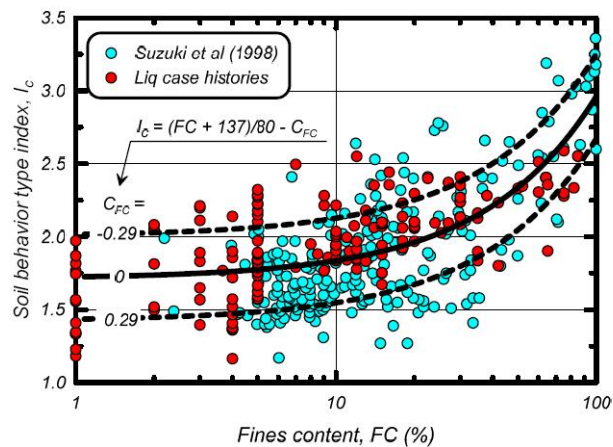
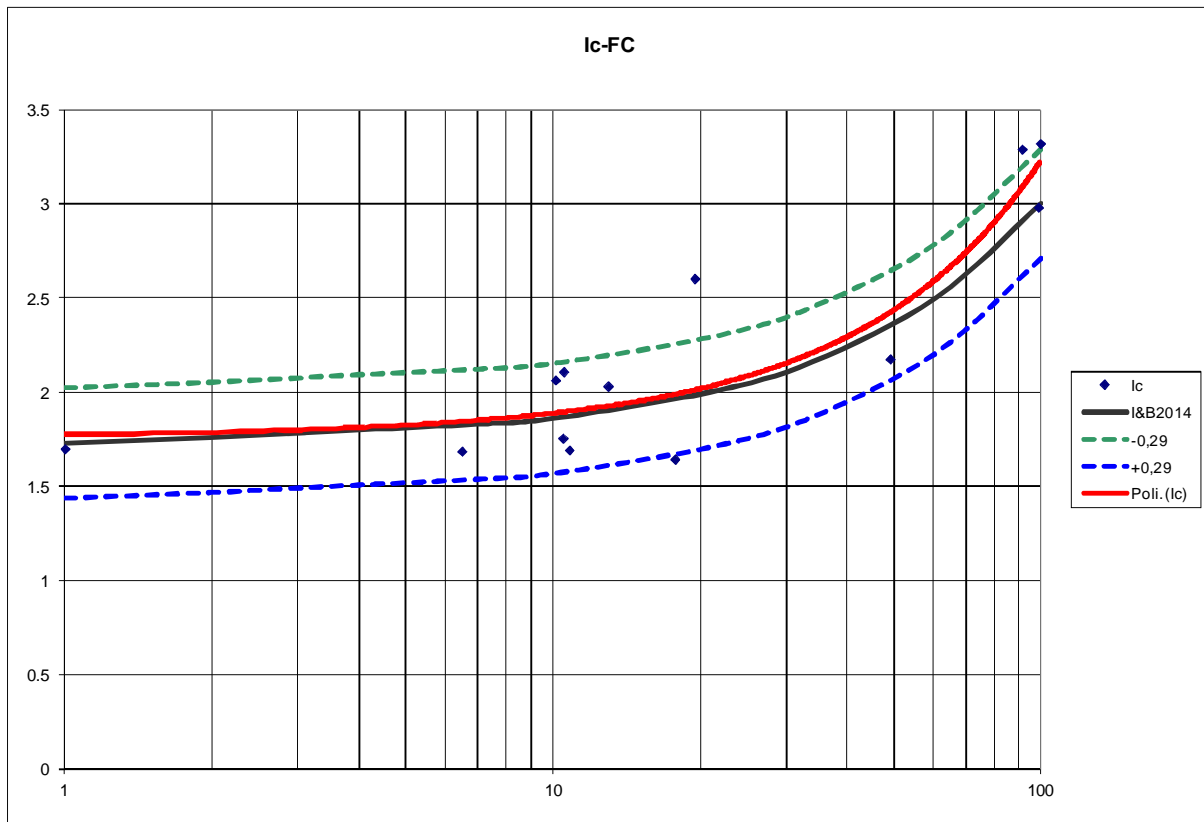


Figure 2.11. Recommended correlation between I<sub>c</sub> and FC with plus or minus one standard deviation against the dataset by Suzuki et al. (1998) and the liquefaction database





Curva sitospecifica  $I_c$ -FC verticale SCPTU1 Scuola Fattibello - Comacchio.

In questa relazione, la curva non verrà utilizzata, in quanto si utilizzerà direttamente il valore di FC.

Per la CSR si fa ricorso al profilo di CSReq ricavato dalla Risposta Sismica Locale, che viene corretto con il fattore di scala per la magnitudo MSF, calcolato secondo I&B 2014.

Il valore di MSF per I&B2014 cambia in funzione della resistenza equivalente per sabbia pulita del deposito ( $q_{c1Ncs}$ ) ed è molto più basso rispetto a quello raccomandato con il metodo NCEER.

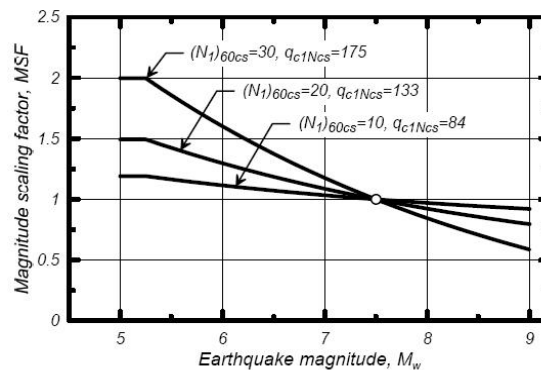
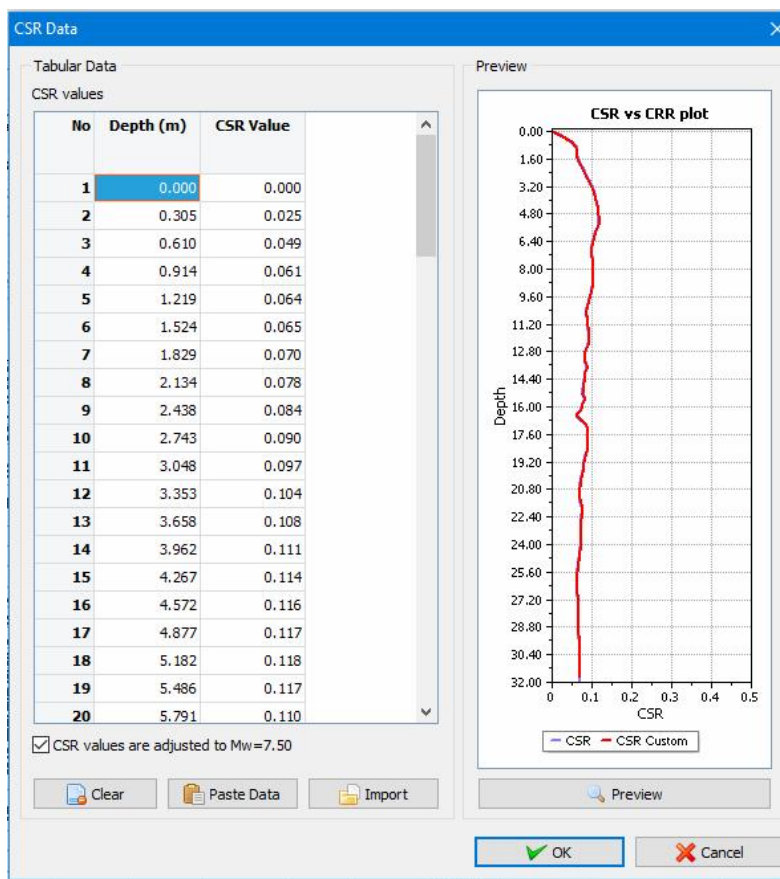


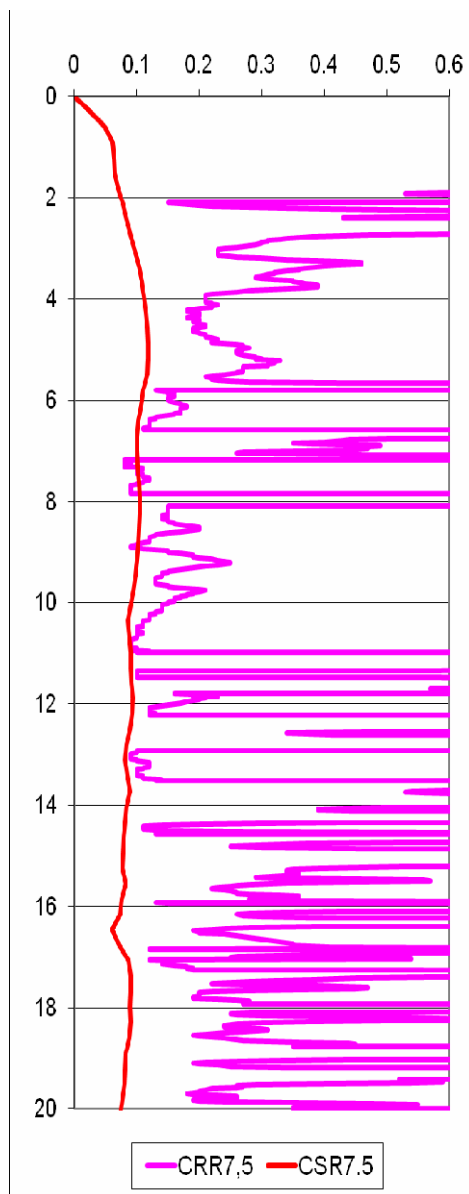
Figure 2.6. Variation in the MSF relationship with  $q_{c1Ncs}$  and with  $(N_1)_{60cs}$  for cohesionless soils

The resulting MSF relationships for different values of  $q_{c1Ncs}$  and  $(N_1)_{60cs}$  are shown in Figure 2.6. This relationship produces  $MSF_{max} = 1.8$  at  $q_{c1Ncs} \approx 160$  or  $(N_1)_{60cs} \approx 27$ , which matches the MSF relationship for sand by Idriss (1999), and  $MSF_{max} \approx 1.10$  for  $q_{c1Ncs} < 60$  ( $(N_1)_{60cs} < 6$ ), which is consistent with the expected results for very loose sands or soft low-plasticity silts.

prof (m)	0.65 SRP=CSR	MSF I&B2014	CSR eq
0	0	1	0
0.3048	0.061346043	1.05	0.058425
0.6096	0.122692085	1.05	0.11685
0.9144	0.134070126	1.07	0.125299
1.2192	0.133937543	1.1	0.121761
1.524	0.133804704	1.08	0.123893
1.8288	0.133671607	1.07	0.124927
2.1336	0.133475098	1.08	0.123588
2.4384	0.133196761	1.09	0.122199
2.7432	0.132917264	1.05	0.126588
3.048	0.132636599	1.08	0.122812
3.3528	0.132462724	1.07	0.123797
3.6576	0.133869426	1.08	0.123953
3.9624	0.135273436	1.09	0.124104
4.2672	0.136674814	1.11	0.12313
4.572	0.138399526	1.09	0.126972
4.8768	0.141174159	1.07	0.131938
5.1816	0.143944308	1.07	0.134527
5.4864	0.146710208	1.06	0.138406
5.7912	0.149027489	1.06	0.140592
6.096	0.148495364	1.16	0.128013
6.4008	0.147957432	1.18	0.125388
6.7056	0.14741352	1.07	0.13777
7.0104	0.146863447	1.06	0.13855
7.3152	0.145828528	1.06	0.137574
7.62	0.143020273	1.07	0.133664
7.9248	0.140190464	1.3	0.107839
8.2296	0.137337426	1.2	0.114448
8.5344	0.134459257	1.12	0.120053
8.8392	0.13155379	1.14	0.115398
9.144	0.129536882	1.08	0.119942
9.4488	0.12852494	1.08	0.119005
9.7536	0.127495635	1.15	0.110866
10.0584	0.126448111	1.07	0.118176
10.3632	0.125381422	1.12	0.111948
10.668	0.124294526	1.09	0.114032
10.9728	0.12318627	1.07	0.115127
11.2776	0.122907118	1.06	0.11595
11.5824	0.122706235	1.11	0.110546
11.8872	0.122501004	1.08	0.113427
12.192	0.122291423	1.09	0.112194
12.4968	0.122077489	1.16	0.105239
12.8016	0.121859196	1.08	0.112833
13.1064	0.121708133	1.08	0.112693
13.4112	0.121686961	1.09	0.111639
13.716	0.121662543	1.11	0.109606
14.0208	0.121634871	1.64	0.074168
14.3256	0.121603934	1.05	0.115813
14.6304	0.121484296	1.07	0.113537
14.9352	0.121248412	1.07	0.113316
15.24	0.121011046	1.08	0.112047
15.5448	0.120625485	1.08	0.11169
15.8496	0.119386108	1.08	0.110543
16.1544	0.118143626	1.07	0.110415
16.4592	0.11689797	1.08	0.108239
16.764	0.115649063	1.09	0.1061
17.0688	0.114541137	1.08	0.106057
17.3736	0.113926304	1.08	0.105487
17.6784	0.113310465	1.09	0.103955
17.9832	0.112693602	1.18	0.095503
18.288	0.112075697	1.09	0.102822
18.5928	0.111456729	1.08	0.103201
18.8976	0.110836679	1.08	0.102627
19.2024	0.110568649	1.09	0.101439
19.5072	0.110476784	1.1	0.100433
19.812	0.110382133	1.05	0.105126
20.1168	0.110284669	1.06	0.104042



Il risultato dell'analisi è il seguente:



*Grafico della CSR e CRR stimati con Idriss & Boulanger 2014*

Come si può notare, il risultato dell'analisi della liquefazione delle sabbie condotto anche con Idriss e Boulanger 2014, utilizzando i dati di CSR<sub>7.5</sub> ricavati dalla Risposta Sismica Locale, ed i dati di CRR dipendenti dal contenuto in fine misurato FC, porta a ritenere che il sito non sia soggetto ad effetti significativi di liquefazione.

Ora viene eseguito il calcolo del Potenziale di Liquefazione delle sabbie, utilizzando un fattore di sicurezza alla Liquefazione  $F_L=1,2$ .

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

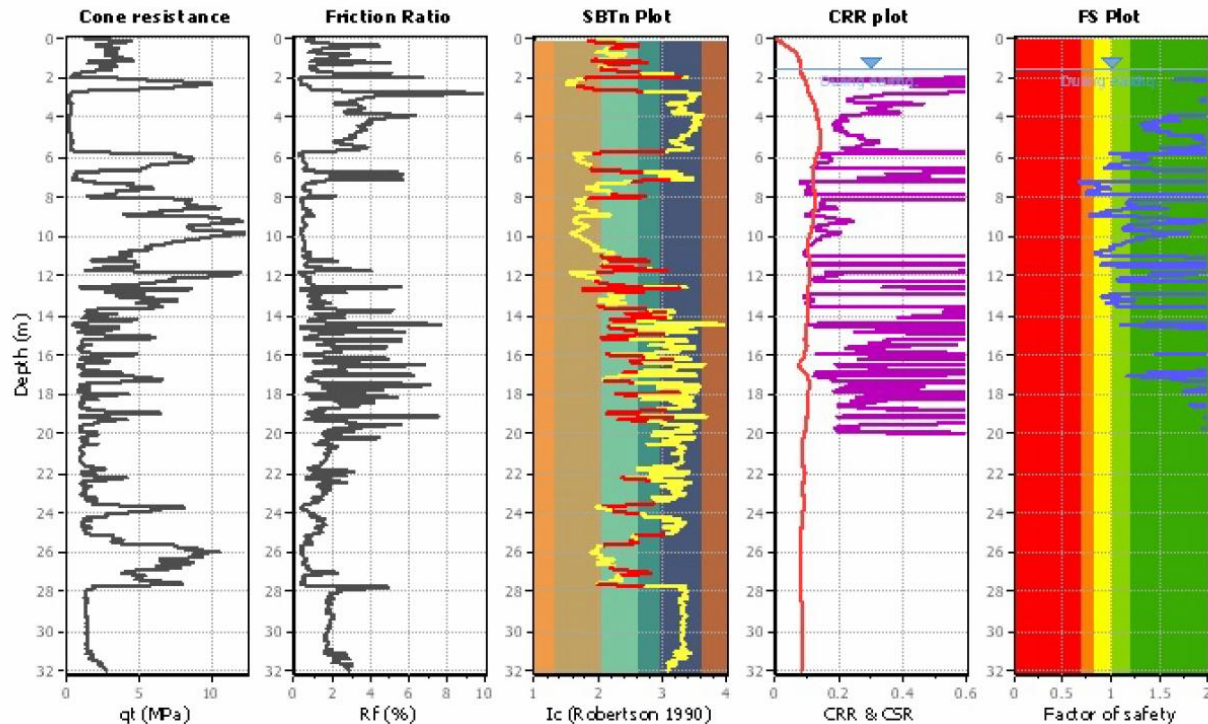
**Project title : Scuola Fattibello**

**Location : Comacchio FE**

**CPT file : rif. U29-17 CPTU1 Comacchio Scu**

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.60 m	Fill height:	N/A	applied:	Sand & Clay
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	5.30	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.15	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method



31.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.52	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.54	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.56	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.58	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.62	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.64	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.66	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.68	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.72	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Overall liquefaction potential: 1.36**

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low  
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low  
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high  
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

**Abbreviations**

FS: Calculated factor of safety for test point  
 $F_L$ : 1 - FS  
 $w_z$ : Function value of the extend of soil liquefaction according to depth  
 $d_z$ : Layer thickness (m)  
LPI: Liquefaction potential index value for test point

Secondo Somnez (2003), il sito ha un potenziale di liquefazione basso, in quanto  $I_L=1,36$ .

$I_L = 0$	Non Liquefacibile ( $FL \geq 1,2$ )
$0 < I_L \leq 2$	Potenziale basso
$2 < I_L \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < I_L \leq 15$	Potenziale alto
$15 < I_L$	Potenziale molto alto



## 8. CONCLUSIONI SINTETICHE

Negli studi condotti sino a questo momento all'interno del PSC di Comacchio e del Microzonazione Sismica è emerso che il territorio comunale è diffusamente sviluppato su sabbie tardo oloceniche sciolte sature di acqua. Si tratta di caratteri predisponenti alla liquefazione delle sabbie.

Questo studio nasce dalla necessità di ottenere delle informazioni aggiuntive sulle cause scatenanti il fenomeno della liquefazione. Storicamente non sono noti o documentati episodi di liquefazione delle sabbie nel comacchiese.

I centri abitati e gli insediamenti antropici si sviluppano sostanzialmente sulla costa, sul cordone dunoso della S.S. Romea. Nell'entroterra sorge il capoluogo Comacchio, che è il centro abitato meno distante dalla zona sismogenetica Z912.

Proprio in questo sito si decide di condurre uno studio di Risposta Sismica Locale, finalizzata a valutare il Fattore di Amplificazione Sismica Locale in termini di P.G.A.

Attraverso questo studio sulla propagazione delle accelerazioni sismiche di picco ad ogni profondità, si faranno anche valutazioni sulla liquefazione delle sabbie.

Lo studio viene condotto all'interno di una microzonazione sismica, per cui, convenzionalmente, le azioni sismiche di riferimento saranno quelle per tempi di ritorno di 475 anni.

La penetrometria a punta elettrica effettuata in sito evidenzia che con il metodo di Robertson il potenziale di liquefazione è trascurabile.

Se si utilizza il metodo di Idriss e Boulanger 2014 senza avere le misure dei contenuti in fine FC, e facendo riferimento ai soli valori di contenuto in fine apparente senza applicare alcuna correzione  $C_{FC}$ , si ottengono valori che portano il potenziale di liquefazione ad un grado "alto".

Se invece si tiene conto dei contenuti in fine FC misurati da prove di laboratorio sui campioni prelevati, il potenziale di liquefazione si riduce sensibilmente.

$I_L = 0$	Non Liquefacibile ( $FL \geq 1,2$ )
$0 < I_L \leq 2$	Potenziale basso
$2 < I_L \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < I_L \leq 15$	Potenziale alto
$15 < I_L$	Potenziale molto alto

CPTU	Potenziale Liquefazione $I_{PL}$
Roberson 2010	0,09
Idriss e Boulanger 2014 senza correzione del contenuto in fine	6,12
Idriss e Boulanger 2014 con la correzione del contenuto in fine	2,55

Tabella 3.2 – Indice potenziale liquefazione CPTU

Lo studio di Risposta Sismica Locale viene ora condotto per tempi di ritorno di 712 anni, visto che le indagini sono state eseguite all'interno del cortile della Scuola Media Fattibello. Si elevano quindi le energie attese del terremoto di progetto al bedrock sismico.

Dall'analisi di RSL condotta per lo SLV, è stato ricavato il profilo della PGA con la profondità. E' stato estrapolato il profilo di dettaglio nei primi 20m (profondità massima in cui sono possibili i fenomeni di liquefazione delle sabbie).

L'amplificazione sismica F.A. in superficie risulta essere pari a F.A.=1,24 molto simile a questo stimato dalla Regione Emilia Romagna con gli Abachi della DGR 2193/2015 dove F.A.=1,3, e decisamente inferiore a quello stimato con il metodo semplificato delle NTC 2008, ove per un suolo di categoria D, F.A.=1,8.

Nello studio recente di Tenno, Mucciarelli e Martelli (2015) si evince che in terreni con  $V_{s30}$  bassa, e bedrock sismico molto profondo, i fattori di amplificazione sono attesi tra  $1,1 \leq F.A. \leq 1,3$ .



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
ISTITUTO PER LA DINAMICA DEI PROCESSI  
AMBIENTALI

Unità Organizzativa di Supporto - MILANO

## Abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione per le indagini di microzonazione sismica di secondo livello in Emilia-Romagna

A. Tento<sup>1</sup>, L. Martelli<sup>2</sup>, A. Marcellini<sup>1</sup>

Milano, settembre 2015

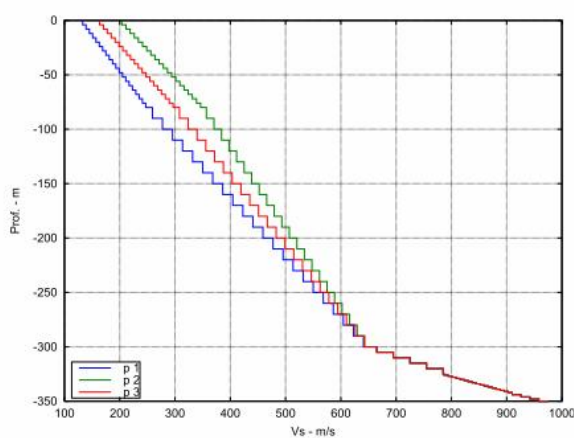


Figura 40: Pianura 3, profili medi utilizzati per il calcolo dei fattori di amplificazione.

Prof.	$V_{s30}$ m/s	FA PGA	FA SI1	FA SI2	FA SI3
p1	152	1.1	1.2	2.3	2.6
p2	227	1.3	1.5	2.2	2.4
p3	185	1.3	1.4	2.3	2.6

Successivamente, dal profilo di PGA è stato ricostruito il profilo di CSR equivalente e la CRR sia secondo il metodo di Robertson 2009 sia secondo il metodo di Idriss e Boulanger 2014.

Il fenomeno della liquefazione appare ulteriormente ridimensionato.

Sempre con la RSL si è prodotto lo spettro in accelerazione, che andrà modificato in funzione del coefficiente di struttura  $q$  dell'edificio che si andrà a valutare. In base al modo proprio di vibrare dell'edificio si otterranno le accelerazioni spettrali a cui la struttura andrà incontro e a cui dovrà resistere.

Il ricorso allo spettro semplificato, che tiene conto solo della situazione stratigrafica dei primi 30m non può essere esaustiva e corretta. L'analisi di risposta sismica invece contiene più elementi che impostano lo studio alla situazione geologico-stratigrafica-sismica locale, sito-specifica; dovrebbe quindi contenere più elementi di affidabilità.

Le analisi di risposta sismica locale di tipo EQL (equivalenti lineari) hanno il limite che vengono svolte in termini di tensioni totali, per cui non considerano il fenomeno di generazione di sovrappressioni idrauliche ed il suo effetto sulle proprietà del terreno durante lo scuotimento.

Nello studio di microzonazione sismica si può dunque assumere che i problemi di liquefazione delle sabbie per eventi con tempi di ritorno di 475 anni sono del tutto trascurabili. Anche per eventi con tempo di ritorno di 712 anni il fenomeno, nel sito campione allo studio, può essere giudicato trascurabile.

Resta il fatto che queste assunzioni derivano dallo studio delle cause scatenanti la liquefazione, mentre i caratteri predisponenti confermano che tutto il territorio è costituito da sabbie oloceniche sciolte sature potenzialmente liquefacibili.

La distanza dalla zona sismogenetica Z912, e la profondità del bedrock sismico, consentono ai fenomeni di smorzamento del moto sismico di ridurre sensibilmente l'amplificazione sismica locale.

Questi studi di microzonazione sismica non possono sostituire gli approfondimenti necessari nella progettazione esecutiva delle opere, che deve attenersi rigorosamente ai dettami delle NTC 2008.

Nonostante ciò, lo studio di microzonazione sismica fornisce dati importanti sulla sequenza stratigrafica profonda a Comacchio, poi fornisce dati importanti sui profili di  $V_s$  profondi nei vari settori del comune, e soprattutto propone le prime curve di decadimento del modulo  $G_0$  e di Smorzamento  $D$ , che rappresentano il comportamento geotecnico in condizioni dinamiche dei terreni comacchiesi. Questo studio è dunque di ausilio a tutti i professionisti che vorranno sviluppare studi di risposta sismica locale.

Codigoro, 12 luglio 2017

Dott. Geologo Thomas Veronese



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U29-17		CPTU1		
COMMITTENTE: Comune di Comacchio										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 32,00									
CANTIERE: Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60									
DATA: 21/04/2017										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
0,02	1,20	11,27	94,00	1,48	1,82	0,94	23,65	41,33	1,61	3,62	0,30	10,52	89,33	1,75	5,42	0,30	12,03	154,67	1,81
0,04	1,32	11,27	90,42	1,45	1,84	0,69	23,65	31,33	1,65	3,64	0,31	9,64	88,00	1,76	5,44	0,30	13,03	156,67	1,81
0,06	2,00	25,56	92,23	1,47	1,86	0,57	21,54	31,33	1,62	3,66	0,33	9,64	89,33	1,75	5,46	0,30	12,92	154,67	1,81
0,08	3,86	22,83	100,67	1,40	1,88	0,45	22,50	30,00	1,59	3,68	0,31	9,53	90,67	1,76	5,48	0,29	12,59	154,67	1,81
0,10	4,50	27,16	95,33	1,44	1,90	0,36	23,73	27,33	1,57	3,70	0,34	9,64	96,00	1,74	5,50	0,29	12,37	155,33	1,81
0,12	4,69	32,05	85,33	1,40	1,92	0,32	24,17	42,00	1,59	3,72	0,34	10,08	96,00	1,75	5,52	0,25	12,03	156,67	1,83
0,14	4,47	33,72	76,67	1,44	1,94	0,33	22,95	47,33	1,59	3,74	0,36	10,19	96,00	1,75	5,54	0,25	12,14	156,00	1,83
0,16	3,97	38,27	66,67	1,45	1,96	0,49	21,73	53,33	1,55	3,76	0,36	9,97	93,33	1,76	5,56	0,25	11,25	158,00	1,83
0,18	3,64	41,39	63,33	1,42	1,98	1,01	21,39	66,00	1,53	3,78	0,33	10,53	90,00	1,76	5,58	0,27	10,14	158,67	1,82
0,20	3,38	44,72	60,00	1,41	2,00	2,21	18,95	44,00	1,55	3,80	0,32	11,31	88,00	1,76	5,60	0,27	10,03	158,00	1,82
0,22	3,05	48,39	56,00	1,44	2,02	3,19	16,84	37,33	1,52	3,82	0,29	12,97	86,00	1,75	5,62	0,29	9,92	158,00	1,83
0,24	2,75	54,28	53,33	1,42	2,04	3,64	13,06	42,00	1,52	3,84	0,26	14,53	86,67	1,75	5,64	0,31	10,03	159,33	1,82
0,26	2,57	61,95	52,67	1,42	2,06	4,06	12,06	48,67	1,53	3,86	0,25	14,97	88,00	1,74	5,66	0,37	10,25	165,33	1,82
0,28	2,41	71,40	49,33	1,43	2,08	4,54	13,95	54,67	1,50	3,88	0,24	16,41	101,33	1,73	5,68	0,73	10,91	173,33	1,83
0,30	2,21	82,29	48,67	1,44	2,10	4,84	15,17	56,00	1,56	3,90	0,21	16,08	98,00	1,73	5,70	1,66	12,14	112,00	1,83
0,32	2,10	89,85	48,67	1,43	2,12	5,40	17,95	62,67	1,57	3,92	0,21	15,30	96,67	1,71	5,72	2,60	13,69	49,33	1,84
0,34	2,06	93,30	48,00	1,41	2,14	6,06	21,06	64,67	1,56	3,94	0,21	14,30	96,00	1,73	5,74	3,00	14,36	19,33	1,86
0,36	2,07	98,19	46,00	1,42	2,16	6,56	22,95	66,00	1,57	3,96	0,22	13,08	97,33	1,73	5,76	3,70	13,25	56,00	1,86
0,38	2,34	100,64	53,33	1,41	2,18	7,42	24,40	67,33	1,59	3,98	0,21	12,52	98,00	1,73	5,78	5,06	16,91	78,00	1,84
0,40	3,00	100,53	44,67	1,38	2,20	8,02	25,06	59,33	1,59	4,00	0,21	11,86	97,33	1,75	5,80	6,29	17,24	84,67	1,85
0,42	3,29	91,43	48,67	1,40	2,22	8,52	26,06	56,67	1,60	4,02	0,21	11,30	96,67	1,71	5,82	7,07	19,80	67,33	1,85
0,44	3,53	82,21	50,00	1,40	2,24	9,05	29,29	42,00	1,62	4,04	0,21	10,75	97,33	1,75	5,84	7,62	22,35	14,67	1,85
0,46	3,65	71,43	51,33	1,39	2,26	9,61	32,95	36,67	1,65	4,06	0,22	10,19	99,33	1,75	5,86	7,83	25,35	44,67	1,84
0,48	3,66	60,43	48,00	1,39	2,28	9,90	34,84	30,67	1,65	4,08	0,21	9,97	98,00	1,73	5,88	7,69	22,88	88,67	1,83
0,50	3,47	49,44	44,67	1,38	2,30	10,05	39,51	32,67	1,65	4,10	0,24	10,08	98,00	1,65	5,90	7,80	25,88	84,67	1,84
0,52	3,24	39,00	42,67	1,37	2,32	10,06	45,51	32,67	1,65	4,12	0,22	10,30	99,33	1,68	5,92	7,83	28,44	81,33	1,75
0,54	3,00	32,77	42,00	1,37	2,34	9,94	51,39	32,67	1,68	4,14	0,24	10,52	100,00	1,66	5,94	7,69	31,11	74,67	1,76
0,56	2,80	29,11	41,33	1,38	2,36	9,69	57,62	30,67	1,66	4,16	0,22	10,96	100,67	1,64	5,96	7,51	34,44	72,00	1,75
0,58	2,68	28,34	42,00	1,37	2,38	9,23	62,39	28,00	1,69	4,18	0,21	9,97	100,67	1,73	5,98	7,33	37,77	70,00	1,83
0,60	2,66	28,34	44,67	1,36	2,40	8,76	65,50	27,33	1,68	4,20	0,20	9,41	100,67	1,76	6,00	7,29	40,66	74,00	1,81
0,62	2,67	28,45	44,67	1,37	2,42	8,36	66,72	28,00	1,70	4,22	0,20	9,30	100,67	1,74	6,02	7,54	41,33	86,00	1,82
0,64	2,77	27,34	46,00	1,37	2,44	8,01	66,05	28,00	1,70	4,24	0,19	9,41	100,67	1,76	6,04	8,09	41,99	95,33	1,87
0,66	3,08	28,34	32,67	1,32	2,46	7,58	64,61	27,33	1,70	4,26	0,20	9,30	104,00	1,77	6,06	8,45	41,77	95,33	1,86
0,68	3,37	28,90	44,67	1,31	2,48	7,08	62,27	26,67	1,71	4,28	0,21	8,96	104,00	1,78	6,08	8,58	41,43	88,67	1,86
0,70	3,66	28,79	44,67	1,25	2,50	6,59	58,82	26,00	1,71	4,30	0,22	9,07	103,33	1,78	6,10	8,62	40,65	88,67	1,85
0,72	3,44	23,68	34,00	1,24	2,52	6,02	53,93	24,00	1,71	4,32	0,22	8,96	100,67	1,78	6,12	8,74	39,76	94,00	1,88
0,74	3,09	43,79	35,33	1,23	2,54	5,39	48,15	23,33	1,73	4,34	0,20	9,63	100,67	1,77	6,14	8,80	39,75	95,33	1,87
0,76	3,04	53,02	38,67	1,20	2,56	4,70	43,25	20,67	1,71	4,36	0,19	9,52	104,00	1,78	6,16	8,69	41,75	92,67	1,87
0,78	2,77	62,68	35,33	1,19	2,58	3,89	39,36	18,67	1,74	4,38	0,20	8,85	108,00	1,78	6,18	8,62	43,64	93,33	1,87
0,80	2,55	68,91	35,33	1,18	2,60	3,02	36,92	16,67	1,73	4,40	0,22	8,19	107,33	1,77	6,20	8,56	44,30	94,00	1,88
0,82	2,50	78,69	38,00	1,18	2,62	2,25	36,02	15,33	1,74	4,42	0,22	8,19	105,33	1,76	6,22	8,57	45,52	96,67	1,89
0,84	2,96	83,68	73,33	1,16	2,64	1,61	36,02	14,67	1,73	4,44	0,21	8,74	106,67	1,77	6,24	8,45	46,40	94,00	1,89
0,86	3,49	90,35	66,00	1,16	2,66	1,18	35,69	14,00	1,75	4,46	0,21	8,85	108,00	1,77	6,26	8,43	47,29	89,33	1,88
0,88	3,66	64,07	56,00	1,11	2,68	0,89	36,24	14,67	1,75	4,48	0,21	8,41	108,00	1,77	6,28	7,95	46,95	84,67	1,86
0,90	3,35	56,52	37,33	1,09	2,70	0,64	39,35	14,67	1,76	4,50	0,22	8,52	110,00	1,77	6,30	7,55	45,84	78,00	1,88
0,92	2,79	74,07	31,33	1,10	2,72	0,48	40,56	16,67	1,76	4,52	0,22	8,85	110,00	1,79	6,32	7,09	45,39	74,00	1,87
0,94	3,34	75,52	22,67	1,08	2,74	0,34	37,67	29,33	1,77	4,54	0,24	9,41	110,67	1,78	6,34	6,69	44,94	71,33	1,90
0,96	3,52	70,19	20,00	1,04	2,76	0,30	33,56	47,33	1,76	4,56	0,22	9,63	110,67	1,78	6,36	6,36	44,49	70,67	1,90
0,98	3,79	67,96	29,33	1,03	2,78	0,29	29,34	51,33</											

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:							
LETTURE DI CAMPAGNA															U29-17		CPTU1							
COMMITTENTE: Comune di Comacchio										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 32,00														
CANTIERE: Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60														
DATA: 21/04/2017										PREFORO (m da p.c.): 0,00														
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
9,02	10,03	43,07	108,00	2,11	10,82	3,67	34,21	51,33	2,39	12,62	1,53	51,73	119,33	2,63	14,42	0,45	38,55	96,67	2,65	16,22	1,08	34,94	237,33	2,72
9,04	10,29	42,85	110,00	2,13	10,84	3,89	33,10	54,67	2,39	12,64	4,99	48,50	139,33	2,62	14,44	0,44	36,55	174,67	2,60	16,24	1,44	33,72	254,00	2,71
9,06	10,49	44,85	110,00	2,13	10,86	4,19	30,87	90,00	2,39	12,66	8,35	42,05	84,67	2,62	14,46	0,43	33,22	280,00	2,62	16,26	2,49	32,94	262,00	2,72
9,08	10,58	44,29	107,33	2,13	10,88	4,48	31,54	67,33	2,38	12,68	8,93	36,17	78,00	2,60	14,48	0,43	30,33	324,00	2,65	16,28	3,22	35,83	181,33	2,73
9,10	10,69	49,07	110,67	2,12	10,90	4,59	32,65	48,67	2,38	12,70	8,47	29,39	77,33	2,63	14,50	0,47	26,55	340,00	2,64	16,30	2,95	32,60	79,33	2,73
9,12	11,04	55,29	115,33	2,13	10,92	4,57	31,54	38,67	2,39	12,72	7,88	30,72	76,67	2,61	14,52	0,56	19,00	354,00	2,62	16,32	2,93	32,16	74,67	2,75
9,14	11,57	57,40	116,00	2,13	10,94	4,47	29,54	38,00	2,40	12,74	7,11	33,05	71,33	2,61	14,54	1,29	11,55	387,33	2,64	16,34	2,92	33,27	95,33	2,76
9,16	11,81	59,84	117,33	2,16	10,96	4,34	22,32	41,33	2,44	12,76	5,57	37,28	66,00	2,63	14,56	3,14	10,34	350,00	2,66	16,36	2,38	35,27	76,67	2,66
9,18	12,00	60,95	118,00	2,15	10,98	4,22	18,76	44,67	2,43	12,78	4,07	47,84	62,67	2,62	14,58	3,73	13,56	86,67	2,68	16,38	1,72	37,38	64,00	2,67
9,20	12,10	60,17	116,00	2,16	11,00	4,24	19,87	51,33	2,44	12,80	2,82	61,95	59,33	2,62	14,60	3,60	12,56	62,00	2,69	16,40	1,13	48,05	62,67	2,70
9,22	12,11	59,17	116,00	2,17	11,02	4,14	22,43	55,33	2,43	12,82	2,13	74,28	63,33	2,62	14,62	3,41	14,79	66,00	2,69	16,42	0,98	59,50	84,67	2,62
9,24	12,03	58,61	114,67	2,17	11,04	3,87	24,54	50,00	2,44	12,84	2,94	79,40	107,33	2,63	14,64	3,41	17,56	74,67	2,69	16,44	0,89	64,05	121,33	2,70
9,26	11,82	59,39	108,67	2,19	11,06	3,45	25,87	44,00	2,44	12,86	4,40	65,21	118,00	2,59	14,66	3,65	23,45	60,00	2,76	16,46	0,81	61,71	140,00	2,71
9,28	11,39	60,27	99,33	2,18	11,08	2,89	27,54	40,00	2,39	12,88	5,43	60,76	105,33	2,59	14,68	3,02	32,45	53,33	2,75	16,48	0,79	54,16	147,33	2,69
9,30	10,90	60,27	92,00	2,19	11,10	2,34	26,98	42,00	2,36	12,90	5,47	52,10	82,00	2,58	14,70	2,41	36,34	47,33	2,72	16,50	0,62	45,49	188,67	2,64
9,32	10,46	60,37	89,33	2,19	11,12	2,08	29,53	52,67	2,40	12,92	5,22	43,54	82,00	2,60	14,72	1,88	41,46	44,67	2,70	16,52	0,83	41,26	202,00	2,68
9,34	10,08	61,82	88,00	2,19	11,14	1,95	32,64	60,67	2,41	12,94	4,84	36,43	76,67	2,60	14,74	1,41	46,12	42,67	2,68	16,54	0,84	31,37	208,00	2,73
9,36	9,63	62,26	84,67	2,21	11,16	1,75	35,64	52,00	2,40	12,96	4,37	31,87	74,00	2,60	14,76	1,11	53,01	55,33	2,67	16,56	0,89	24,59	217,33	2,72
9,38	9,23	61,59	82,00	2,21	11,18	1,61	38,53	49,33	2,41	12,98	3,91	32,10	70,67	2,58	14,78	0,89	54,57	82,67	2,66	16,58	0,91	22,48	222,67	2,73
9,40	8,78	58,92	80,67	2,22	11,20	1,66	40,76	52,00	2,44	13,00	3,58	33,76	73,33	2,58	14,80	0,76	50,46	106,67	2,66	16,60	0,92	24,15	229,33	2,71
9,42	8,33	57,14	81,33	2,20	11,22	2,05	43,87	42,67	2,36	13,02	3,41	35,54	86,00	2,59	14,82	0,80	43,13	120,00	2,65	16,62	0,95	24,93	236,00	2,71
9,44	8,24	54,24	90,00	2,21	11,24	2,90	47,75	57,33	2,49	13,04	3,48	42,54	92,67	2,57	14,84	0,89	34,68	121,33	2,66	16,64	1,00	24,82	270,00	2,70
9,46	8,38	52,80	97,33	2,19	11,26	3,94	43,64	68,00	2,49	13,06	3,73	51,21	82,67	2,56	14,86	1,14	29,82	237,33	2,67	16,66	1,02	26,93	276,00	2,71
9,48	8,56	52,46	103,33	2,23	11,28	4,42	36,42	66,00	2,49	13,08	4,13	56,99	103,33	2,57	14,88	1,84	29,60	283,33	2,68	16,68	1,04	28,60	282,00	2,71
9,50	8,73	49,68	104,67	2,24	11,30	4,64	32,42	77,33	2,49	13,10	4,70	63,54	85,33	2,58	14,90	2,32	32,93	95,33	2,72	16,70	1,08	30,04	288,00	2,69
9,52	8,78	45,90	101,33	2,23	11,32	4,76	32,08	81,33	2,49	13,12	5,60	72,99	48,67	2,58	14,92	2,51	33,82	77,33	2,73	16,72	1,12	31,93	294,67	2,69
9,54	8,74	43,01	90,00	2,23	11,34	4,80	30,42	82,00	2,49	13,14	6,72	85,65	44,00	2,57	14,94	2,57	29,71	112,00	2,73	16,74	1,13	32,71	298,67	2,69
9,56	8,56	39,45	75,33	2,24	11,36	4,81	29,42	81,33	2,49	13,16	7,38	86,43	15,33	2,55	14,96	2,77	34,60	60,00	2,73	16,76	1,13	33,49	302,00	2,69
9,58	8,31	38,11	80,67	2,23	11,38	4,76	27,75	79,33	2,52	13,18	7,66	80,98	18,00	2,57	14,98	2,98	35,16	62,00	2,76	16,78	1,12	34,38	306,67	2,68
9,60	8,32	32,45	90,00	2,23	11,40	4,69	27,19	75,33	2,52	13,20	7,71	69,98	18,00	2,56	15,00	4,26	42,71	99,33	2,76	16,80	1,19	34,94	314,67	2,67
9,62	8,60	31,56	100,67	2,25	11,42	4,66	27,86	71,33	2,52	13,22	7,63	66,43	18,00	2,56	15,02	5,42	42,49	110,00	2,76	16,82	1,60	34,60	334,67	2,65
9,64	9,07	36,33	110,00	2,26	11,44	4,71	29,08	70,67	2,53	13,24	7,33	66,65	18,00	2,56	15,04	5,78	44,60	47,33	2,75	16,84	3,24	38,94	376,67	2,64
9,66	9,74	42,00	118,00	2,27	11,46	4,88	28,86	74,67	2,52	13,26	6,75	75,21	16,00	2,57	15,06	6,09	44,93	38,00	2,76	16,86	4,84	35,30	202,00	2,60
9,68	10,24	46,22	121,33	2,27	11,48	4,99	29,53	76,67	2,54	13,28	6,11	80,76	11,33	2,59	15,08	6,27	43,16	40,00	2,76	16,88	3,35	37,19	36,67	2,60
9,70	10,79	49,33	103,33	2,29	11,50	4,92	29,75	73,33	2,55	13,30	5,36	82,21	11,33	2,57	15,10	6,10	35,16	40,67	2,75	16,90	2,39	29,30	42,67	2,61
9,72	11,53	50,55	74,00	2,27	11,52	4,52	29,64	63,33	2,54	13,32	4,84	86,43	9,33	2,50	15,12	5,85	27,71	45,33	2,76	16,92	1,82	30,41	41,33	2,61
9,74	12,06	55,32	67,33	2,29	11,54	3,81	29,97	54,67	2,54	13,34	4,55	92,76	11,33	2,56	15,14	5,28	27,60	38,67	2,76	16,94	1,46	39,52	46,00	2,63
9,76	12,32	55,32	72,00	2,28	11,56	3,02	30,86	47,33	2,56	13,36	4,76	93,86	15,33	2,56	15,16	4,24	27,82	32,67</						



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA																									RIF. PROVA:		CPTU n°:	
LETTURE DI CAMPAGNA																									U29-17		CPTU1	
COMMITTENTE: Comune di Comacchio										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 32,00																		
CANTIERE: Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60																		
DATA: 21/04/2017										PREFORO (m da p.c.): 0,00																		
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °				
18,02	3,64	27,39	117,33	2,50	19,82	0,83	27,82	211,33	2,48	21,62	1,51	18,76	531,33	2,50	23,42	1,80	24,10	427,33	2,72	25,22	2,95	19,21	420,67	2,58				
18,04	2,44	31,28	110,67	2,50	19,84	0,83	30,26	226,67	2,47	21,64	1,58	18,76	528,00	2,61	23,44	2,07	27,66	430,67	2,70	25,24	2,86	22,77	412,67	2,58				
18,06	1,81	37,73	112,00	2,52	19,86	0,96	34,63	460,00	2,47	21,66	1,82	21,32	532,67	2,63	23,46	2,05	26,99	410,00	2,69	25,26	3,00	26,55	436,00	2,59				
18,08	1,26	48,28	132,67	2,52	19,88	1,27	34,19	466,00	2,45	21,68	1,81	21,76	414,00	2,58	23,48	1,91	21,77	398,00	2,69	25,28	3,64	31,43	285,33	2,58				
18,10	1,02	58,28	176,67	2,50	19,90	1,79	35,19	500,67	2,47	21,70	2,03	18,65	355,33	2,61	23,50	1,82	19,21	398,00	2,69	25,30	3,68	30,21	286,67	2,59				
18,12	0,98	57,17	185,33	2,52	19,92	2,09	31,97	423,33	2,48	21,72	2,49	21,32	368,67	2,65	23,52	1,80	17,99	406,00	2,71	25,32	3,65	30,21	236,67	2,60				
18,14	0,97	55,51	199,33	2,53	19,94	1,92	32,74	397,33	2,47	21,74	2,86	22,99	350,67	2,62	23,54	1,72	16,66	404,67	2,69	25,34	3,74	35,10	195,33	2,59				
18,16	1,02	49,84	240,67	2,53	19,96	1,62	27,30	388,00	2,48	21,76	2,41	19,99	291,33	2,63	23,56	1,80	13,88	424,67	2,70	25,36	3,99	37,65	224,00	2,57				
18,18	1,29	43,17	294,67	2,54	19,98	1,26	28,97	377,33	2,48	21,78	2,28	29,66	321,33	2,60	23,58	2,18	13,77	456,00	2,68	25,38	4,00	30,76	224,67	2,58				
18,20	1,84	37,61	328,00	2,53	20,00	1,09	35,30	378,67	2,45	21,80	2,54	31,55	318,00	2,60	23,60	3,18	16,43	396,00	2,65	25,40	3,70	26,65	204,67	2,58				
18,22	2,21	26,72	356,67	2,54	20,02	1,59	38,97	427,33	2,47	21,82	2,12	33,88	254,00	2,59	23,62	4,27	22,77	196,67	2,62	25,42	3,21	18,43	196,00	2,60				
18,24	2,09	14,94	284,00	2,52	20,04	2,35	38,96	457,33	2,49	21,84	1,74	31,77	191,33	2,60	23,64	5,59	28,43	156,67	2,58	25,44	3,03	17,32	215,33	2,62				
18,26	1,67	15,39	277,33	2,53	20,06	2,21	35,41	414,67	2,48	21,86	1,77	39,10	173,33	2,58	23,66	6,63	35,10	200,67	2,58	25,46	2,99	20,98	225,33	2,63				
18,28	1,21	25,39	264,67	2,54	20,08	1,70	29,19	365,33	2,48	21,88	1,46	46,43	190,00	2,57	23,68	7,46	28,88	192,00	2,57	25,48	3,03	26,10	235,33	2,63				
18,30	1,05	37,17	280,67	2,53	20,10	1,20	41,30	349,33	2,49	21,90	1,38	48,10	206,67	2,60	23,70	8,00	33,43	102,67	2,54	25,50	3,14	32,21	243,33	2,64				
18,32	1,04	38,06	283,33	2,52	20,12	0,98	49,96	350,67	2,48	21,92	1,27	41,43	211,33	2,60	23,72	8,27	33,76	118,67	2,59	25,52	3,64	37,10	256,00	2,65				
18,34	0,86	41,17	287,33	2,43	20,14	0,94	46,63	368,00	2,49	21,94	1,07	35,99	210,67	2,60	23,74	7,91	29,88	106,67	2,60	25,54	4,75	42,65	273,33	2,64				
18,36	0,96	43,16	296,00	2,48	20,16	0,92	46,41	390,00	2,49	21,96	0,97	32,88	221,33	2,61	23,76	7,44	28,88	100,00	2,56	25,56	6,18	48,87	289,33	2,62				
18,38	0,92	43,39	303,33	2,50	20,18	0,91	45,07	410,00	2,49	21,98	1,00	29,54	234,00	2,60	23,78	6,80	30,43	96,00	2,61	25,58	7,19	43,64	298,00	2,62				
18,40	0,91	41,83	309,33	2,45	20,20	0,96	42,74	424,00	2,48	22,00	1,06	22,54	244,00	2,62	23,80	6,15	33,43	96,67	2,60	25,60	7,44	39,64	299,33	2,66				
18,42	1,21	29,05	311,33	2,44	20,22	1,11	36,41	438,67	2,47	22,02	1,54	21,88	258,00	2,61	23,82	5,85	37,65	104,00	2,49	25,62	7,44	32,31	291,33	2,64				
18,44	1,17	27,94	302,00	2,36	20,24	1,22	24,96	443,33	2,48	22,04	2,17	18,88	266,67	2,62	23,84	5,51	41,76	120,00	2,58	25,64	7,42	24,87	290,67	2,59				
18,46	1,03	32,16	315,33	2,53	20,26	1,05	20,29	426,67	2,49	22,06	2,12	19,87	217,33	2,61	23,86	6,13	40,74	206,67	2,58	25,66	7,46	26,08	303,33	2,65				
18,48	1,03	26,05	311,33	2,56	20,28	1,09	20,40	425,33	2,49	22,08	1,67	24,10	202,67	2,61	23,88	5,88	43,63	195,33	2,56	25,68	7,44	27,42	305,33	2,62				
18,50	0,98	26,94	310,00	2,50	20,30	1,38	20,63	449,33	2,49	22,10	1,24	29,54	196,67	2,62	23,90	5,51	43,74	188,00	2,57	25,70	7,63	28,64	310,00	2,62				
18,52	0,81	29,61	302,67	2,54	20,32	1,50	20,07	458,67	2,52	22,12	1,07	39,65	214,67	2,61	23,92	5,25	41,41	192,00	2,60	25,72	7,69	31,08	314,67	2,67				
18,54	0,75	31,61	317,33	2,56	20,34	1,31	23,63	428,00	2,50	22,14	1,26	34,76	252,00	2,62	23,94	4,96	39,52	185,33	2,58	25,74	7,91	34,63	324,67	2,72				
18,56	0,80	30,72	324,00	2,54	20,36	1,29	22,96	444,00	2,40	22,16	2,46	33,43	306,67	2,64	23,96	4,45	36,63	176,67	2,57	25,76	8,38	37,74	332,67	2,65				
18,58	0,86	26,72	329,33	2,55	20,38	0,97	23,29	407,33	2,54	22,18	3,94	30,76	312,67	2,66	23,98	3,94	33,85	176,67	2,57	25,78	8,80	38,63	340,67	2,64				
18,60	0,91	25,27	336,00	2,55	20,40	0,91	20,07	408,67	2,52	22,20	4,39	29,09	276,67	2,67	24,00	3,63	32,63	182,67	2,57	25,80	9,13	40,18	340,00	2,64				
18,62	1,01	27,16	342,67	2,55	20,42	1,05	17,40	425,33	2,52	22,22	3,97	25,76	260,00	2,67	24,02	3,29	31,40	189,33	2,57	25,82	9,03	42,52	222,00	2,66				
18,64	0,98	26,50	337,33	2,55	20,44	1,28	17,96	448,67	2,49	22,24	3,69	20,87	250,00	2,65	24,04	2,92	31,40	191,33	2,58	25,84	7,96	35,74	206,67	2,66				
18,66	0,92	24,27	342,67	2,54	20,46	1,40	19,63	461,33	2,55	22,26	3,69	24,98	258,00	2,67	24,06	2,57	29,18	199,33	2,57	25,86	8,32	33,28	257,33	2,64				
18,68	1,16	22,16	358,67	2,53	20,48	1,61	20,52	467,33	2,54	22,28	3,77	34,42	268,67	2,68	24,08	2,49	29,73	213,33	2,56	25,88	8,19	31,06	261,33	2,64				
18,70	1,72	22,50	377,33	2,54	20,50	2,02	22,74	478,67	2,53	22,30	3,34	43,76	248,00	2,66	24,10	2,82	33,84	228,67	2,56	25,90	8,46	35,84	280,00	2,63				
18,72	1,67	20,39	361,33	2,55	20,52	2,17	23,41	462,67	2,54	22,32	2,83	41,98	237,33	2,66	24,12	2,94	32,06	228,67	2,54	25,92	9,21	43,73	262,67	2,63				
18,74	1,26	17,83	343,33	2,52	20,54	1,80	21,74	439,33	2,53	22,34	2,32	36,87	230,00	2,65	24,14	2,66	21,84	208,00	2,55	25,94	10,22	51,73	224,67	2,64				
18,76	1,19	43,16	296,00	2,55	20,56	1,43	19,41	419,33	2,53	22,36	1,79	31,53	224,00	2,65	24,16	2												

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U29-17		CPTU1		
COMMITTENTE: Comune di Comacchio										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 32,00									
CANTIERE: Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60									
DATA: 21/04/2017										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
27,02	3,78	82,45	146,67	2,77	28,02	1,12	30,37	668,67	2,89	29,02	1,14	24,09	789,33	2,91	30,02	1,15	26,11	926,67	2,92
27,04	4,09	68,12	159,33	2,77	28,04	1,13	27,81	678,67	2,89	29,04	1,15	23,53	796,00	2,91	30,04	1,12	26,11	928,67	2,94
27,06	4,50	67,78	158,00	2,78	28,06	1,12	26,36	684,67	2,90	29,06	1,16	23,98	795,33	2,92	30,06	1,12	25,55	938,67	2,94
27,08	4,72	70,34	130,67	2,78	28,08	1,10	25,25	692,00	2,87	29,08	1,15	25,42	784,67	2,91	30,08	1,12	24,77	940,67	2,94
27,10	4,81	72,44	124,67	2,78	28,10	1,12	25,14	703,33	2,91	29,10	1,16	25,53	810,67	2,91	30,10	1,12	24,88	938,67	2,95
27,12	4,96	65,00	122,00	2,81	28,12	1,14	25,70	711,33	2,90	29,12	1,15	26,98	811,33	2,91	30,12	1,12	24,88	934,00	2,95
27,14	5,13	57,78	122,00	2,81	28,14	1,14	25,81	715,33	2,91	29,14	1,11	29,09	833,33	2,90	30,14	1,12	24,33	940,67	2,94
27,16	5,29	52,22	123,33	2,81	28,16	1,15	25,48	722,67	2,90	29,16	1,11	29,20	845,33	2,91	30,16	1,12	24,22	946,00	2,94
27,18	5,41	43,77	136,00	2,82	28,18	1,12	25,81	728,67	2,89	29,18	1,12	29,09	858,00	2,91	30,18	1,15	22,99	947,33	2,95
27,20	5,38	31,88	126,00	2,82	28,20	1,13	25,70	736,00	2,90	29,20	1,10	29,53	868,67	2,91	30,20	1,14	23,55	946,67	2,95
27,22	5,37	26,11	126,67	2,81	28,22	1,13	25,48	740,67	2,89	29,22	1,12	29,87	878,67	2,91	30,22	1,15	23,77	935,33	2,95
27,24	5,23	26,33	122,00	2,82	28,24	1,12	25,37	741,33	2,91	29,24	1,12	29,76	885,33	2,91	30,24	1,14	23,99	933,33	2,94
27,26	5,06	23,33	119,33	2,82	28,26	1,07	26,37	742,00	2,86	29,26	1,15	30,53	890,67	2,91	30,26	1,15	23,99	939,33	2,94
27,28	4,92	23,55	122,67	2,83	28,28	1,13	26,59	744,67	2,87	29,28	1,14	30,31	893,33	2,91	30,28	1,15	23,66	943,33	2,95
27,30	4,83	25,88	122,67	2,82	28,30	0,96	27,93	746,00	2,85	29,30	1,15	30,20	902,00	2,91	30,30	1,17	23,99	944,67	2,94
27,32	4,72	26,88	122,67	2,86	28,32	1,13	26,93	752,00	2,89	29,32	1,12	30,20	909,33	2,91	30,32	1,15	23,77	934,00	2,94
27,34	4,69	28,77	126,00	2,83	28,34	1,15	26,38	759,33	2,87	29,34	1,14	29,76	914,67	2,91	30,34	1,14	24,21	929,33	2,94
27,36	4,70	30,32	130,67	2,85	28,36	1,36	25,82	760,00	2,76	29,36	1,12	29,53	915,33	2,91	30,36	1,12	23,77	925,33	2,94
27,38	4,77	30,43	138,00	2,83	28,38	1,14	25,15	755,33	2,87	29,38	1,27	29,31	920,67	2,86	30,38	1,12	23,99	918,67	2,94
27,40	5,03	32,77	144,00	2,80	28,40	1,22	24,60	758,67	2,86	29,40	1,12	28,98	929,33	2,87	30,40	1,16	23,99	928,00	2,95
27,42	4,99	33,10	144,67	2,85	28,42	1,30	25,16	766,67	2,77	29,42	1,15	28,31	935,33	2,91	30,42	1,19	24,11	937,33	2,97
27,44	5,05	30,88	149,33	2,83	28,44	1,15	24,49	772,00	2,89	29,44	1,12	27,42	940,67	2,94	30,44	1,19	24,66	922,00	2,95
27,46	5,73	28,54	166,00	2,86	28,46	1,17	23,94	786,00	2,99	29,46	1,15	27,65	944,00	2,91	30,46	1,17	24,33	854,67	2,95
27,48	6,34	30,43	173,33	2,91	28,48	1,22	24,05	782,00	2,91	29,48	1,17	28,31	950,67	2,91	30,48	1,15	24,66	876,67	2,95
27,50	6,83	32,54	178,00	2,87	28,50	1,22	25,16	684,67	2,89	29,50	1,14	27,31	954,67	2,91	30,50	1,15	24,88	880,67	2,97
27,52	7,23	32,21	180,67	2,91	28,52	1,15	24,27	774,00	2,95	29,52	1,28	27,98	954,00	2,78	30,52	1,17	25,33	886,00	2,96
27,54	7,54	30,21	182,67	2,87	28,54	1,16	25,49	781,33	2,90	29,54	1,12	27,65	948,67	2,91	30,54	1,17	25,44	891,33	2,96
27,56	7,85	26,88	180,67	2,81	28,56	1,13	26,39	784,00	2,89	29,56	1,10	27,32	944,67	3,00	30,56	1,17	25,55	894,67	2,96
27,58	7,96	25,21	184,00	2,86	28,58	1,16	27,05	797,33	2,91	29,58	1,12	27,98	957,33	2,92	30,58	1,15	26,99	896,00	2,96
27,60	8,06	27,54	184,67	2,90	28,60	1,15	27,16	803,33	2,91	29,60	1,15	27,42	957,33	2,91	30,60	1,14	26,77	896,67	2,97
27,62	7,69	29,21	162,00	2,90	28,62	1,17	27,61	803,33	2,91	29,62	1,12	27,31	958,00	2,91	30,62	1,14	25,55	838,00	2,96
27,64	6,49	33,10	140,00	2,86	28,64	1,14	29,17	798,67	2,91	29,64	1,16	26,76	958,00	2,91	30,64	1,12	25,44	880,67	2,97
27,66	4,69	39,32	118,00	2,87	28,66	1,13	28,06	799,33	2,91	29,66	1,12	26,09	957,33	2,95	30,66	1,12	25,55	888,00	2,98
27,68	3,40	50,88	111,33	2,87	28,68	1,13	25,72	806,00	2,89	29,68	1,14	26,09	944,00	2,94	30,68	1,11	25,44	892,67	2,96
27,70	2,57	67,66	108,00	2,90	28,70	1,13	25,39	812,00	2,91	29,70	1,14	26,53	941,33	2,94	30,70	1,12	24,99	898,00	2,96
27,72	2,11	86,54	116,00	2,89	28,72	1,14	25,17	814,00	2,91	29,72	1,14	26,53	947,33	2,94	30,72	1,14	25,33	906,67	2,96
27,74	1,76	95,99	150,67	2,87	28,74	1,13	25,17	814,00	2,91	29,74	1,14	26,76	939,33	2,94	30,74	1,17	25,55	914,00	2,95
27,76	1,66	91,21	257,33	2,90	28,76	1,14	26,17	819,33	2,91	29,76	1,14	27,20	925,33	2,94	30,76	1,18	25,33	915,33	2,96
27,78	1,77	82,54	465,33	2,89	28,78	1,16	25,73	820,67	2,89	29,78	1,11	28,31	930,00	2,94	30,78	1,18	24,66	914,67	2,95
27,80	1,87	75,99	492,00	2,90	28,80	1,16	25,51	823,33	2,90	29,80	1,12	27,42	935,33	2,92	30,80	1,17	25,33	915,33	2,97
27,82	1,63	74,87	496,67	2,89	28,82	1,15	25,28	816,00	2,91	29,82	1,15	27,31	940,00	2,94	30,82	1,23	25,88	912,00	2,91
27,84	1,41	63,32	509,33	2,89	28,84	1,13	24,51	822,67	2,91	29,84	1,14	26,53	940,67	2,94	30,84	1,14	25,21	910,67	2,96
27,86	1,61	40,48	451,33	2,91	28,86	1,16	24,65	804,00	2,92	29,86	1,17	24,55	906,67	2,94	30,86	1,16	25,23	832,67	2,96
27,88	1,39	37,15	574,00	2,90	28,88	1,17	25,98	830,67	2,92	29,88	1,18	25,44	913,33	2,95	30,88	1,16	27,34	850,67	2,97
27,90	1,26	32,04	604,00	2,91	28,90	1,15	26,43	814,00	2,92	29,90	1,17	26,22	912,00	2,92	30,90	1,15	28,01	858,67	2,96
27,92	1,16	32,04	610,00	2,91	28,92	1,15	26,65	810,00	2,94	29,92	1,16	26,44	917,33	2,92	30,92	1,15	29,23	865,33	2,96
27,94	1,15	33,70	624,00	2,87	28,94	1,15	27,87	814,00	2,92	29,94	1,17	27,22	922,67	2,92	30,94	1,15	28,45	871,33	2,98
27,96	1,13	33,37	635,33	2,90	28,96	1,14	27,98	823,33	2,92	29,96	1,17	26,77	924,00	2,92	30,96	1,17	28,89	883,33	2,98
27,98	1,13	32,04	646,67	2,90	28,98	1,14	26,65	819,33	2,92	29,98	1,17	26,99	919,33	2,95	30,98	1,22	29,34	898,00	2,98
28,00	1,12	32,48	657,33	2,90	29,00	1,14	24,53	796,67	2,91	30,00	1,15	27,44	926,67	2,92	31,00	1,29	28,34	870,00	2,98
															32,00	2,55	82,25	760,83	3,18

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA: CPTU n°:

U29-17

CPTU1

COMMITTENTE: Comune di Comacchio

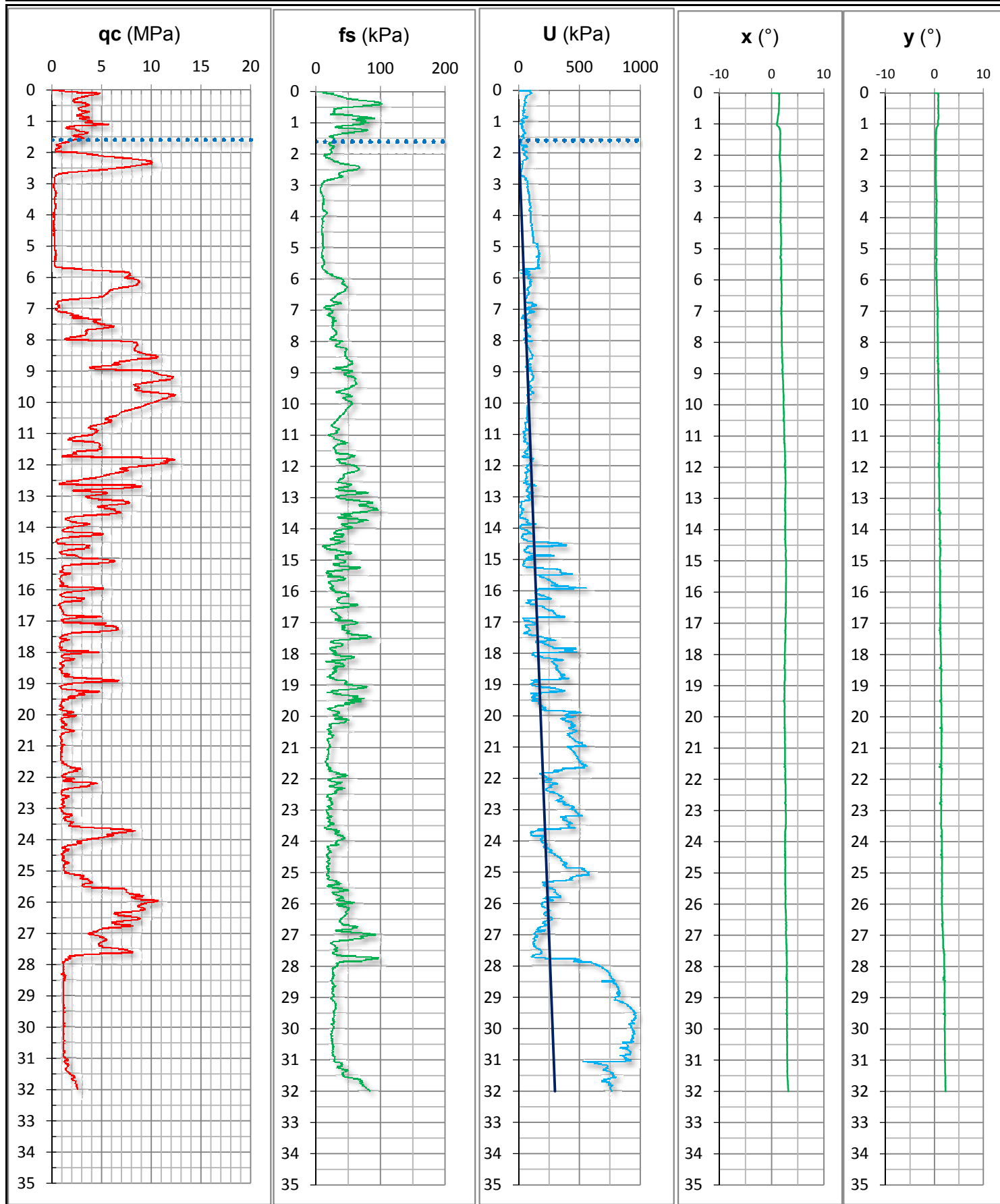
CANTIERE: Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)

DATA: 21/04/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 32,00

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60

PREFORO (m da p.c.): 0,00



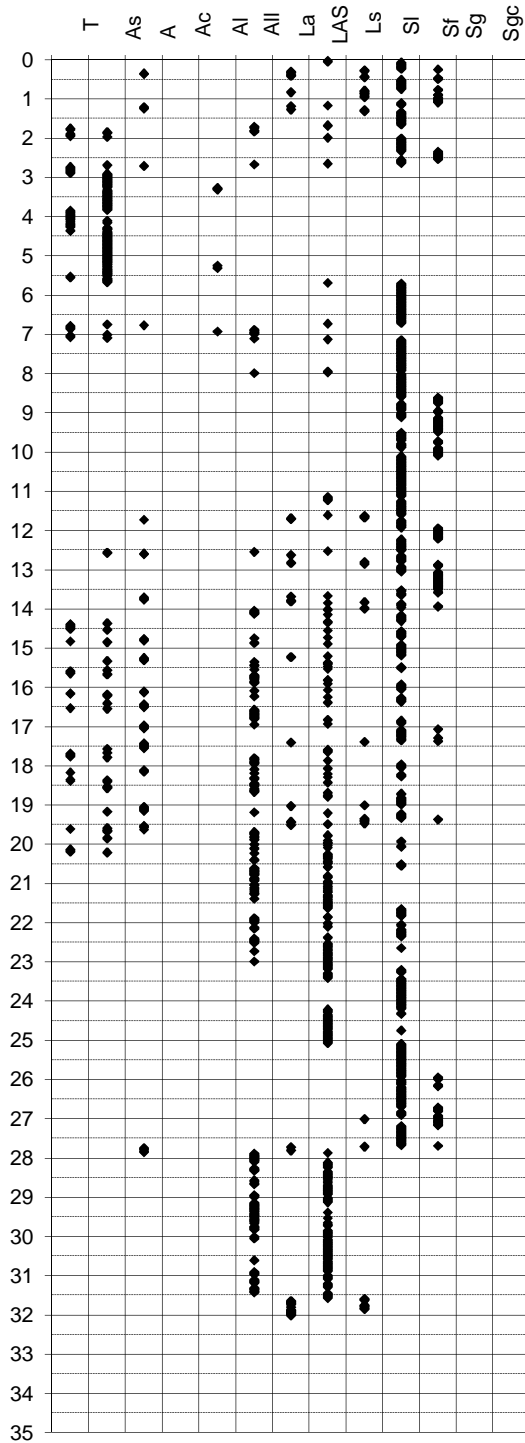
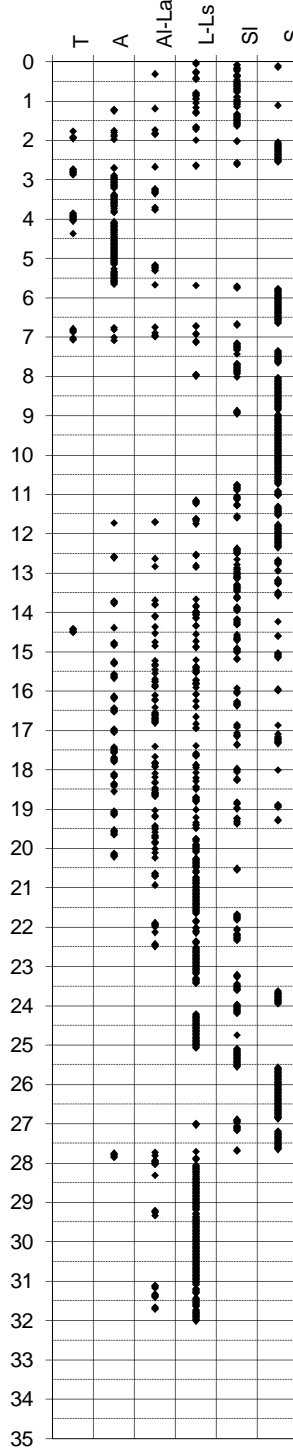
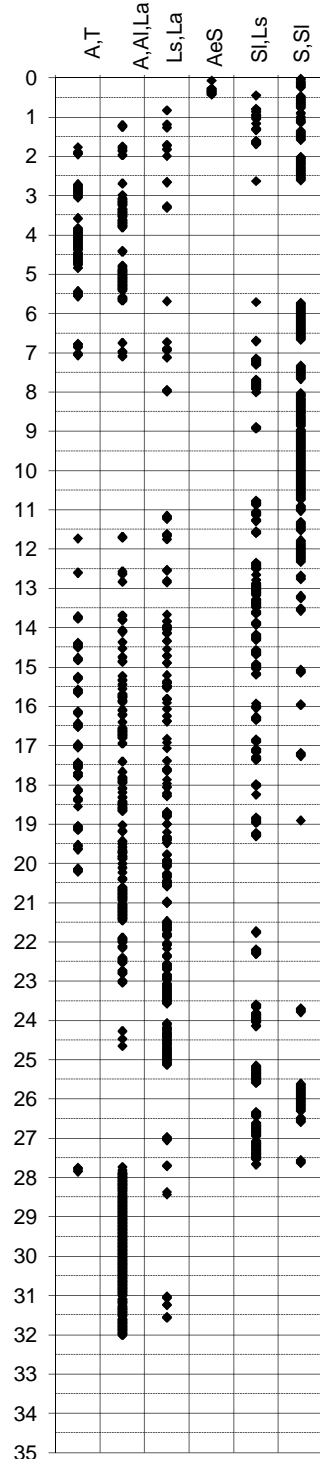
**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U29-17</b>
Emissione	apr-17
Pagina	1 di

**INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE**

-Committente **Comune di Comacchio**  
 -Cantiere **Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)**  
 -Quota p.c. 1,30 m s.l.m.  
 -Livello di falda 1,60 m da p.c.  
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **CPTU1**  
 -Data prova **21/04/2017**  
 -Prof. preforo m  
 -Prof. finale **32,00** m

**Douglas-Olsen (1981)****Robertson-Campanella(1983)****Olsen-Farr (1986)**

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U29-17</b>
Emissione	apr-17
Pagina	1 di 0

**PARAMETRI GEOTECNICI**

-Committente	<b>Comune di Comacchio</b>	-Prova n°	<b>CPTU1</b>
-Cantiere	<b>Scuola via Fattibello, Comacchio (Fe)</b>	-Data prova	<b>21/04/2017</b>
-Quota p.c.	<b>1,30 m s.l.m.</b>	-Prof. preforo	<b>0,00 m</b>
-Livello di falda	<b>1,60 m da p.c.</b>	-Prof. finale	<b>32,00 m</b>

DA m	A m						MATERIALI COESIVI							MATERIALI GRANULARI							
		qcm MPa	fsm MPa	deltaU MPa	litol. (-)	Peso Vol. kN/m3	Cu (qc) KPa	OCR (qc) (-)	OCR (U) (-)	M <sub>0</sub> MPa	Eu50 MPa	CR (-)	Dr (%)	FI' <sub>DM</sub> (°)	FI' <sub>Bottom</sub> (°)	FI'Schm. (°)				E'25 MPa	M <sub>0</sub> MPa
0,0	2,0	2,55	0,04	0,01	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	65	34	31	37	39	41	43	7,45	11,93
2,0	2,7	6,05	0,04	0,03	S	20,00	-	-	-	-	-	-	69	38	34	38	39	41	43	16,31	26,08
2,7	5,7	0,28	0,01	0,08	A	17,50	13	2	4	1,24	6,806	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,7	6,7	6,43	0,03	0,03	S	20,00	-	-	-	-	-	-	56	36	32	36	38	40	42	16,06	25,70
6,7	7,1	0,68	0,02	0,04	A	17,50	34	3	8	2,48	12,18	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,1	8,0	3,42	0,03	0,01	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	29	32	29	32	35	37	40	8,82	14,11
8,0	10,7	8,55	0,05	0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	60	36	32	36	38	41	43	21,37	33,56
10,7	13,7	5,13	0,05	-0,04	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	36	32	29	33	35	38	41	13,56	21,48
13,7	19,5	2,09	0,04	0,04	L-Ls	20,00	56	2	6	4,26	29,28	0,30	20	27	25	28	32	35	38	7,96	12,74
19,5	23,5	1,36	0,03	0,18	Al-La	18,00	51	1	5	4,29	29,42	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23,5	24,2	4,37	0,03	-0,01	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	24	27	25	29	33	35	39	10,93	17,49
24,2	25,0	1,22	0,02	0,13	Al-La	18,00	54	1	7	4,43	31,87	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,0	27,7	6,08	0,04	-0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	28	29	26	31	34	37	40	15,21	24,31
27,7	32,0	1,35	0,03	0,53	A	17,50	54	1	3	4,74	31,57	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-



[illegible]



[illegible]

<div>Dott. Geol.</div> <div>Thomas Veronese</div> <div>Via Romea, 80</div> <div>44023 Vaccolino (FE)</div>			Inizio Esecuzione		Fine Esecuzione		Metodo Perfor.			Sondaggio					
			18/05/2017		22/05/2017		Sondaggio a carotaggio			S1					
Quota							Attrezzo								
p.c.							Sonda oleodinamica								
Committente							Località								
Comune di Comacchio							Comacchio Fe								
Campioni					Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente				
Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI]							Data		Mt. p.c.		Operatore				
Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]							18/05/17		3.00	29.60		Luigi			
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro	
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3			
16	15,50					Limo argilloso sabbioso e limo sabbioso argilloso grigio poco addensato									
	16,20					OST4									
	16,40					Limo sabbioso argilloso grigio poco addensato									
	16,60					Limo argilloso debolmente sabbioso grigio sciolto									
	17,00					Sabbia limosa e sabbia limosa argillosa grigio scuro con un livello organico nero									
17	17,50					Argilla limosa grigia		0.55 0.70 1.20	0.30 0.35 0.48						
	18,50					Sabbia limosa argillosa e limo argilloso sabbioso con livello di argilla limosa sabbiosa da 18,00 a 18,10 grigio									
	19,60					Alternanze centimetriche di argilla limosa e limo argilloso di colore grigio moderatamente consistente		0.70 0.50 0.60 0.55	0.35 0.27 0.29 0.28						
19	20,70							0.50 0.40	0.23 0.19						

<div>Dott. Geol. Thomas Veronese</div> <div>Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)</div>			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio			Sondaggio S1					
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica								
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe								
Campioni Carotiere Semplice [T1]   Carotiere Doppio [T2]   Rimaneggiati [RI] Denison [D]   Osterberg [OS]   Shelby [SH]   Indisturbati [IN]					Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi				
Data 18/05/17		Mt. p.c. 3.00	29.60	Operatore Luigi											
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro	
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3			
21	20,70					Alternanze centimetriche di sabbia argillosa limosa e di argilla limosa grigio moderatamente addensata		0.55	0.27						
								0.65	0.32						
								0.45	0.21						
								0.50	0.23						
								0.60	0.31						
22	21,00					Argilla limosa grigio moderatamente consistente		0.55	0.29						
								0.50	0.24						
								0.50	0.20						
								0.45	0.26						
								0.60	0.30						
23	21,40					Argilla limosa e limo argilloso sabbioso con abbondanti bioclasti e gasteropodi preservati moderatam. consistente		0.65	0.26						
								0.50	0.20						
								0.60	0.30						
								0.65	0.26						
								0.50	0.20						
24	22,10					Limo argilloso e argilla limosa grigio moderatamente consistente		0.45	0.36						
								0.70	0.38						
								0.60	0.30						
								0.65	0.26						
								0.50	0.20						
25	22,60					Limo sabbioso argilloso con abbondanti bioclasti e gusci interi poco addensato		0.65	0.36						
								0.80	0.38						
								0.65	0.36						
								0.80	0.38						
								0.65	0.36						



<div>Dott. Geol. Thomas Veronese</div> <div>Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)</div>			Inizio Esecuzione 18/05/2017		Fine Esecuzione 22/05/2017		Metodo Perfor. Sondaggio a carotaggio		Sondaggio S1						
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica								
Committente Comune di Comacchio							Località Comacchio Fe								
Campioni Carotiere Semplice [T1]   Carotiere Doppio [T2]   Rimaneggiati [RI] Denison [D]   Osterberg [OS]   Shelby [SH]   Indisturbati [IN]					Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi				
Data 18/05/17		Mt. p.c. 3.00	29.60				Operatore Luigi								
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro	
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3			
26	25,80					Limo argilloso grigio moderatamente addensato		0.70	0.25						
27	27,80					Limo sabbioso e sabbia limosa debolmente argillosa grigio moderatamente addensata									
28	29,00					Argilla limosa e limo argilloso grigio moderatamente addensato		0.50	0.31						
29	29,60					OST5									



**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1Ost1 m 0.50 - 0.90**  
COMMESSA: 16636/17  
VERBALE ACC.: 256/17  
DATA CONSEGNA: 23/05/17

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 0.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 37 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	-	-	DESCRIZIONE: Sabbia da grossa a fina con limo ghiaioso argillosa marrone grigiastro con frammenti lateritici
			W naturale (%) 21.7
			$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.82
			$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.50
			$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.94
			porosità (%) 45
			indice dei vuoti 0.81
			grado di saturazione (%) 73
			massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) (stimato) 2.700
			PROVE ESEGUITE
0.90 basso	155	70	Umidità Naturale - Trassiale UU -
			Limiti Atterberg SI Trassiale CIU -
			Gran. Setacciatura SI Edometria -
			Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto -
			Peso di Volume - Espansione L.L. -
			Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. -
			Analisi Chimica - Colonna Risonante SI
			Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**

CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**

CAMPIONE: **S1Ost1 m 0.50 - 0.90**

COMMESSA: 16636/17 DURATA PROVE: 05 - 16/06/17

VERBALE ACC.: 256/17 DATA CONSEGNA: 23/05/17

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

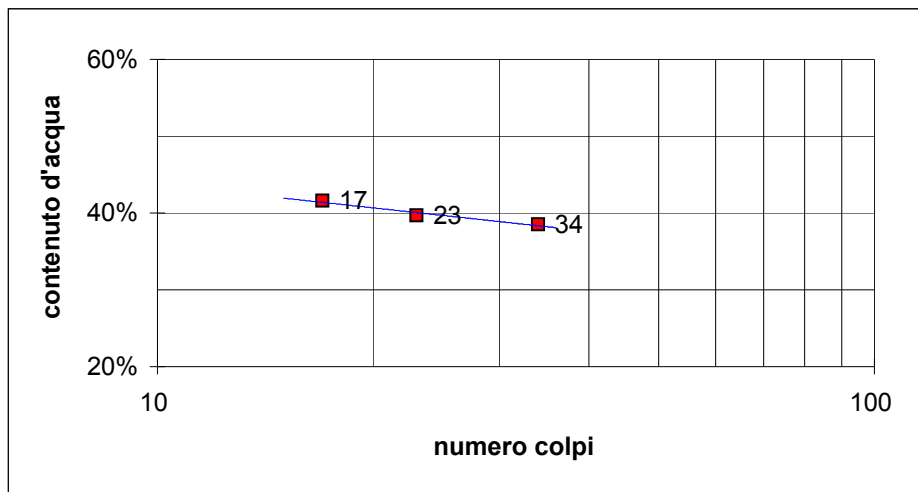
### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Sabbia da grossa a fina con limo ghiaioso argillosa marrone grigiastro con frammenti lateritici**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	34	23	17			
massa umida+ tara (g)	20.69	19.78	23.04	13.08	12.64	1021.96
massa secca+ tara (g)	15.56	14.79	16.93	10.81	10.49	960.48
acqua contenuta (g)	5.13	4.99	6.11	2.27	2.15	61.48
tara (g)	2.24	2.20	2.25	2.19	2.24	676.77
peso secco (g)	13.32	12.59	14.68	8.62	8.25	283.71
contenuto d'acqua	38.5%	39.6%	41.6%	26.3%	26.1%	21.7%

Umidità Naturale	Wn =	22%
Limite Liquido	LL =	40%
Limite Plastico	LP =	26%
Indice Plastico	IP =	13%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S10st1 m 0.50 - 0.90		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

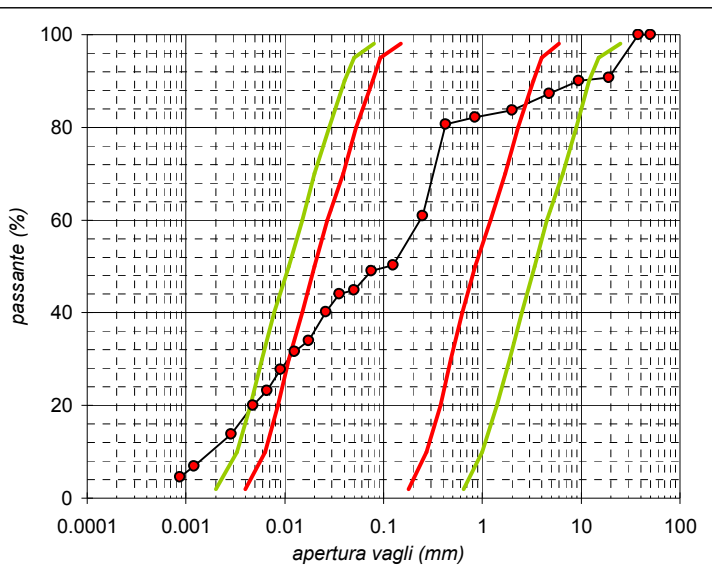
Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia da grossa a fina con limo ghiaioso argillosa marrone grigiastro con frammenti lateritici**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	26.39	9.30	9.30	90.70
crivello	9.5	1.80	0.63	9.94	90.06
crivello	4.75	7.78	2.74	12.68	87.32
setaccio	2.0	10.11	3.56	16.24	83.76
setaccio	0.850	4.44	1.56	17.81	82.19
setaccio	0.425	4.16	1.47	19.27	80.73
setaccio	0.250	56.41	19.88	39.16	60.84
setaccio	0.125	29.86	10.52	49.68	50.32
setaccio	0.075	3.71	1.31	50.99	49.01
calcolato	0.0503	11.76	4.14	55.13	44.87
calcolato	0.0358	2.20	0.78	55.91	44.09
calcolato	0.0262	11.00	3.88	59.79	40.21
calcolato	0.0174	17.60	6.20	65.99	34.01
calcolato	0.0125	6.60	2.33	68.32	31.68
calcolato	0.0091	11.00	3.88	72.19	27.81
calcolato	0.0066	13.20	4.65	76.84	23.16
calcolato	0.0048	8.80	3.10	79.95	20.05
calcolato	0.0029	17.60	6.20	86.15	13.85
calcolato	0.0012	19.80	6.98	93.13	6.87
calcolato	0.0009	6.60	2.33	95.45	4.55
fondo		12.90	4.55	100.00	0.00
TOTALE		283.71			

 $\phi$  max (mm) = 28.09

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		50.01
t° C	Tempo (s)	Lettura
28	30	31
28	60	30.5
28	120	28
28	300	24
28	600	22.5
28	1200	20
28	2400	17
28	4800	15
28	14400	11
28	86400	6.5
28	172800	5
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	12.7%	16.2%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,06 mm
	38.3%	37.1%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	38.1%	35.7%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	11.0%	11.0%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

<b>Committente:</b>	<b>dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara</b>	<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Località:</b>	<b>Comacchio (FE)</b>	<b>Verbale di accettazione N°:</b>	
<b>Cantiere:</b>	<b>Scuola Via Fattibello</b>	<b>Commessa:</b>	<b>16636/17</b>
<b>Sondaggio:</b>	<b>S1</b>	<b>Data ricevimento campione:</b>	
<b>Campione:</b>	<b>Ost 1</b>	<b>Data prova:</b>	<b>07/06/17</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>0.50 - 0.90</b>	<b>Data emissione certificato:</b>	

DATI INIZIALI	DATI DI PROVA	DATI FINALI
<b>Altezza:</b> <b>140.00</b> mm <b>Diametro:</b> <b>70.00</b> mm <b>Raggio eq.:</b> <b>24.745</b> mm <b>Massa:</b> <b>980.6</b> g <b>W:</b> <b>21.7</b> % <b>γ:</b> <b>17.85</b> kN/m <sup>3</sup> <b>γ<sub>s</sub>:</b> <b>14.67</b> - <b>e:</b> <b>0.81</b> -	<b>Tipo di campione:</b> Sabbia da grossa a fina con limo ghiaioso argillosa marrone grigiastro con frammenti lateritici <b>Fattore Raggio Eq.:</b> <b>0,707</b> - <b>Coefficiente B:</b> <b>0.94</b> % <b>Pressione cella:</b> <b>470</b> kPa <b>Contropressione:</b> <b>450</b> kPa	<b>Altezza:</b> <b>139.78</b> mm <b>Diametro:</b> <b>69.89</b> mm <b>Raggio eq.:</b> <b>24.710</b> mm <b>Massa:</b> <b>978.1</b> g <b>W:</b> <b>39.3</b> % <b>γ:</b> <b>18.24</b> kN/m <sup>3</sup> <b>γ<sub>s</sub>:</b> <b>13.10</b> - <b>e:</b> <b>1.06</b> -

	<b>Frequenza Risonanza (Hz)</b>	<b>Momento Torcente (Nm)</b>	<b>Def. Taglio max (%)</b>	<b>Vel. Onde Taglio V<sub>s</sub> (m/s)</b>	<b>Modulo Taglio G (MPa)</b>	<b>G/G<sub>0</sub></b>	<b>Rapporto Smorz. D (%)</b>	<b>ΔU/σ<sup>3</sup></b>
<b>Test 1*</b>	90.40	0.0002	3.40E-05	113.96	23.64	1.000	4.11	0.000
<b>Test 2</b>	89.60	0.0006	8.90E-05	112.95	23.22	0.982	4.17	0.000
<b>Test 3</b>	89.20	0.0015	2.34E-04	112.45	23.01	0.973	4.27	0.000
<b>Test 4</b>	87.40	0.0060	9.78E-04	110.18	22.09	0.934	4.94	0.000
<b>Test 5</b>	87.00	0.0150	1.90E-03	109.67	21.89	0.926	5.44	0.000
<b>Test 6</b>	85.40	0.0250	2.78E-03	107.66	21.09	0.892	5.88	0.000
<b>Test 7</b>	78.60	0.0500	7.31E-03	99.09	17.87	0.756	7.28	0.003
<b>Test 8</b>	75.60	0.0750	1.19E-02	95.30	16.53	0.699	8.39	0.003
<b>Test 9</b>	62.40	0.1999	3.69E-02	78.66	11.26	0.476	11.34	0.022
<b>Test 10</b>	52.60	0.3500	7.36E-02	66.31	8.00	0.338	13.87	0.087
<b>Test 11</b>	42.00	0.5000	1.22E-01	52.95	5.10	0.216	16.44	0.196
<b>Test 12</b>	30.20	0.7499	2.95E-01	38.07	2.64	0.112	20.46	0.400
<b>Test 13</b>	17.40	0.9998	9.58E-01	21.93	0.88	0.037	24.90	0.793
<b>Test 14</b>	7.80	1.1993	4.72E+00	9.83	0.18	0.008	31.19	1.000

\* Test 1 corrispondente al valore G<sub>0</sub>

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

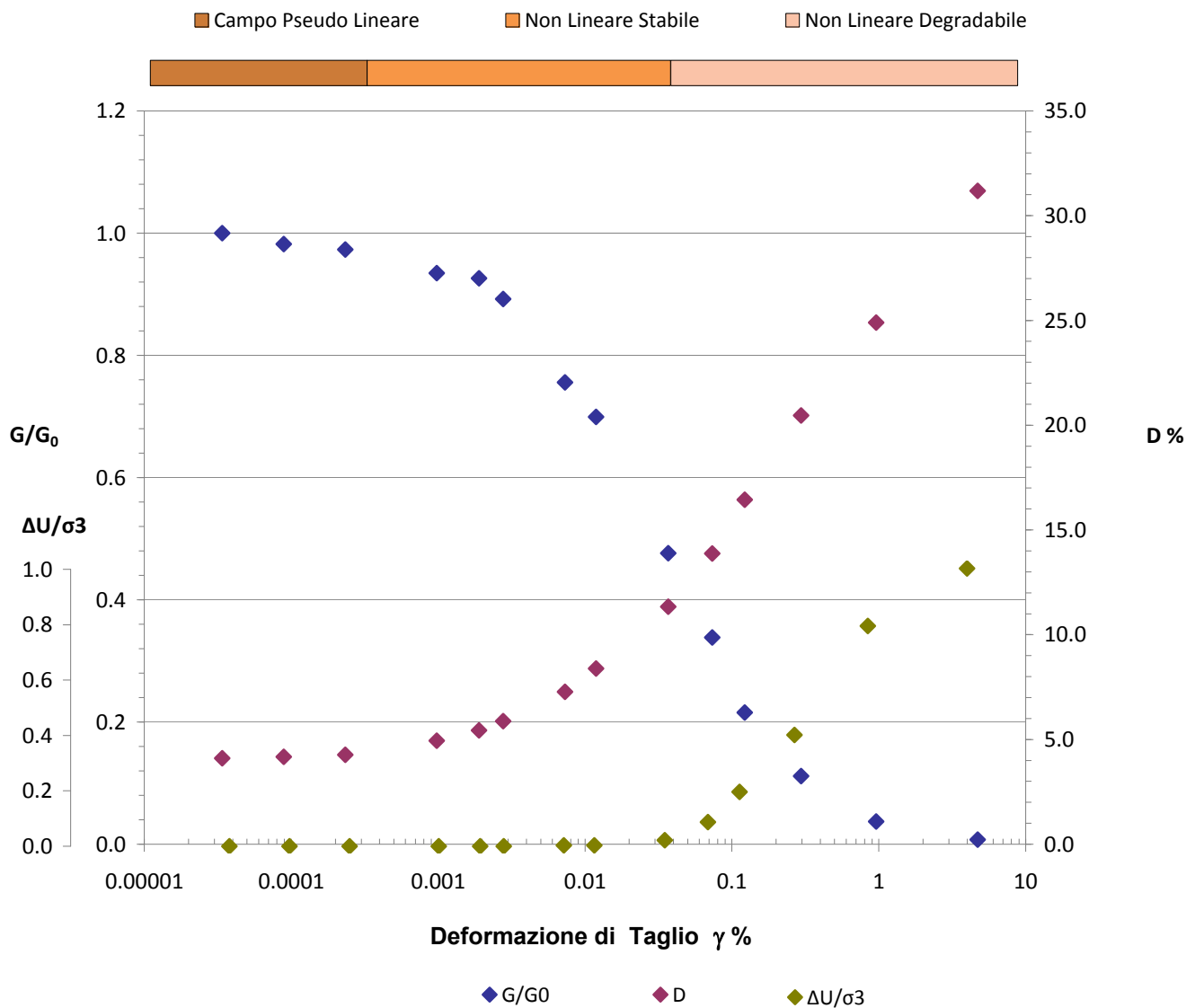
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

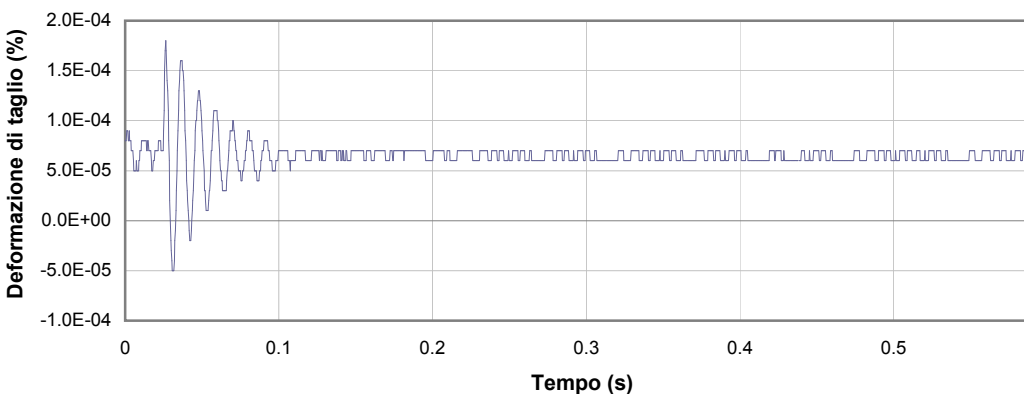
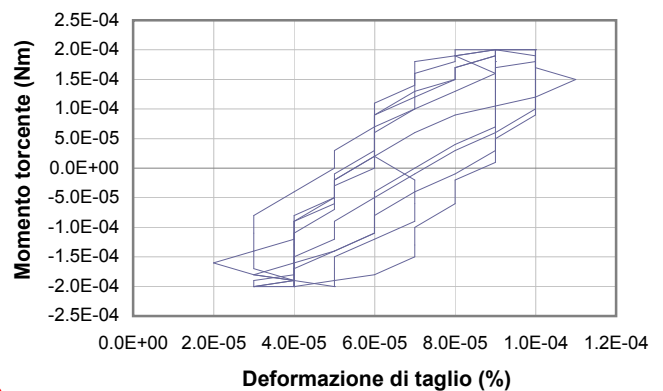
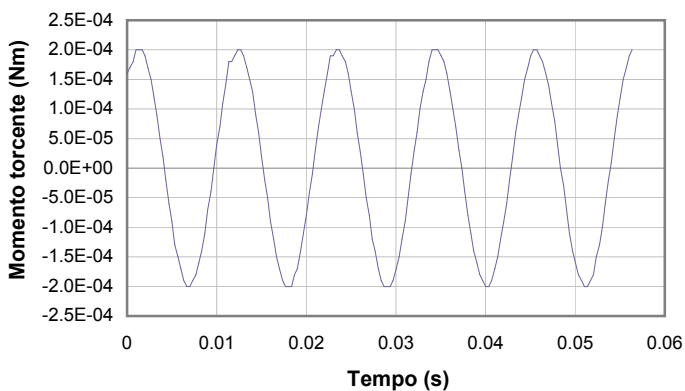
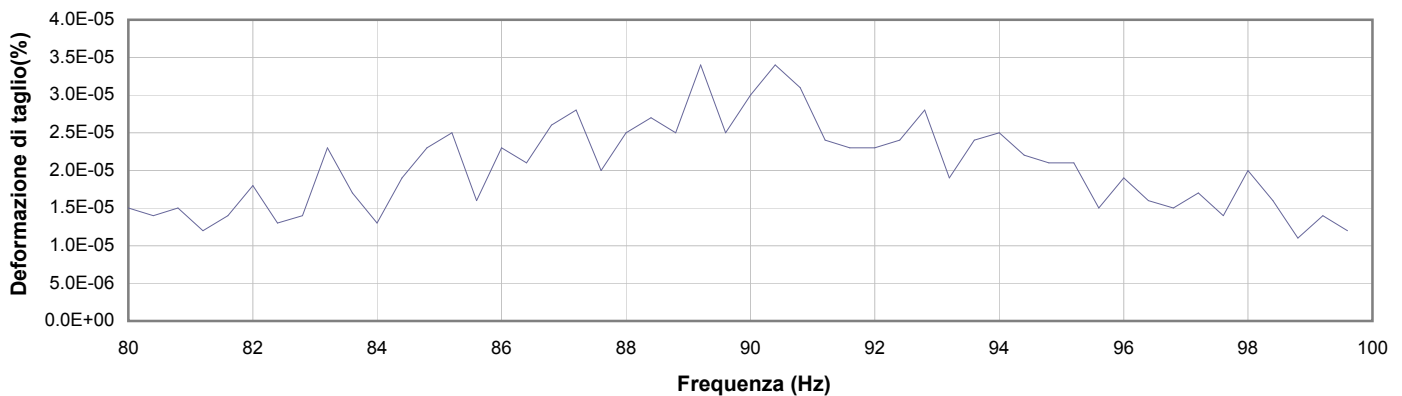
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 1



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

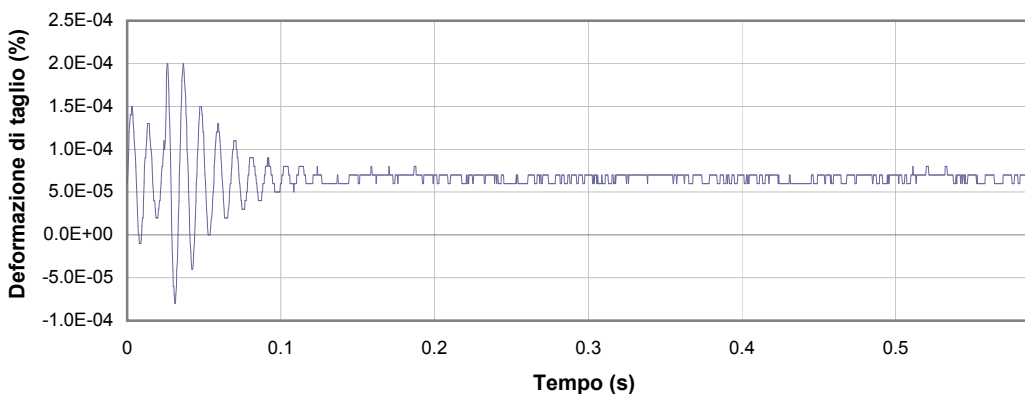
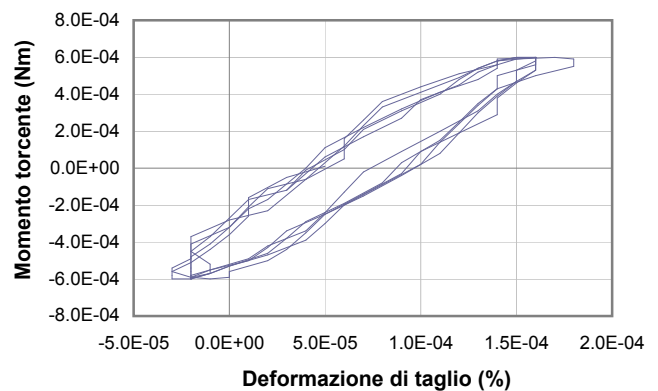
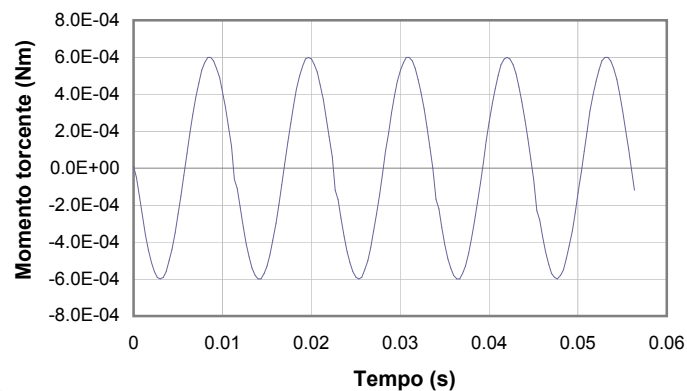
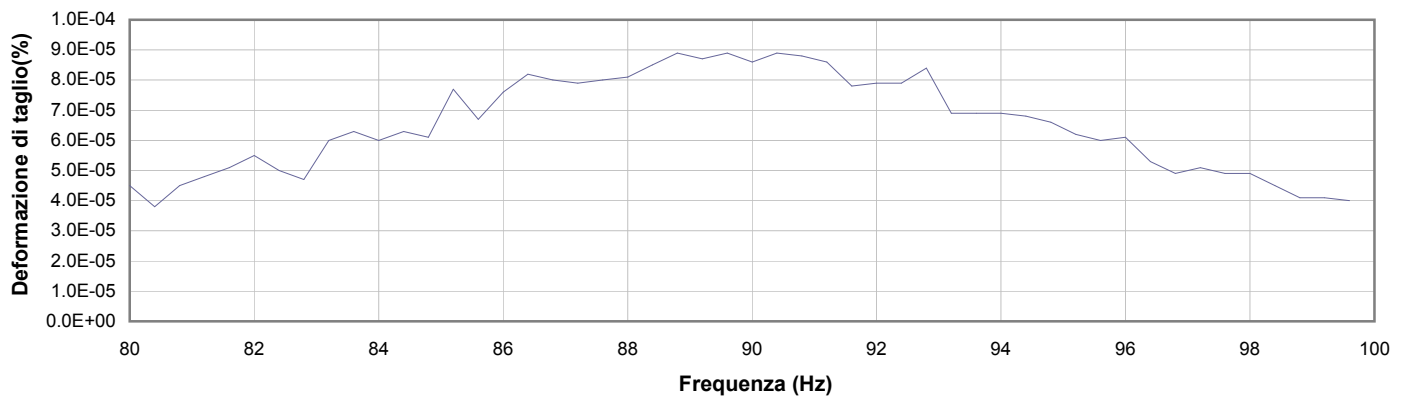
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 2



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

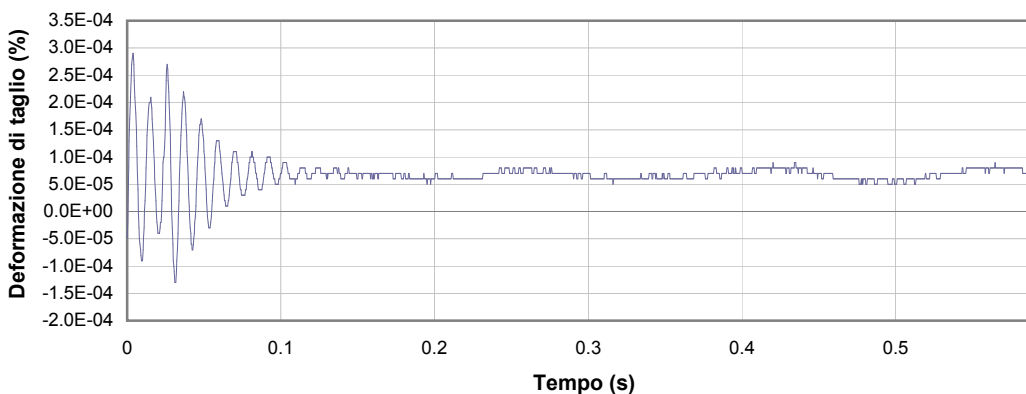
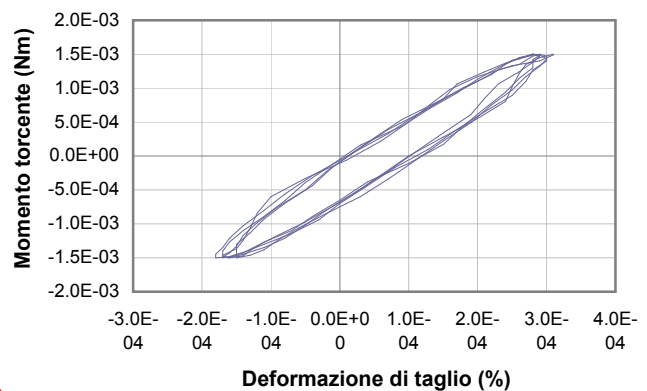
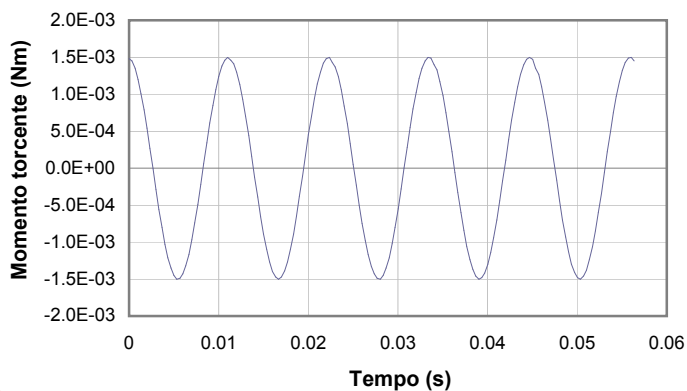
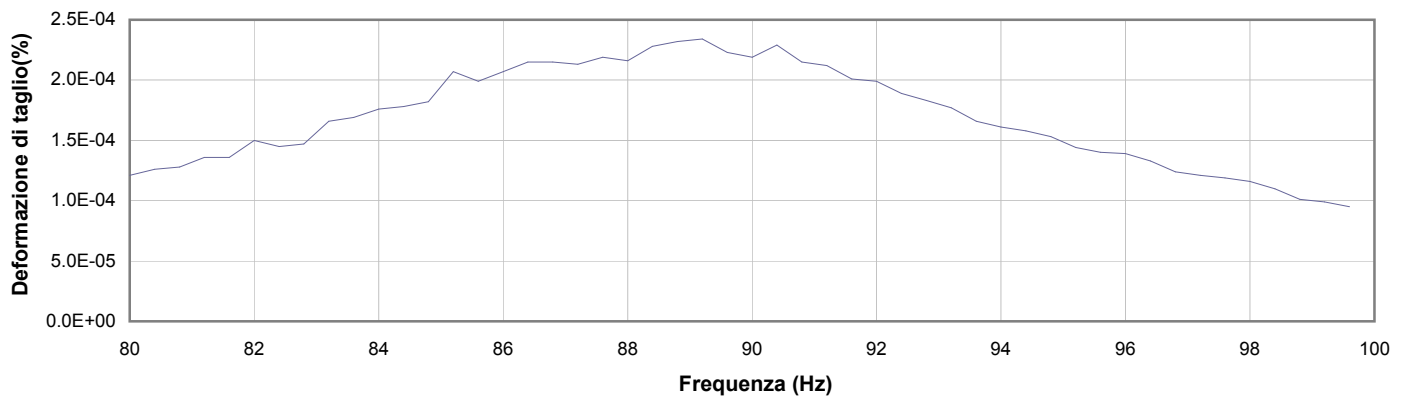
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 3



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

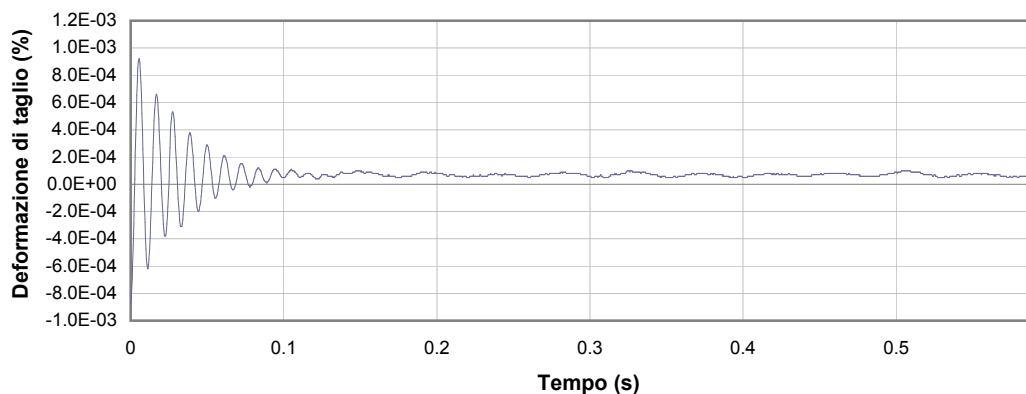
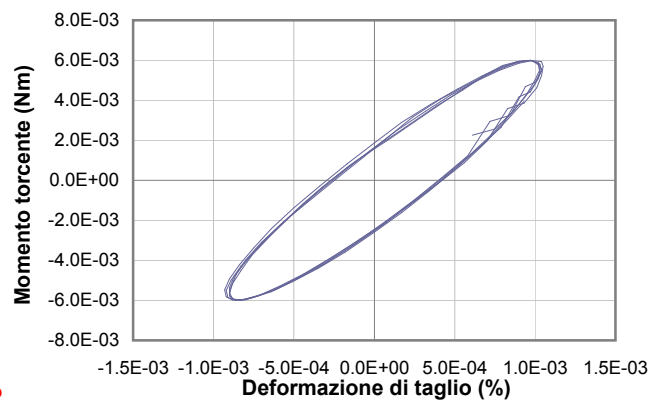
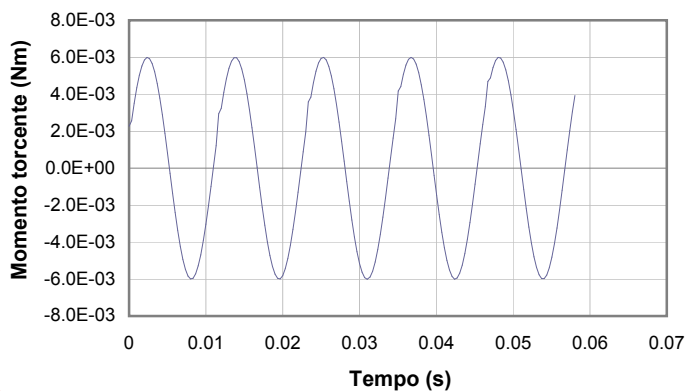
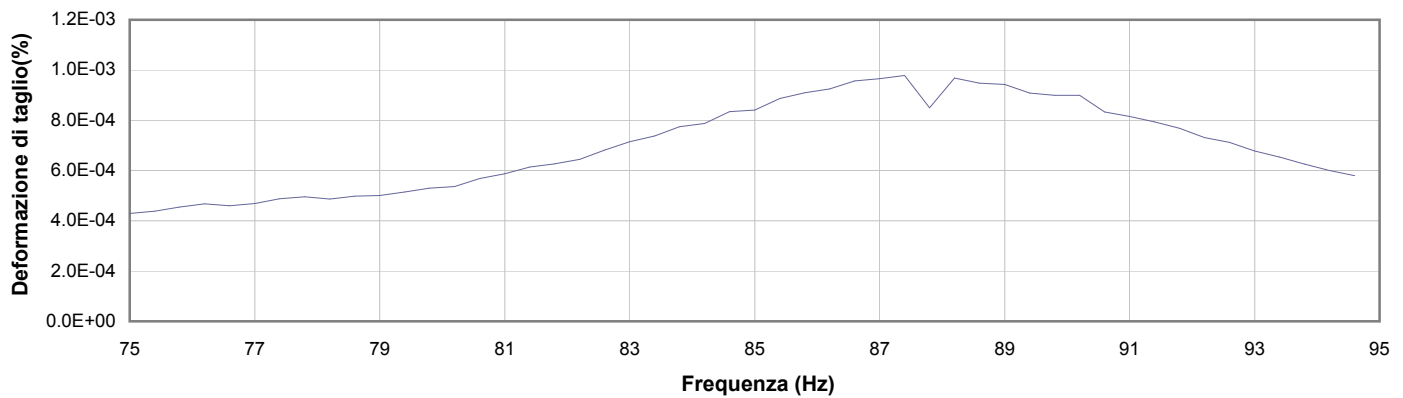
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 4



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

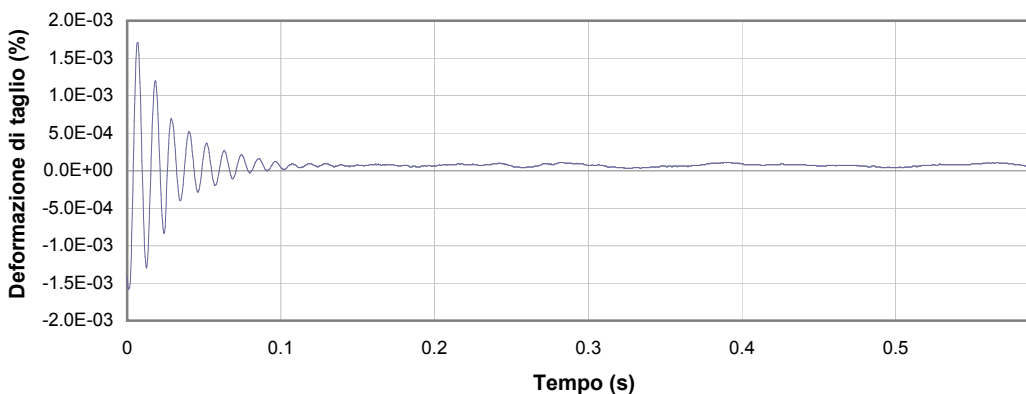
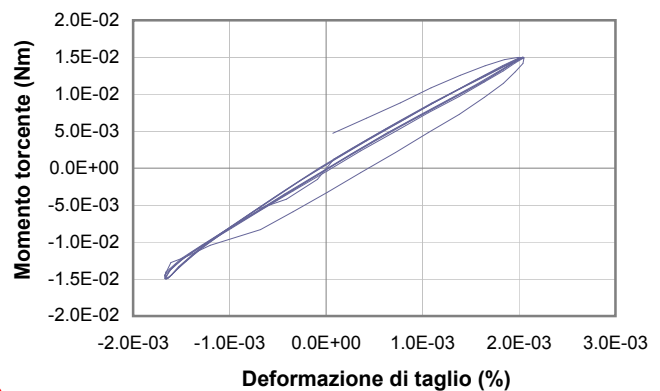
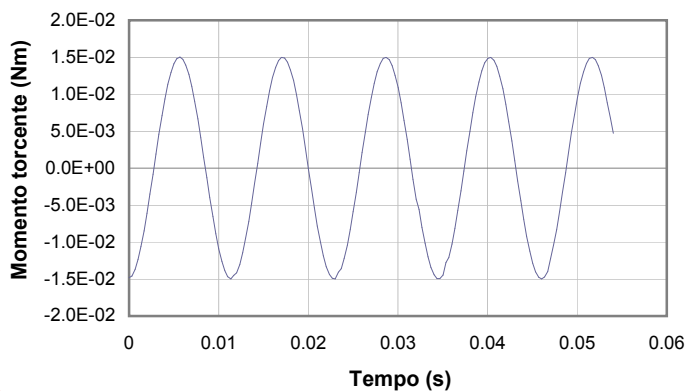
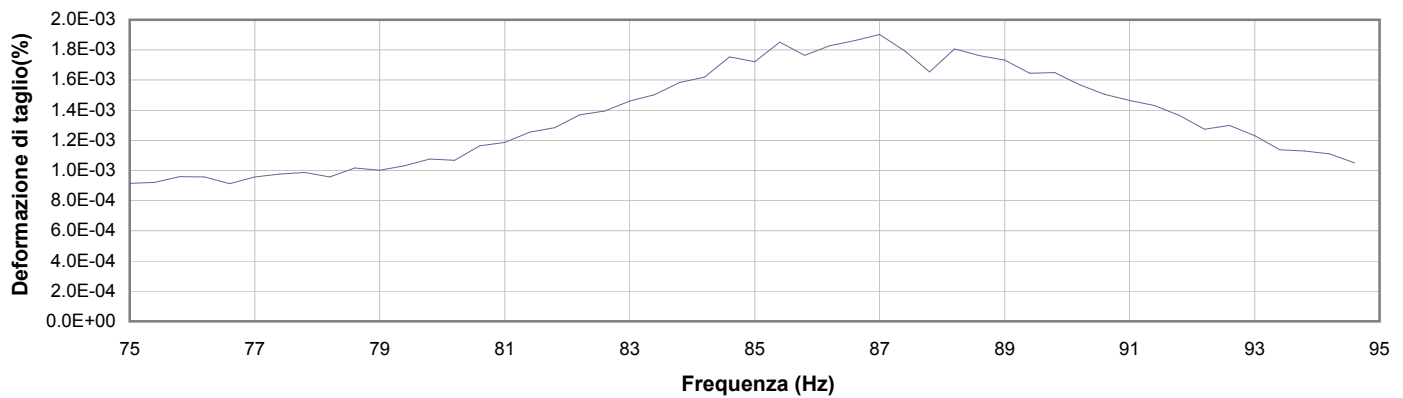
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 5



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

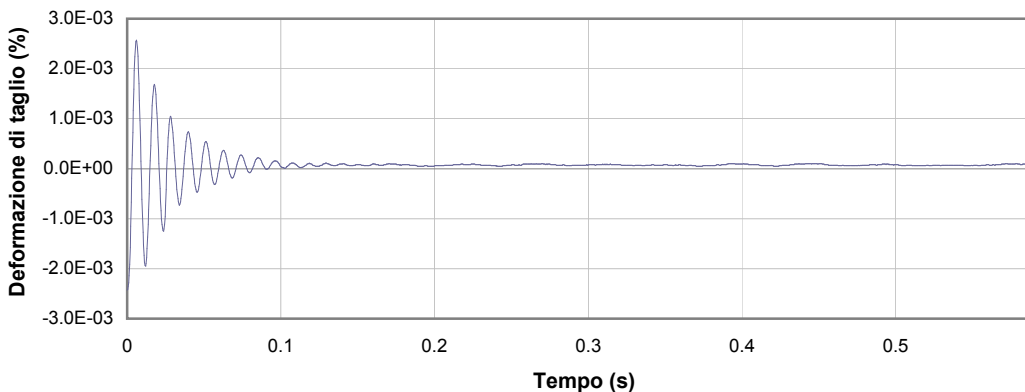
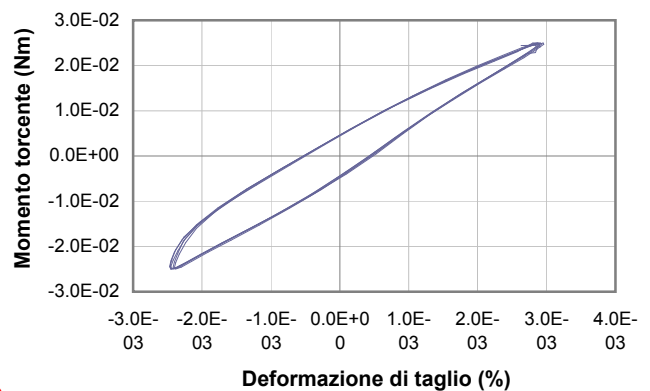
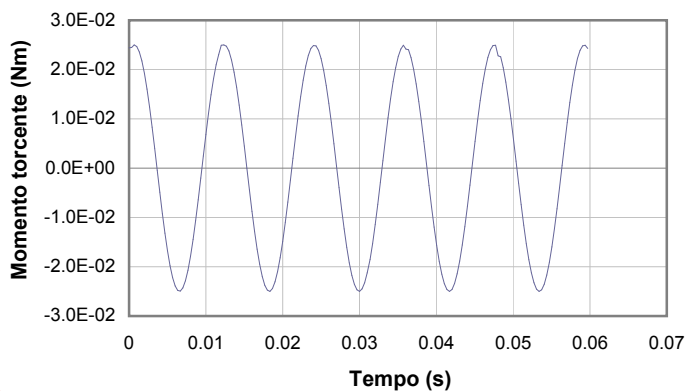
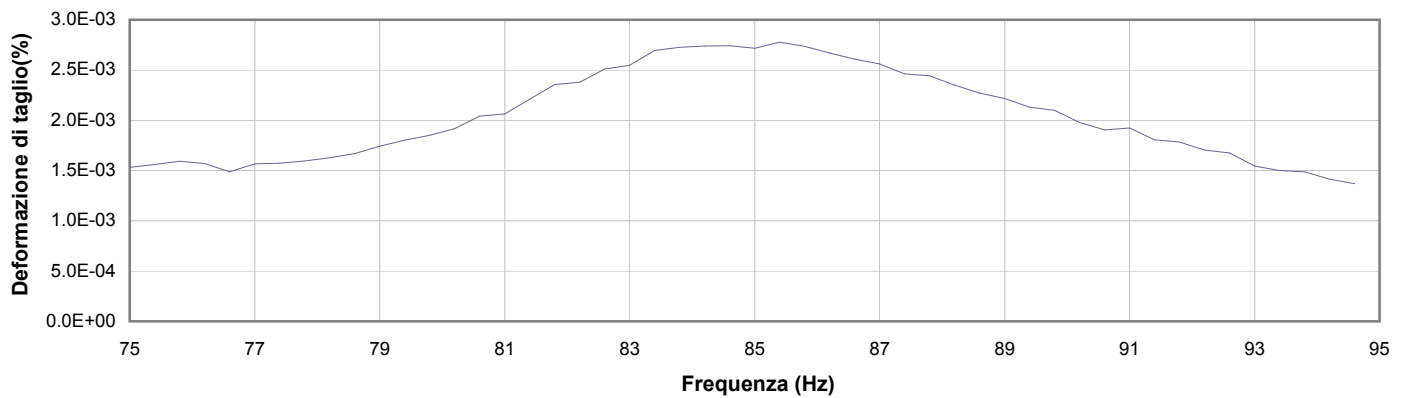
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 6



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

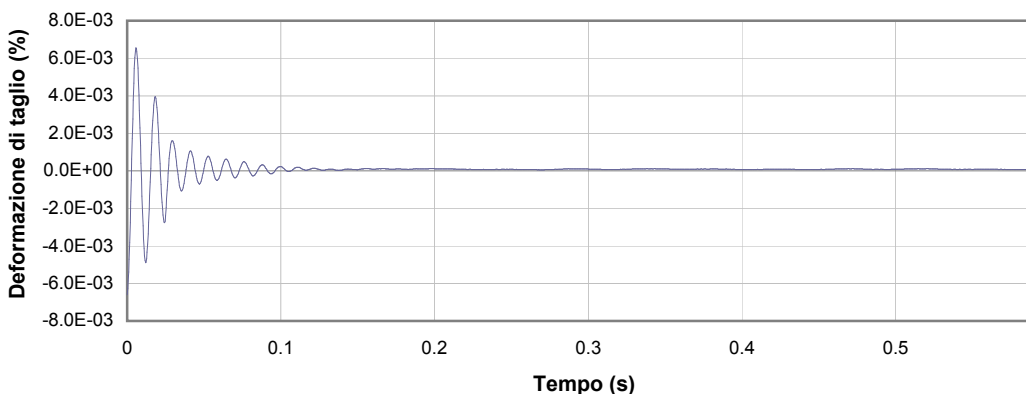
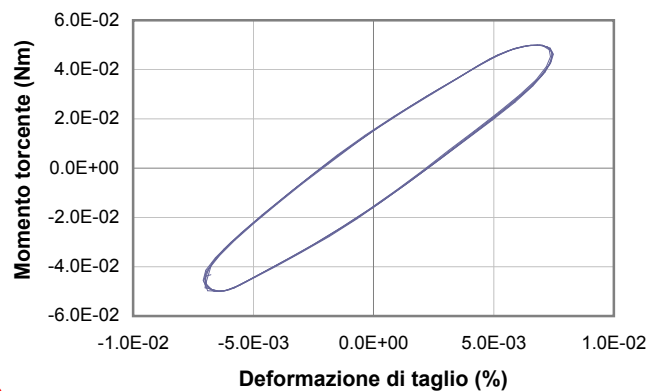
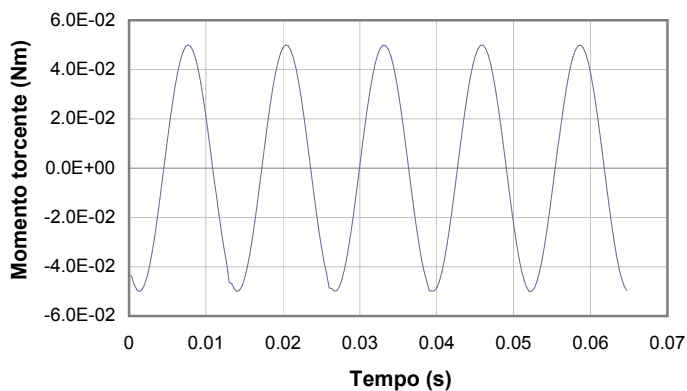
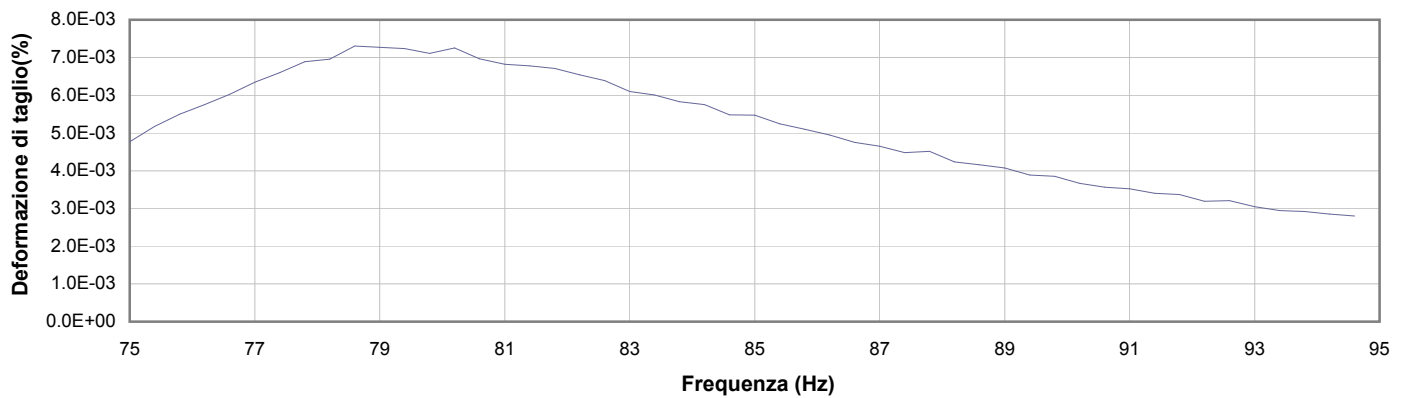
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 7



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

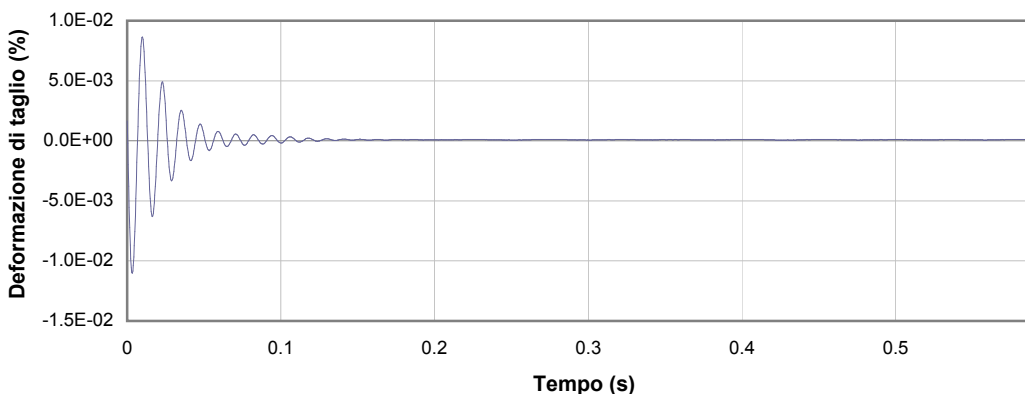
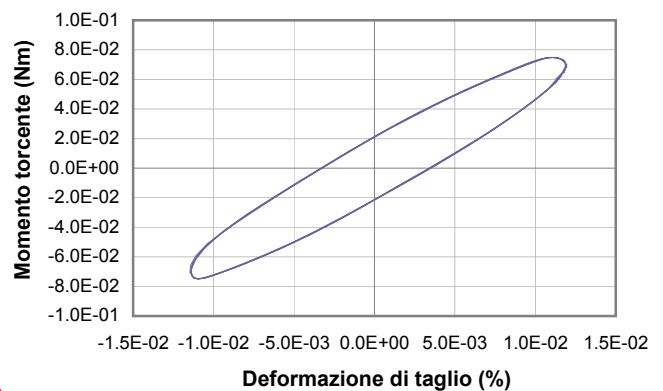
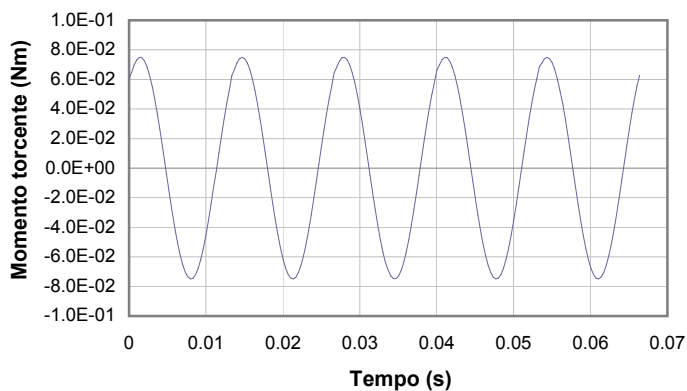
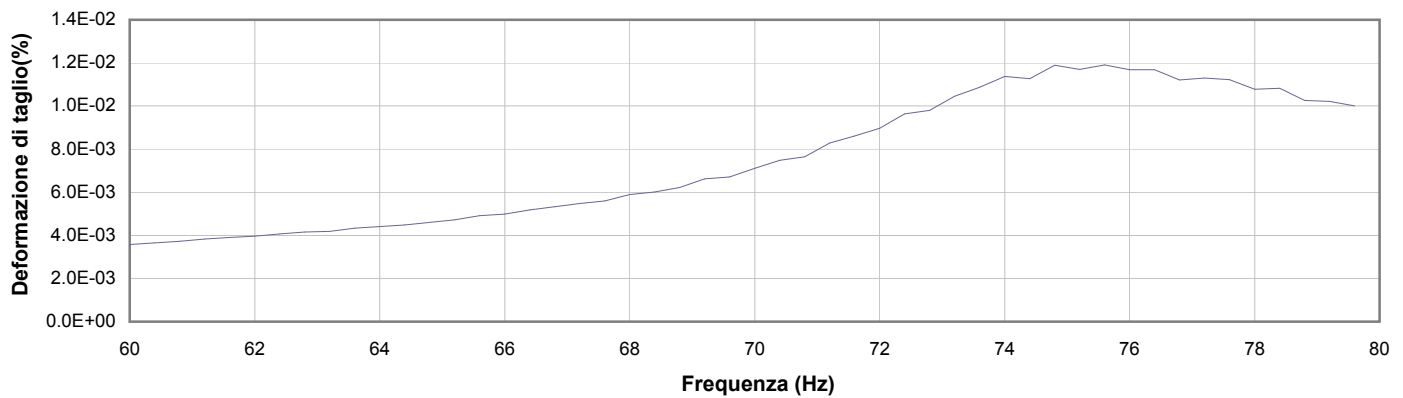
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 8



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

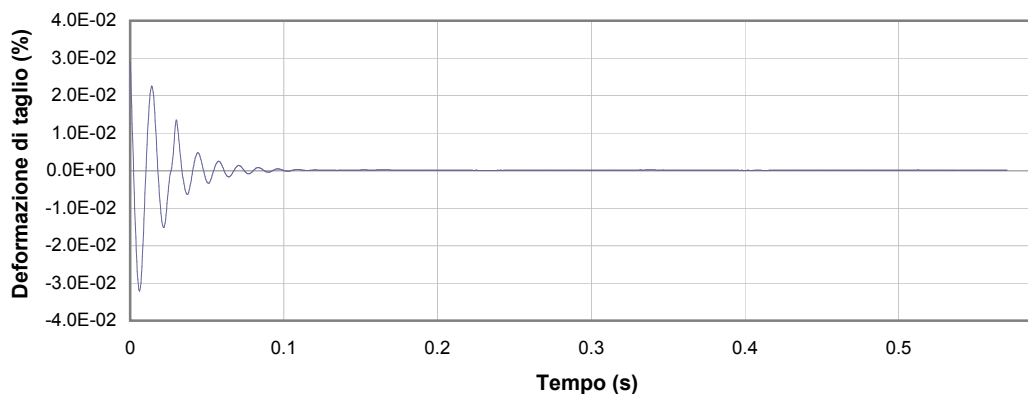
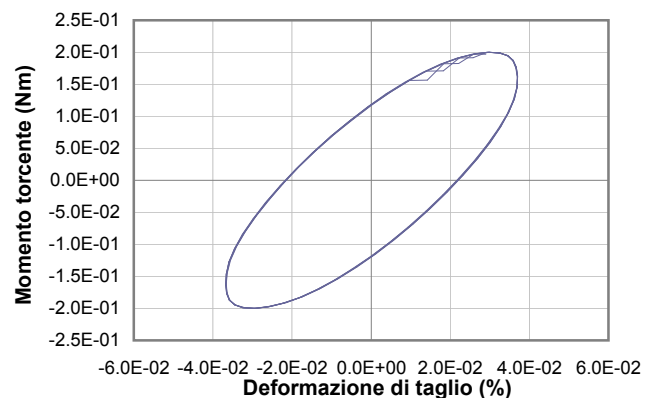
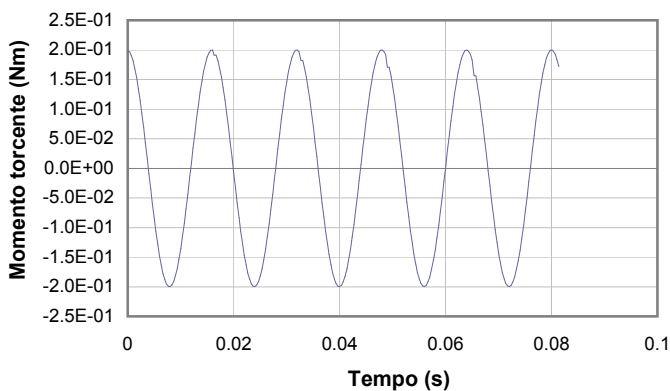
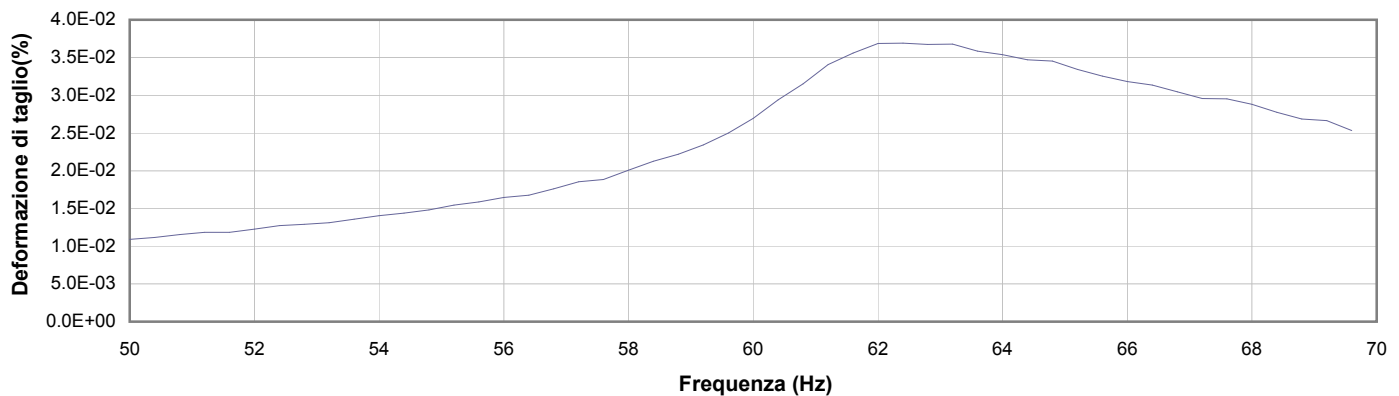
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 9



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

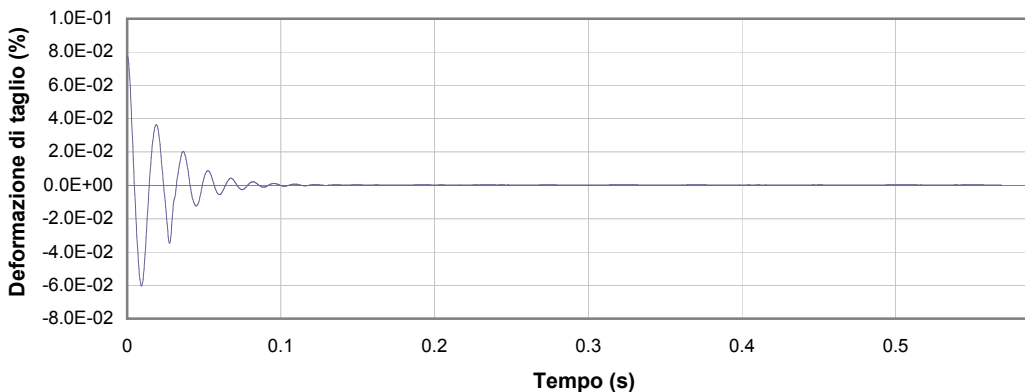
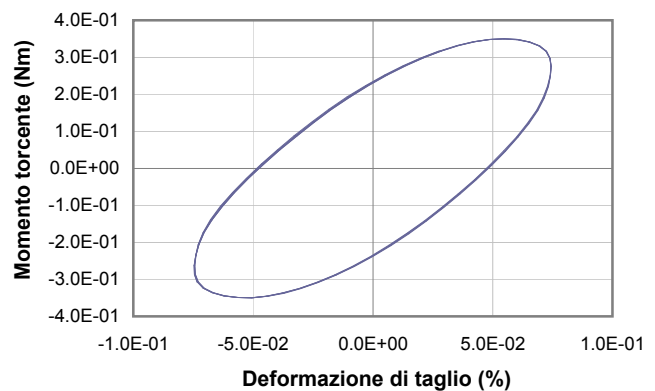
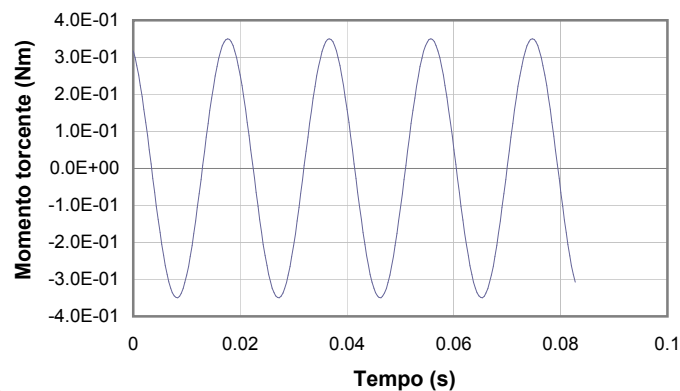
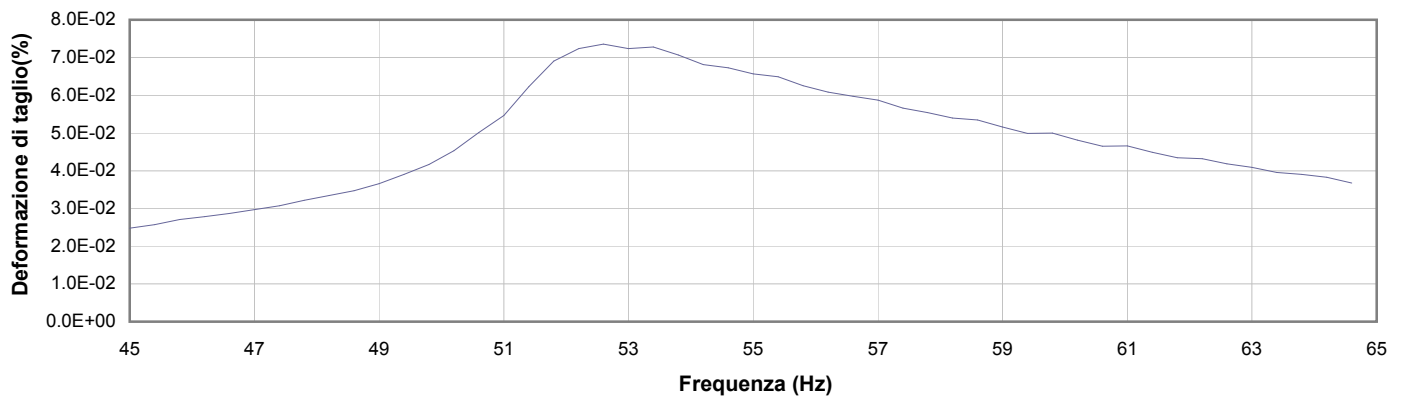
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 10



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

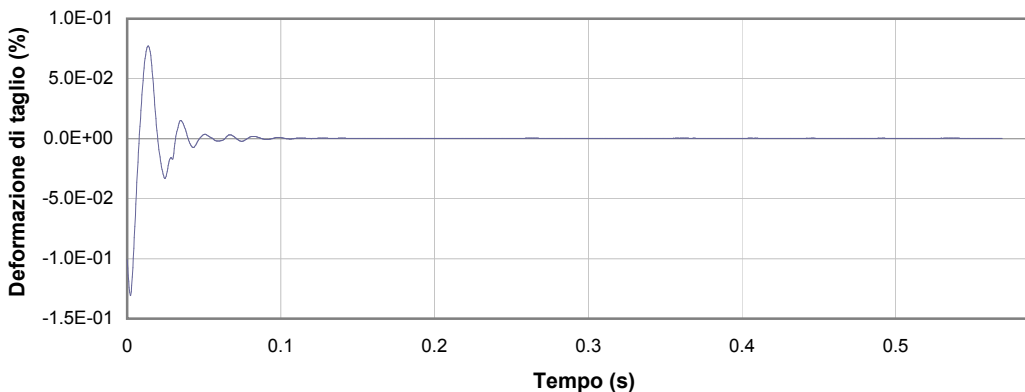
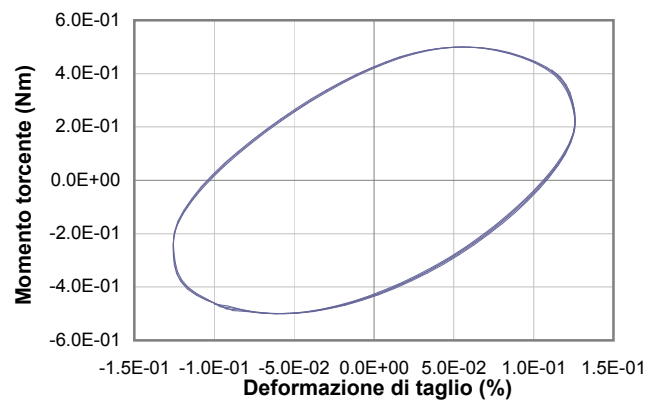
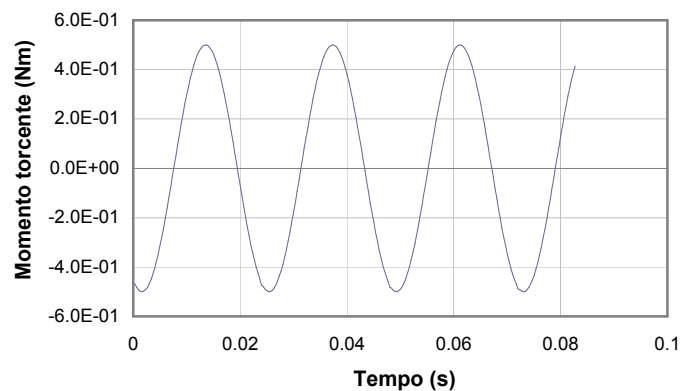
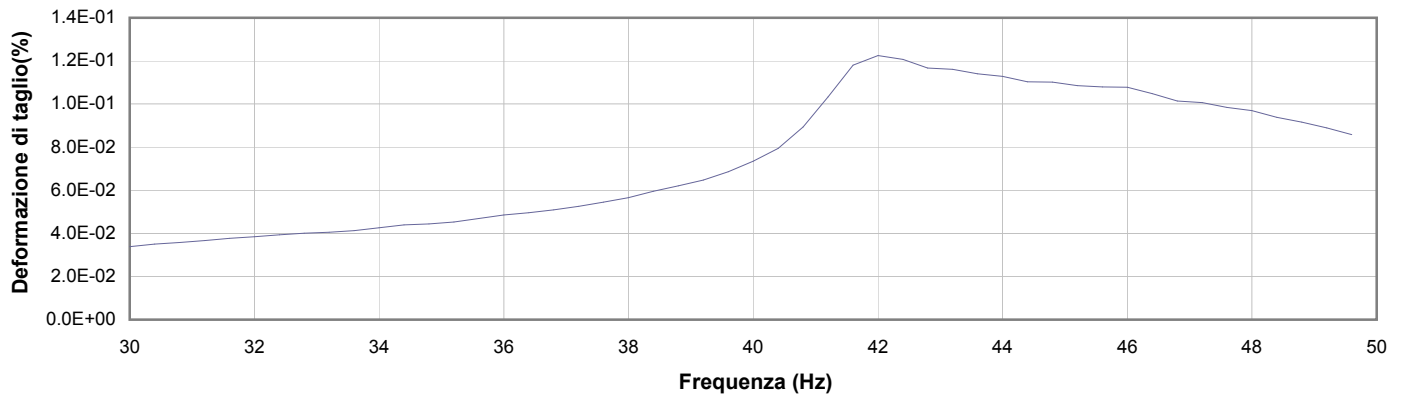
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 11



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

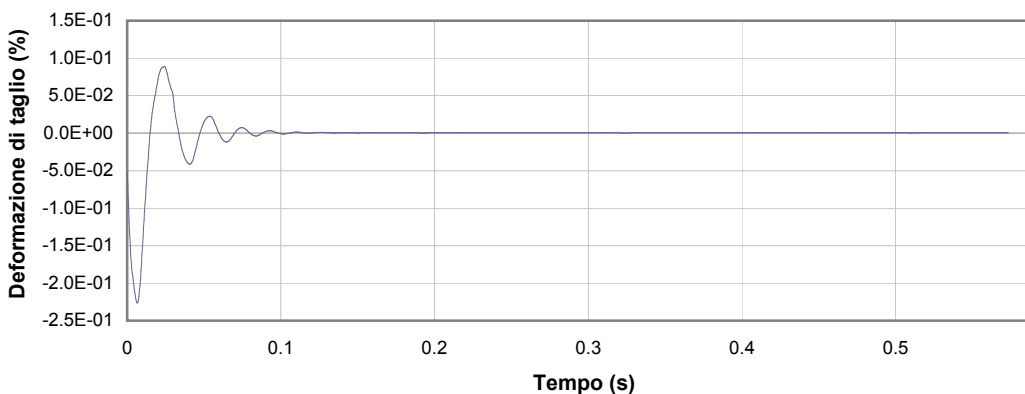
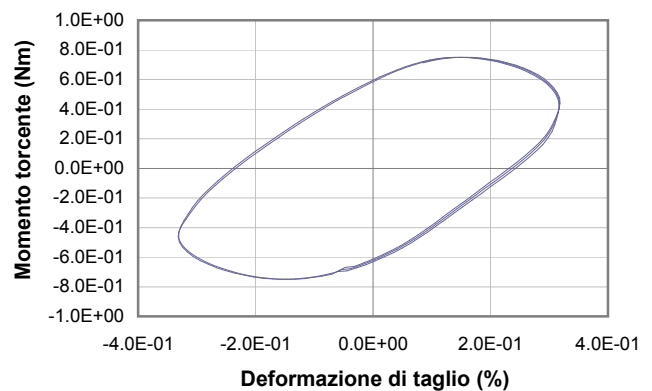
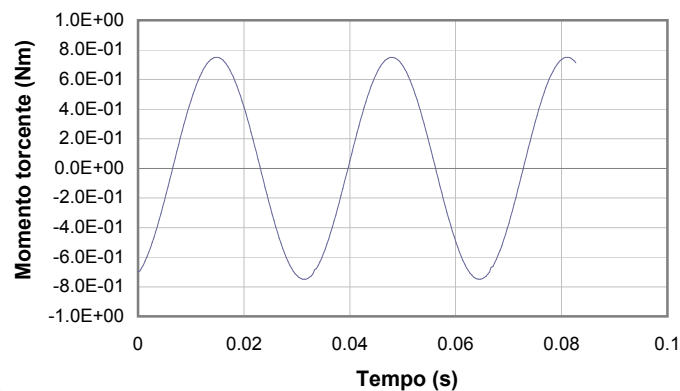
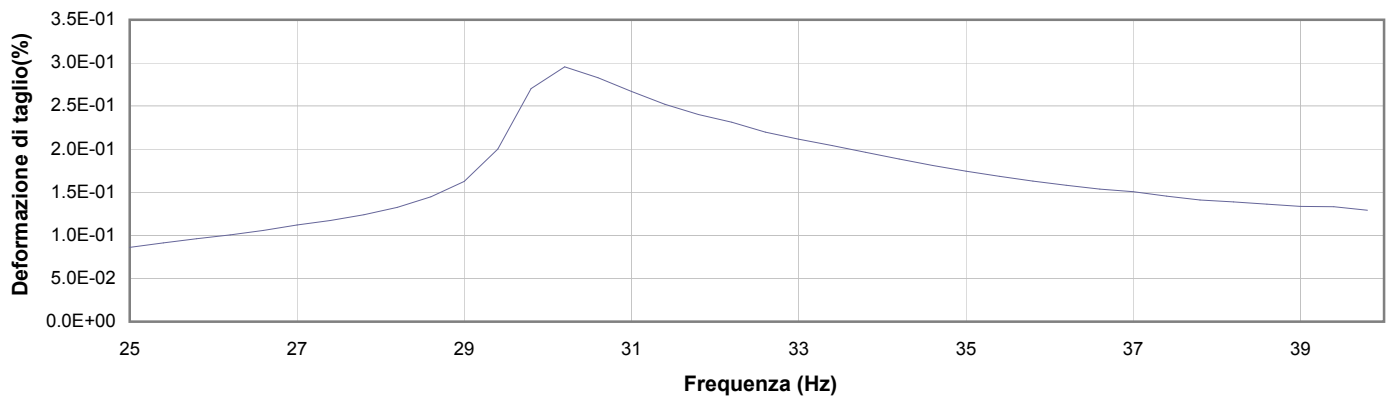
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 12



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

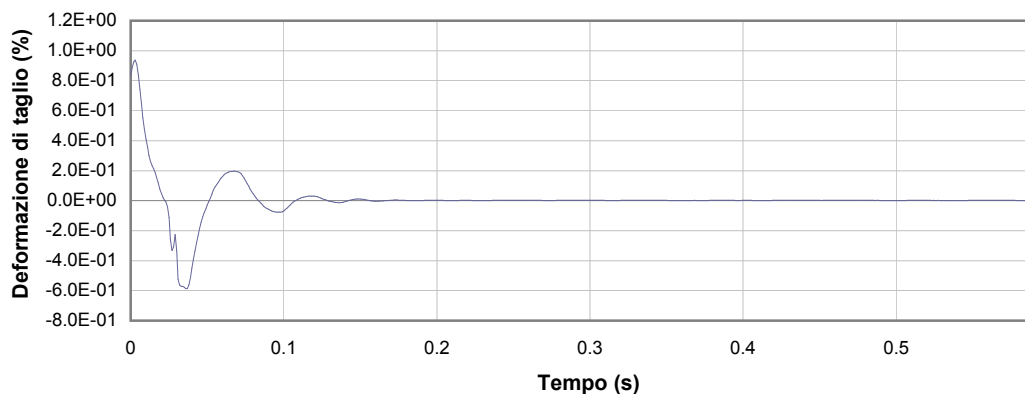
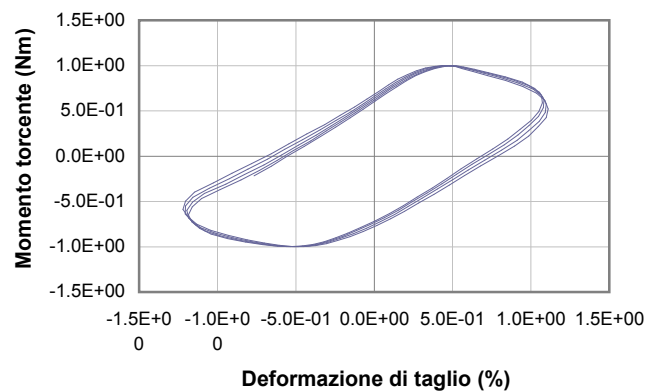
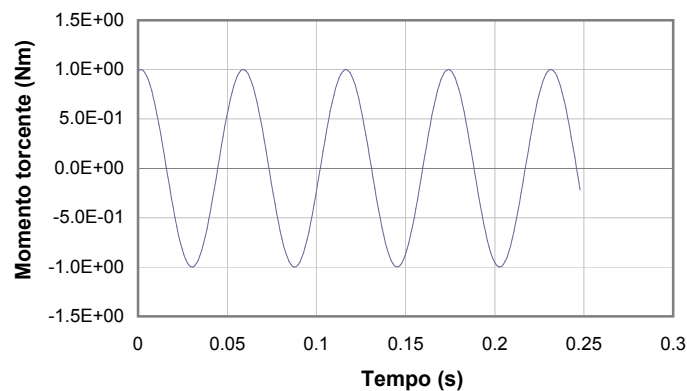
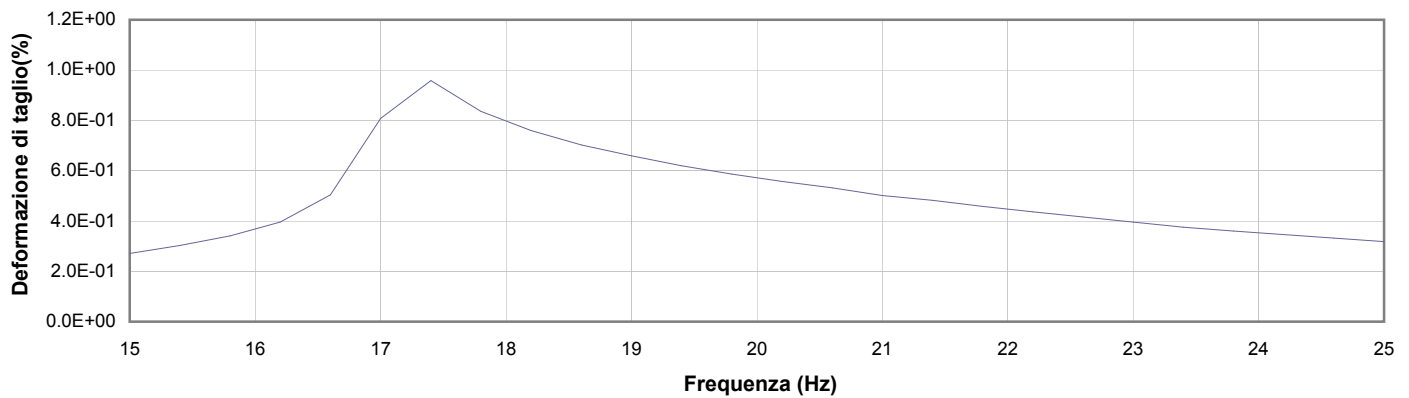
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 13



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 1

**Profondità (m):** 0.50 - 0.90

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

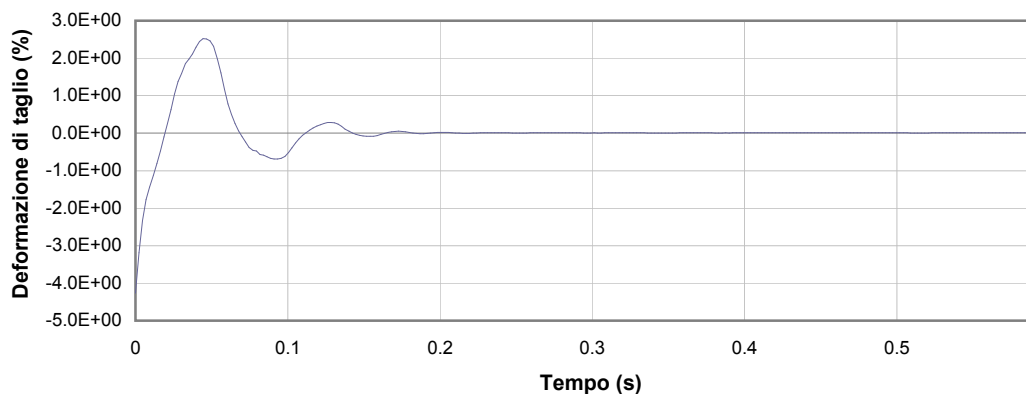
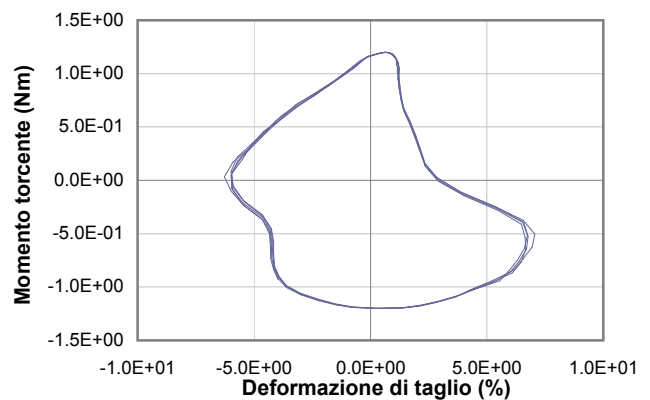
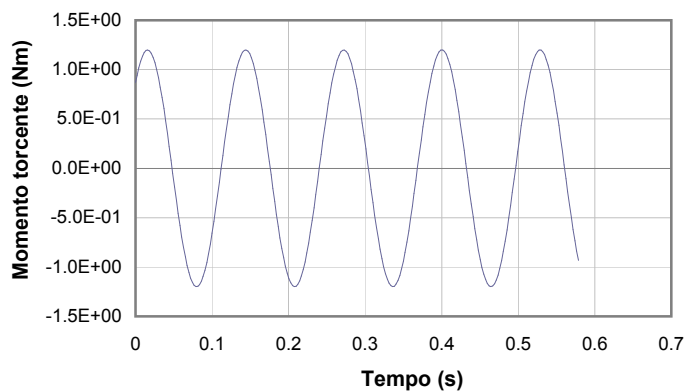
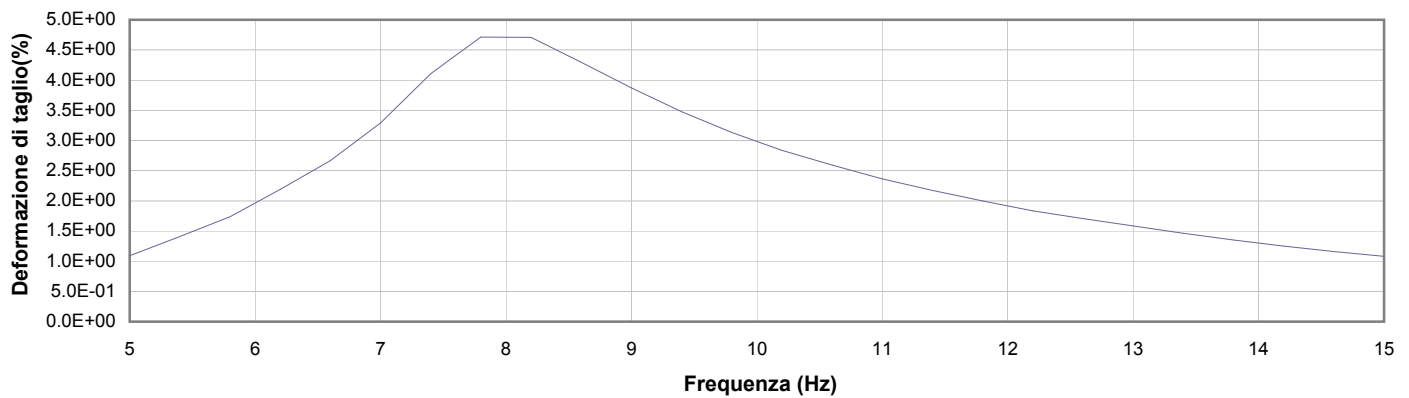
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 14



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**





**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**

CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**

CAMPIONE: **S1Ost2 m 5.00 - 5.60**


COMMESSA: **16636/17**

VERBALE ACC.: **256/17**

DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 5.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 57 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	10	4	DESCRIZIONE: Limo argilloso debolmente sabbioso grigio con torba sostanza organica e resti conghigliari
			W naturale (%) 53.5
			$\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> ) 1.68
			$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.09
			$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.69
			porosità (%) 60
			indice dei vuoti 1.47
			grado di saturazione (%) 98
			massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) (stimato) 2.700
			PROVE ESEGUITE
5.60 basso	10	4	Umidità Naturale - Trassiale UU -
			Limiti Atterberg SI Trassiale CIU -
			Gran. Setacciatura SI Edometria -
			Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto -
			Peso di Volume - Espansione L.L. -
			Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. -
			Analisi Chimica - Colonna Risonante SI
			Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**

CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**

CAMPIONE: **S1Ost2 m 5.00 - 5.60**

COMMESSA: 16636/17 DURATA PROVE: 05 - 16/06/17

VERBALE ACC.: 256/17 DATA CONSEGNA: 23/05/17

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

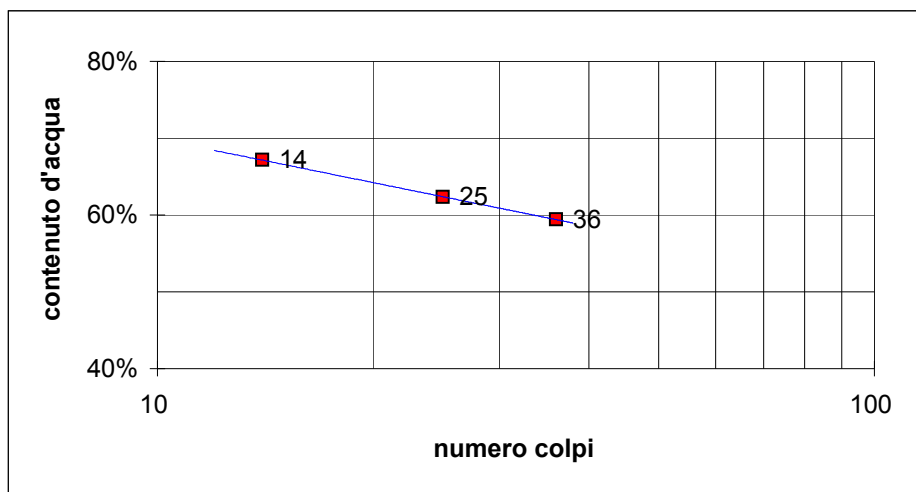
### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo argilloso debolmente sabbioso grigio con torba sostanza organica e resti conghigliari**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	36	25	14			
massa umida+ tara (g)	21.93	19.49	20.27	12.88	12.47	581.32
massa secca+ tara (g)	14.58	12.85	13.03	10.15	9.86	487.40
acqua contenuta (g)	7.35	6.64	7.24	2.73	2.61	93.92
tara (g)	2.21	2.20	2.25	2.20	2.19	311.85
peso secco (g)	12.37	10.65	10.78	7.95	7.67	175.55
contenuto d'acqua	59.4%	62.3%	67.2%	34.3%	34.0%	53.5%

**Umidità Naturale**      **Wn = 54%**  
**Limite Liquido**      **LL = 62%**  
**Limite Plastico**      **LP = 34%**  
**Indice Plastico**      **IP = 28%**



Io Sperimentatore:  
 dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
 dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

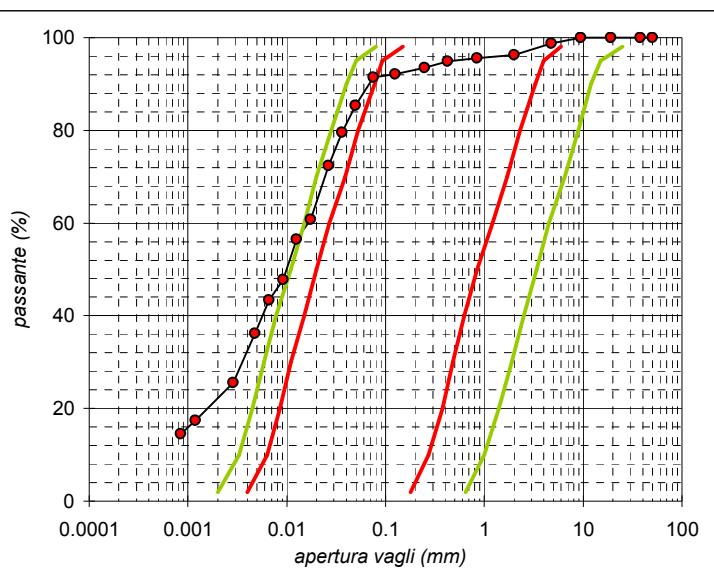
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S10st2 m 5.00 - 5.60		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Limo argilloso debolmente sabbioso grigio con torba sostanza organica e resti conchigliari**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	2.22	1.26	1.26	98.74
setaccio	2.0	4.23	2.41	3.67	96.33
setaccio	0.850	1.31	0.75	4.42	95.58
setaccio	0.425	1.10	0.63	5.05	94.95
setaccio	0.250	2.54	1.45	6.49	93.51
setaccio	0.125	2.32	1.32	7.82	92.18
setaccio	0.075	1.39	0.79	8.61	91.39
calcolato	0.0497	10.63	6.05	14.66	85.34
calcolato	0.0361	10.15	5.78	20.44	79.56
calcolato	0.0264	12.69	7.23	27.67	72.33
calcolato	0.0175	20.30	11.56	39.23	60.77
calcolato	0.0126	7.61	4.34	43.57	56.43
calcolato	0.0092	15.22	8.67	52.24	47.76
calcolato	0.0066	7.61	4.34	56.58	43.42
calcolato	0.0048	12.69	7.23	63.81	36.19
calcolato	0.0029	18.66	10.63	74.43	25.57
calcolato	0.0012	14.33	8.16	82.60	17.40
calcolato	0.0008	5.07	2.89	85.49	14.51
fondo		25.48	14.51	100.00	0.00
TOTALE		175.55			
				$\phi$ max (mm) =	
				5.70	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		50.02
t° C	Tempo (s)	Lettura
28.5	30	31.5
28.5	60	29.5
28.5	120	27
28.5	300	23
28.5	600	21.5
28.5	1200	18.5
28.5	2400	17
28.5	4800	14.5
27.5	14400	11
28.5	86400	8
28.5	172800	7
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	1.3%	3.7%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,06 mm
	7.3%	8.2%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	69.2%	65.9%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	22.2%	22.2%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

<b>Committente:</b>	<b>dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara</b>	<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Località:</b>	<b>Comacchio (FE)</b>	<b>Verbale di accettazione N°:</b>	
<b>Cantiere:</b>	<b>Scuola Via Fattibello</b>	<b>Commessa:</b>	<b>16636/17</b>
<b>Sondaggio:</b>	<b>S1</b>	<b>Data ricevimento campione:</b>	
<b>Campione:</b>	<b>Ost 2</b>	<b>Data prova:</b>	<b>07/06/17</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>5,00 - 5,60</b>	<b>Data emissione certificato:</b>	

DATI INIZIALI			DATI DI PROVA			DATI FINALI		
Altezza:	140.00	mm	Tipo di campione: Limo argilloso debolmente sabbioso grigio con torba sostanza organica e resti conghigliari			Altezza:	136.08	mm
Diametro:	70.00	mm				Diametro:	67.95	mm
Raggio eq.:	24.745	mm				Raggio eq.:	24.025	mm
Massa:	903.1	g				Massa:	857.8	g
W:	53.5	%	Fattore Raggio Eq.:	0.707	-	W:	41.1	%
γ:	16.44	kN/m <sup>3</sup>	Coefficiente B:	0.98	%	γ:	17.38	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	10.71	-	Pressione cella:	510	kPa	γ <sub>s</sub> :	12.32	-
e:	1.47	-	Contropressione:	450	kPa	e:	1.19	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V <sub>s</sub> (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G <sub>0</sub>	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ <sup>3</sup>
Test 1*	79.00	0.0001	2.80E-05	105.06	17.68	1.000	2.45	0.000
Test 2	78.60	0.0003	9.50E-05	104.52	17.50	0.990	2.48	0.000
Test 3	78.20	0.0010	3.35E-04	103.99	17.32	0.980	2.51	0.000
Test 4	78.20	0.0020	7.02E-04	103.99	17.32	0.980	2.70	0.000
Test 5	78.20	0.0030	1.09E-03	103.99	17.32	0.980	2.71	0.000
Test 6	77.40	0.0100	3.54E-03	102.93	16.97	0.960	2.84	0.000
Test 7	75.40	0.0250	6.44E-03	100.27	16.10	0.911	3.53	0.000
Test 8	73.40	0.0400	1.15E-02	97.61	15.26	0.863	4.97	0.000
Test 9	66.40	0.1000	2.85E-02	88.30	12.49	0.706	6.72	0.000
Test 10	61.80	0.1700	4.72E-02	82.18	10.82	0.612	7.64	0.014
Test 11	56.80	0.2500	7.00E-02	75.53	9.14	0.517	9.05	0.035
Test 12	52.00	0.3300	9.73E-02	69.15	7.66	0.433	10.89	0.063
Test 13	45.80	0.5000	1.64E-01	60.91	5.94	0.336	13.11	0.112
Test 14	38.60	0.7499	2.94E-01	51.33	4.22	0.239	15.02	0.165
Test 15	32.20	0.9998	5.03E-01	42.82	2.94	0.166	17.07	0.264
Test 16	25.60	1.3000	8.48E-01	34.04	1.86	0.105	19.05	0.388
Test 17	20.25	1.5000	1.39E+00	26.93	1.16	0.066	20.69	0.509
Test 18	14.55	1.6999	2.43E+00	19.35	0.60	0.034	23.75	0.597

\* Test 1 corrispondente al valore G<sub>0</sub>

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

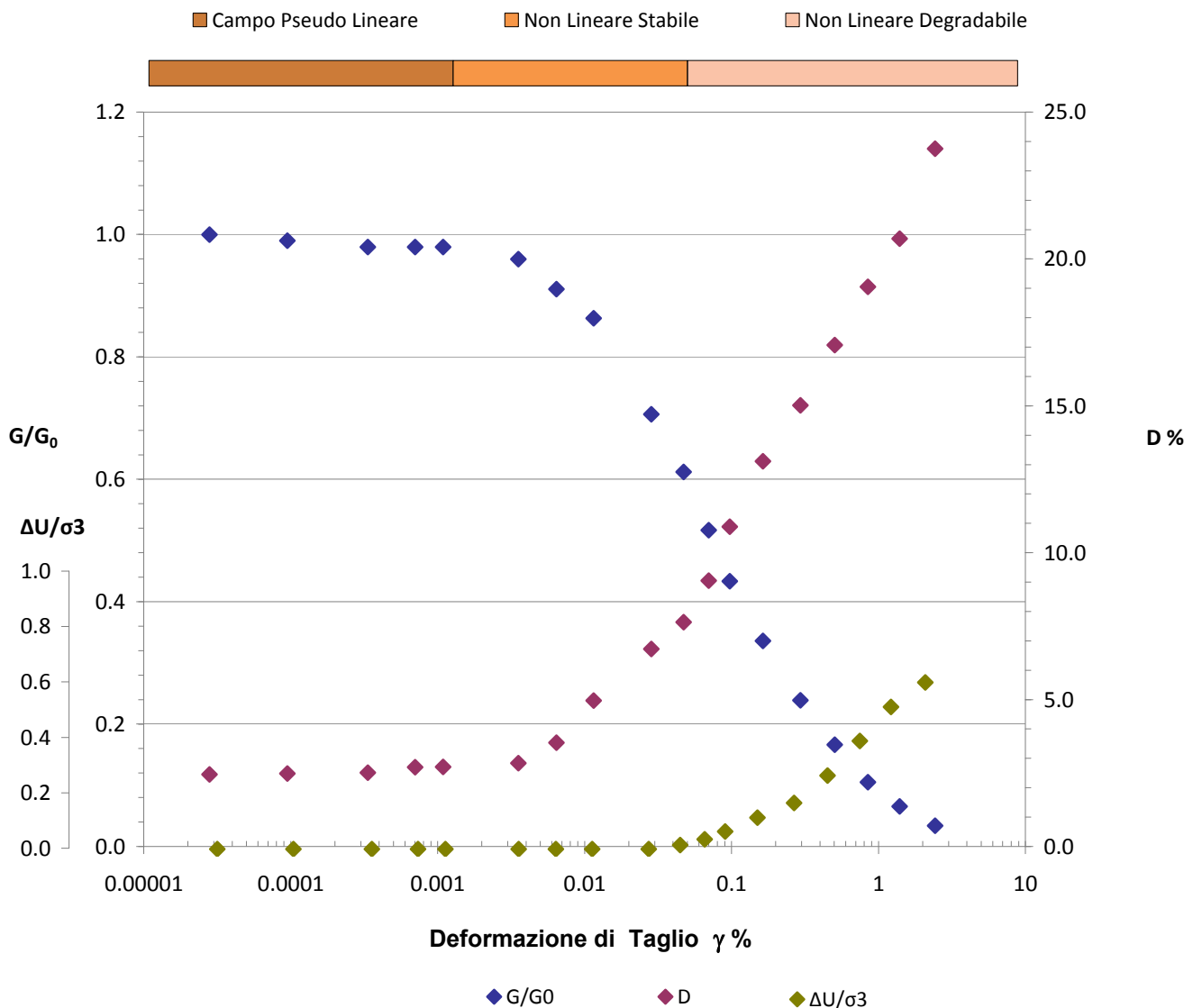
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

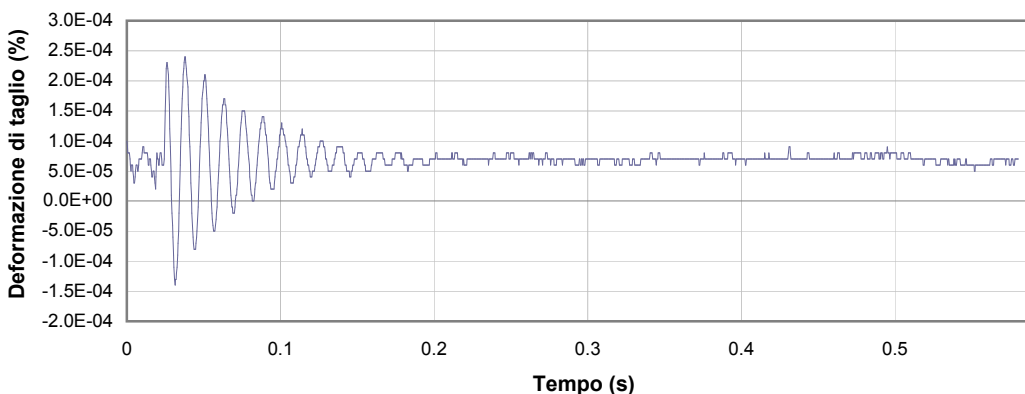
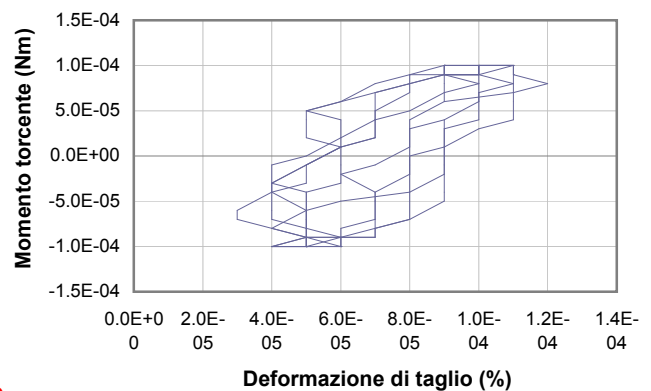
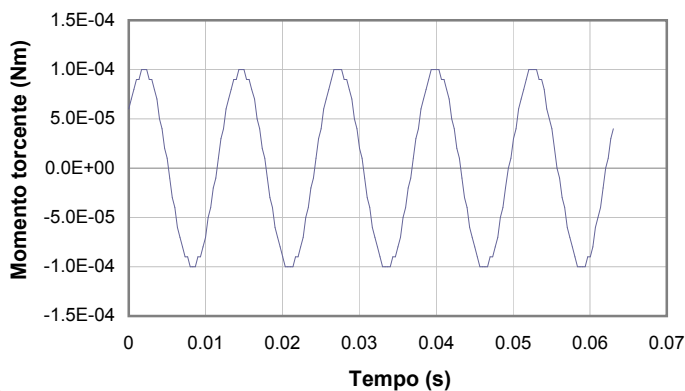
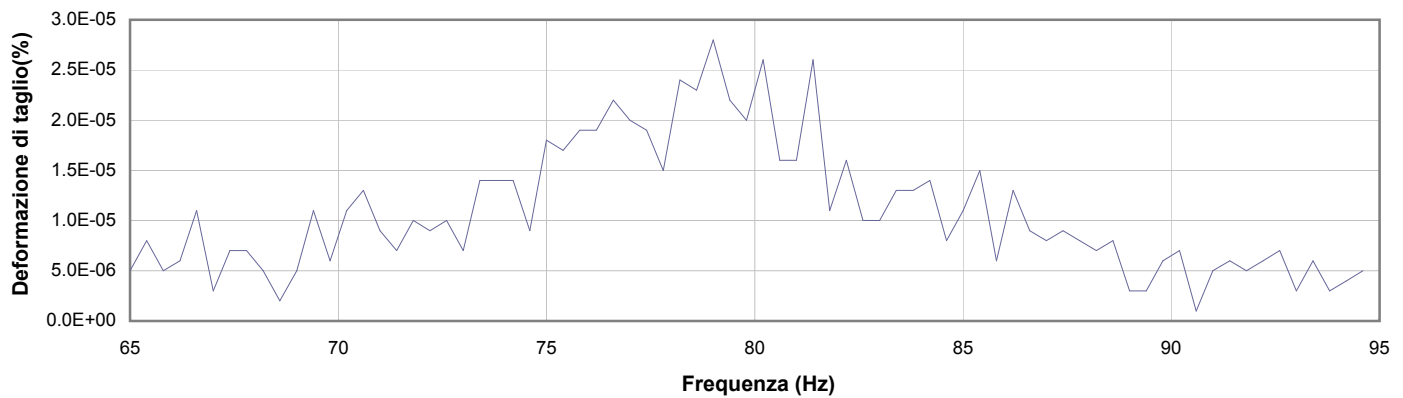
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 1



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

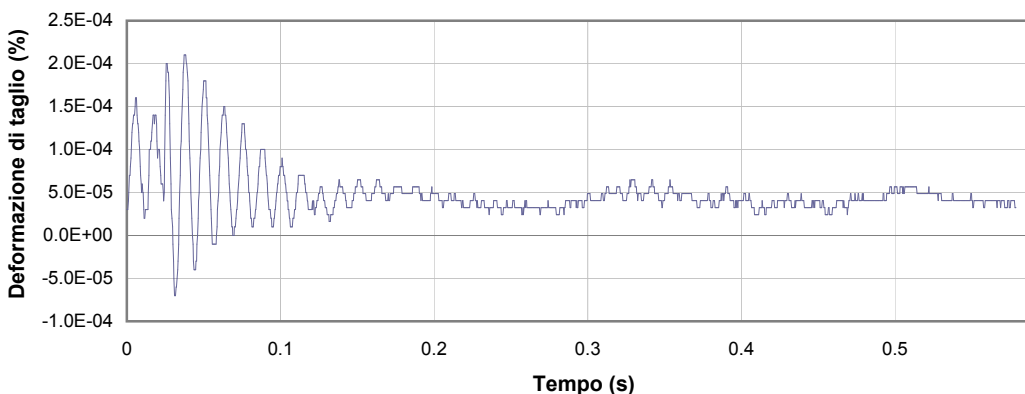
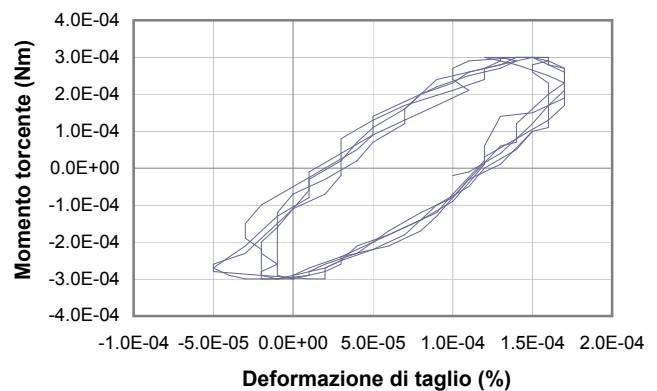
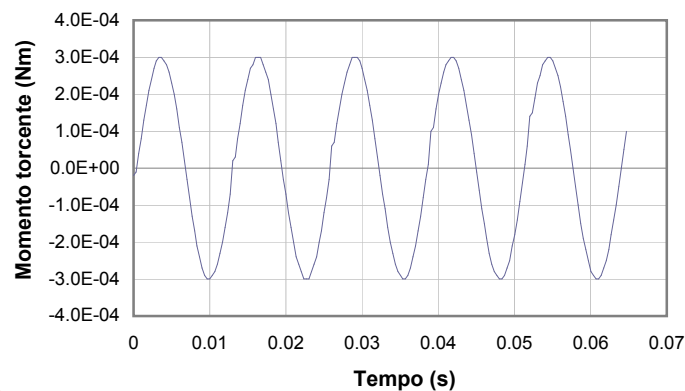
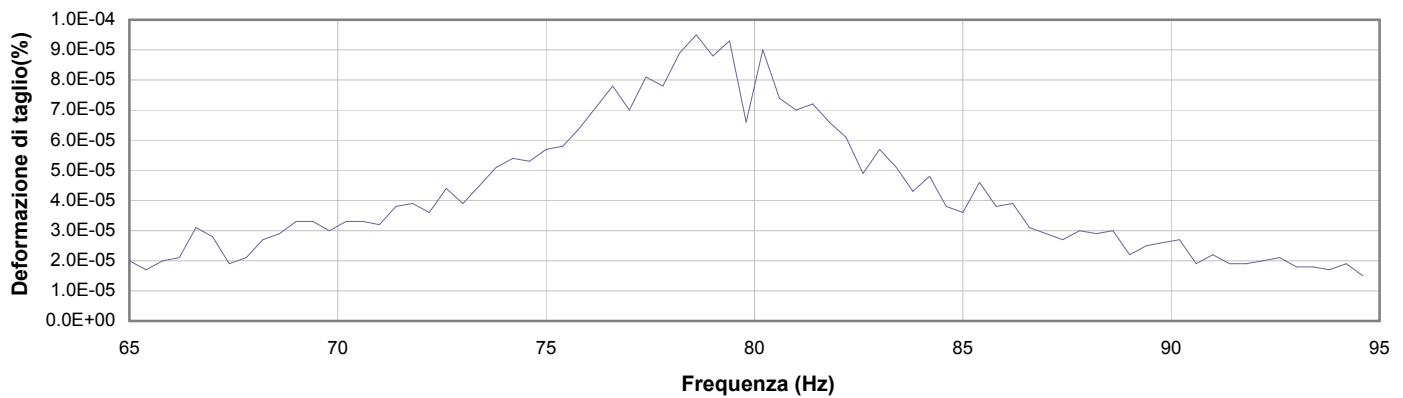
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 2



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

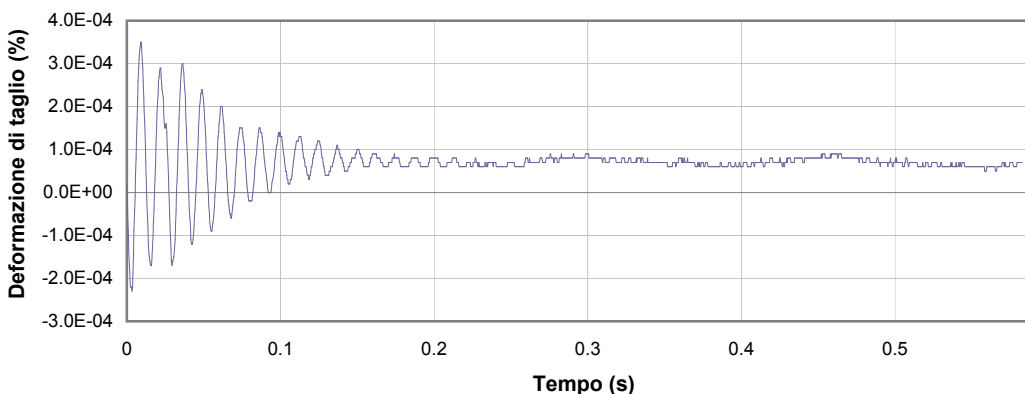
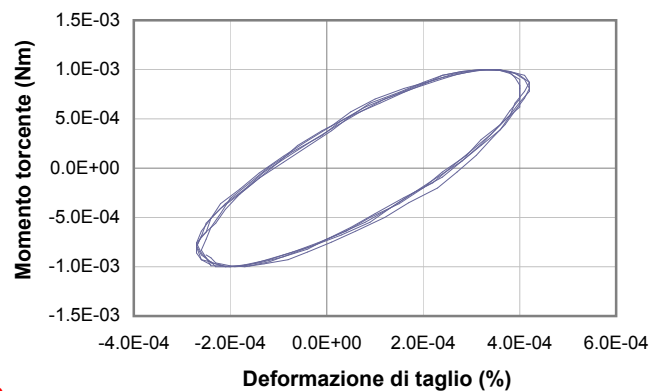
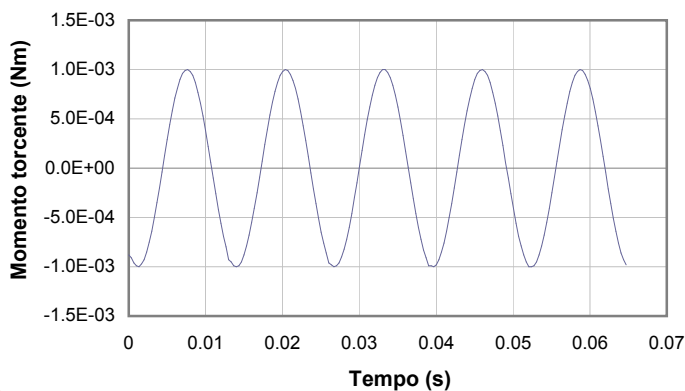
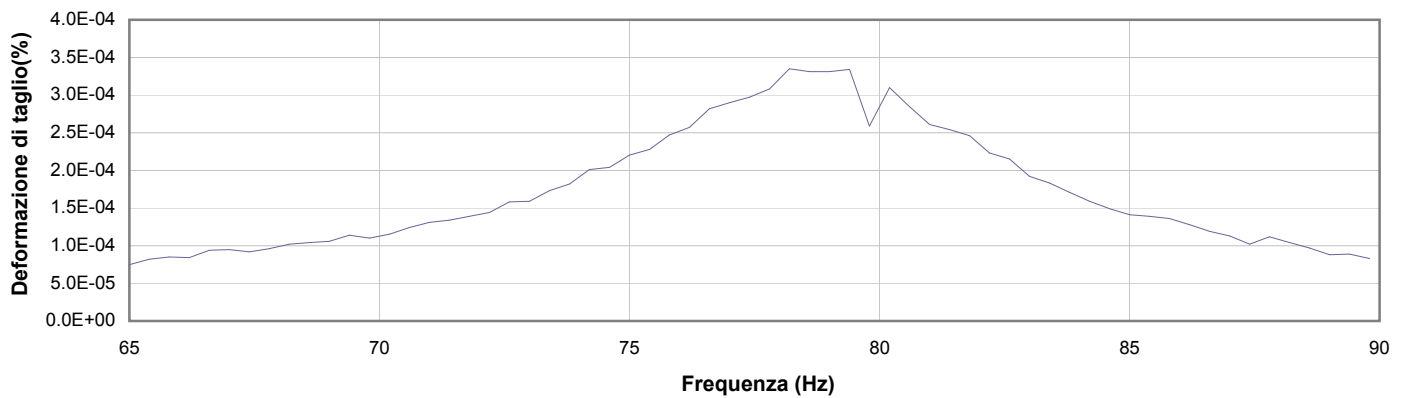
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 3



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

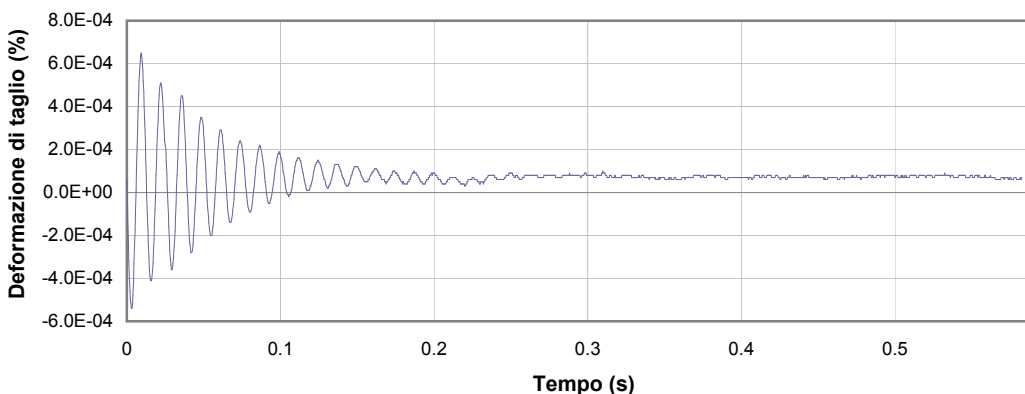
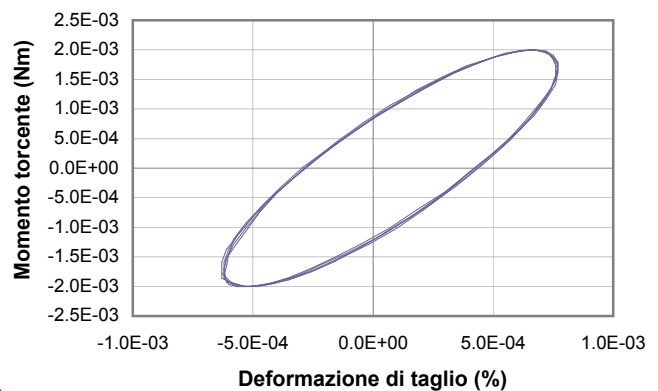
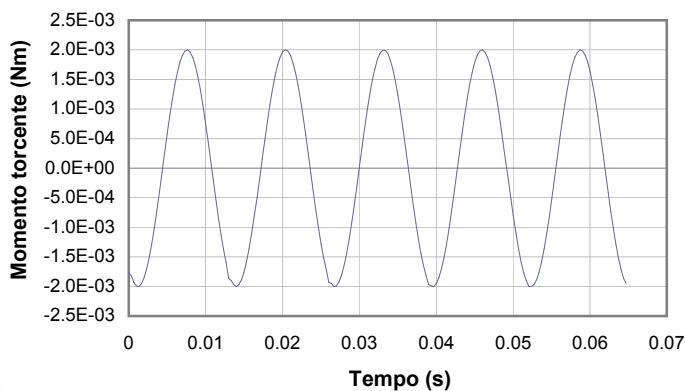
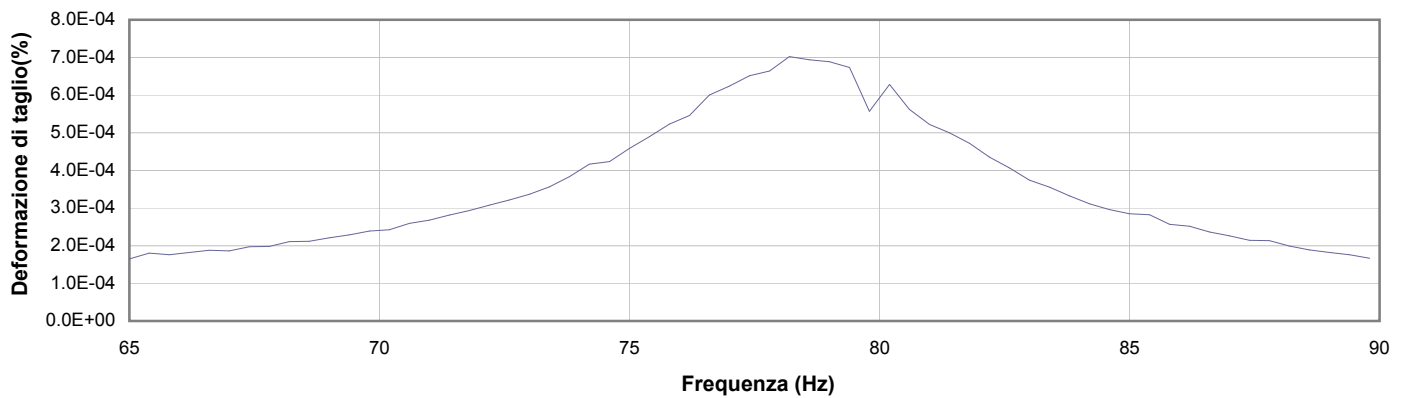
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 4



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

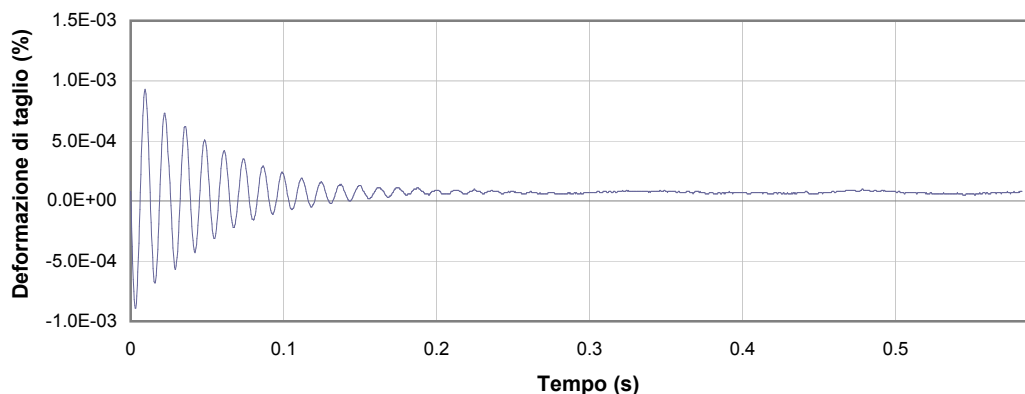
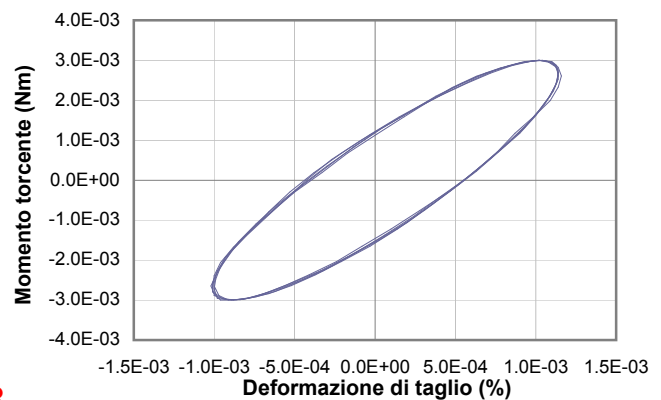
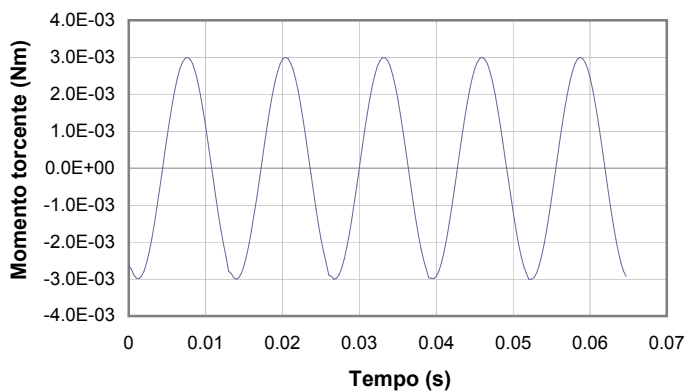
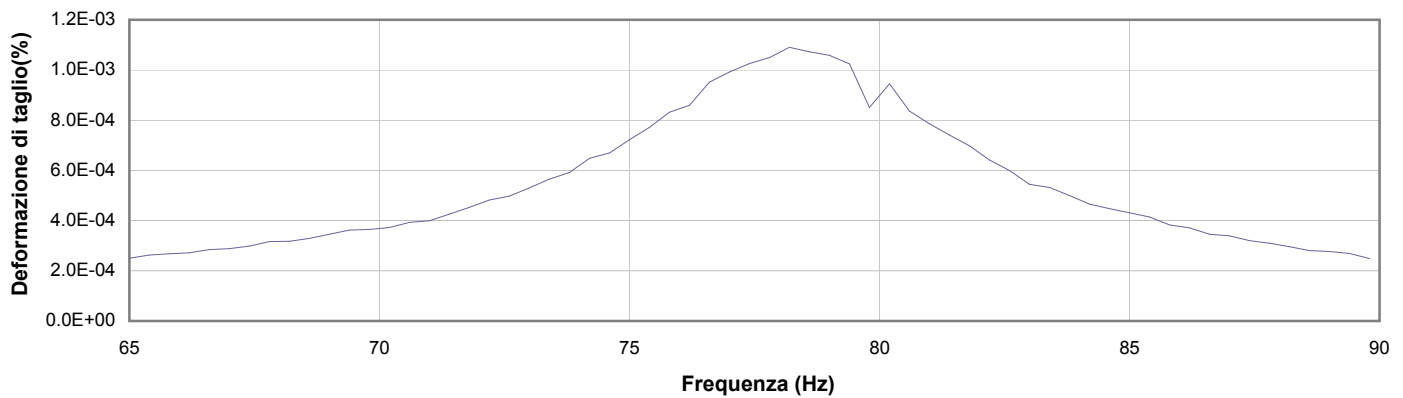
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 5



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

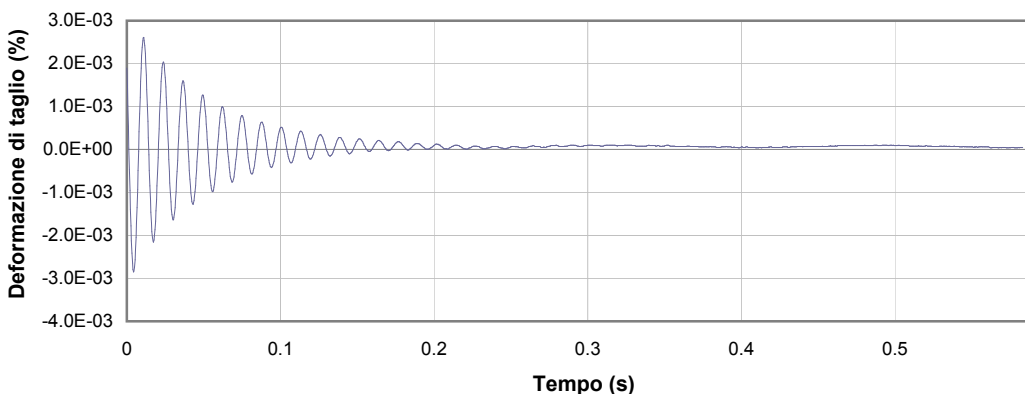
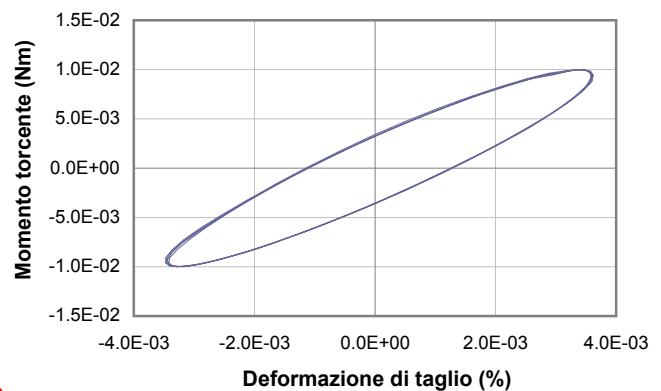
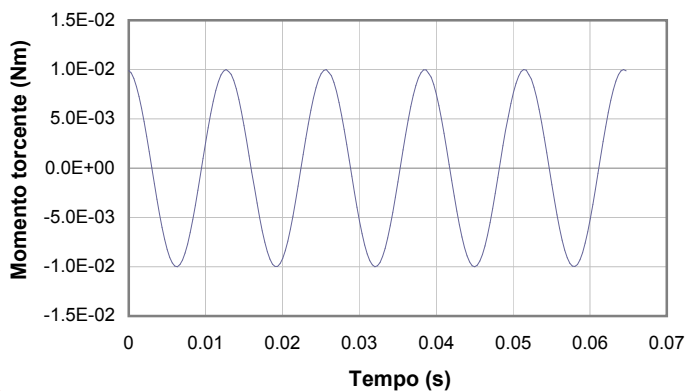
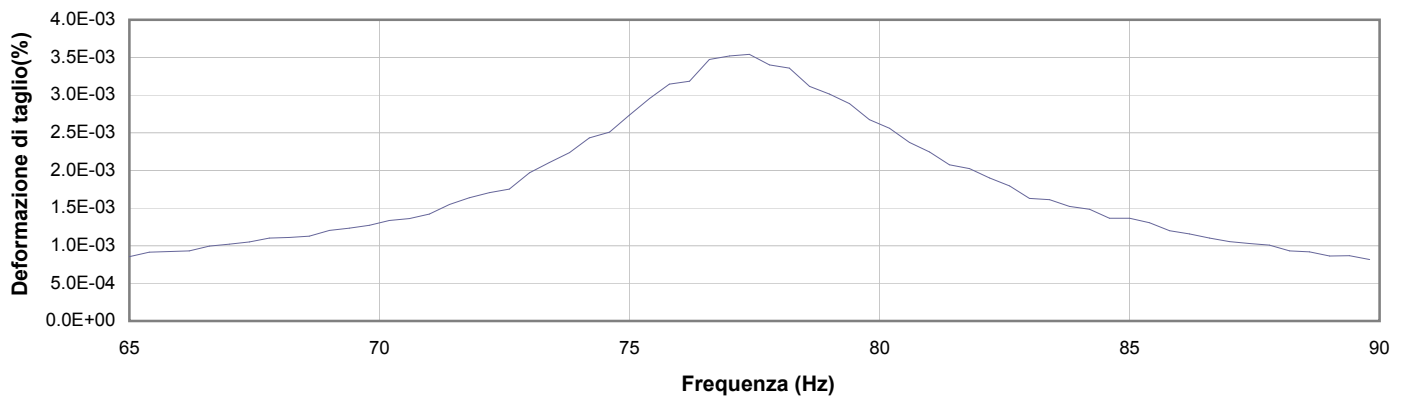
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 6



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

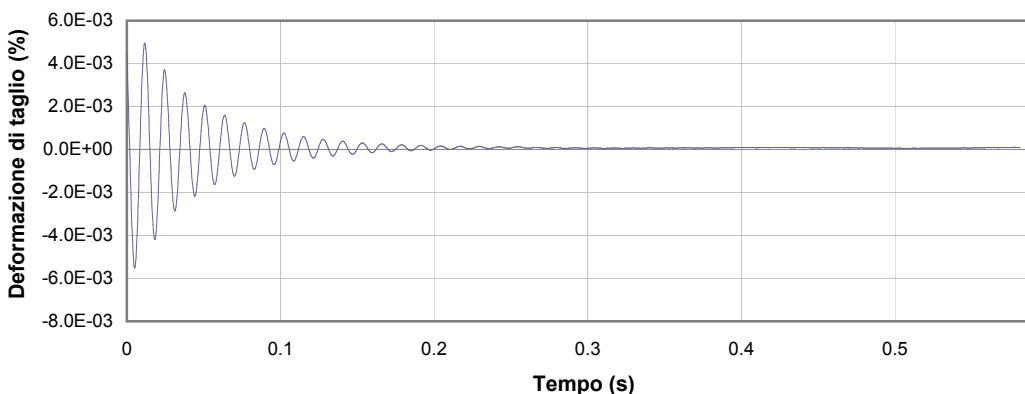
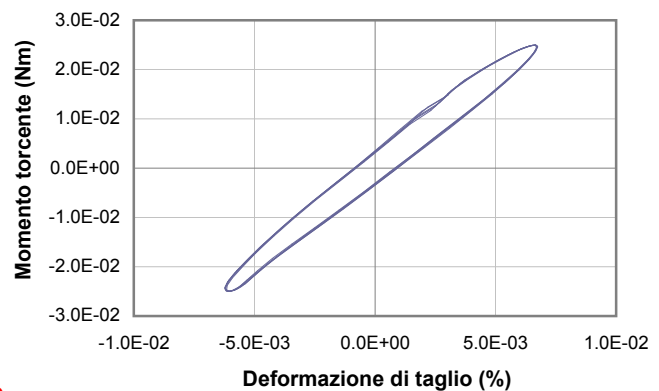
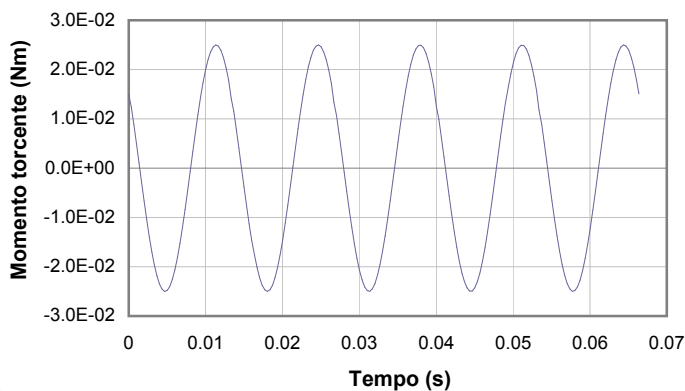
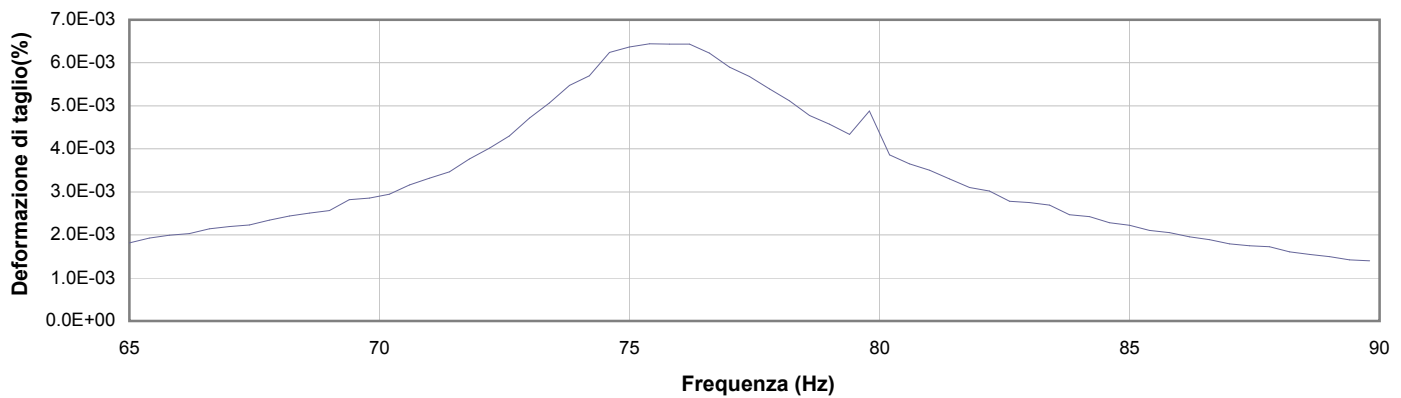
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 7



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

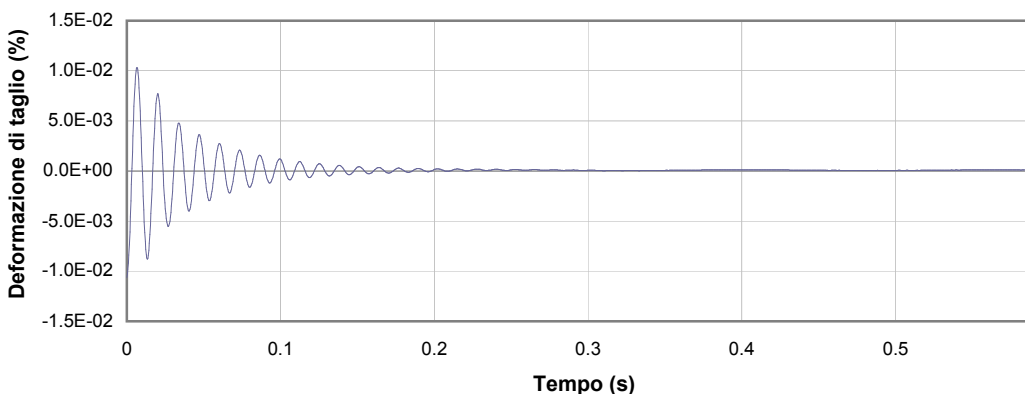
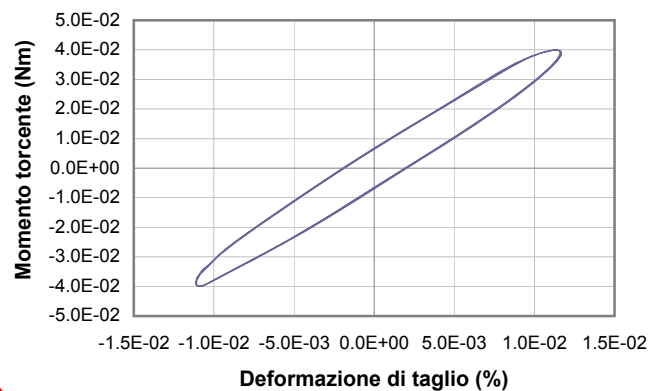
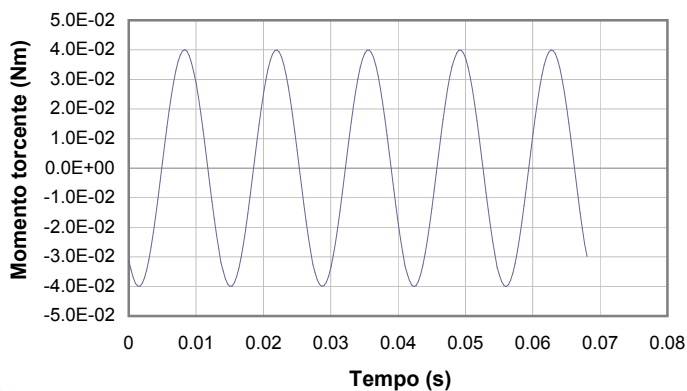
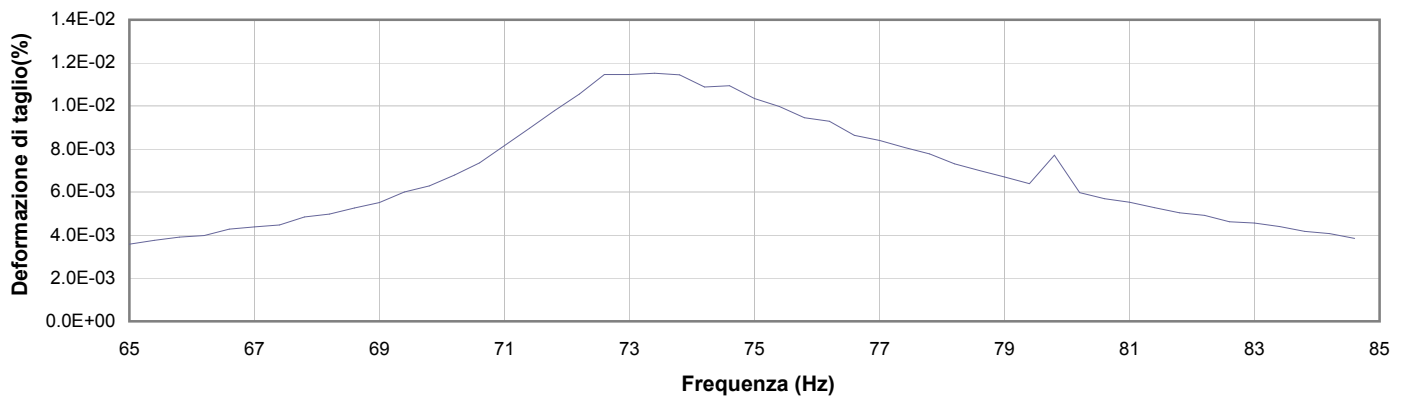
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 8



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

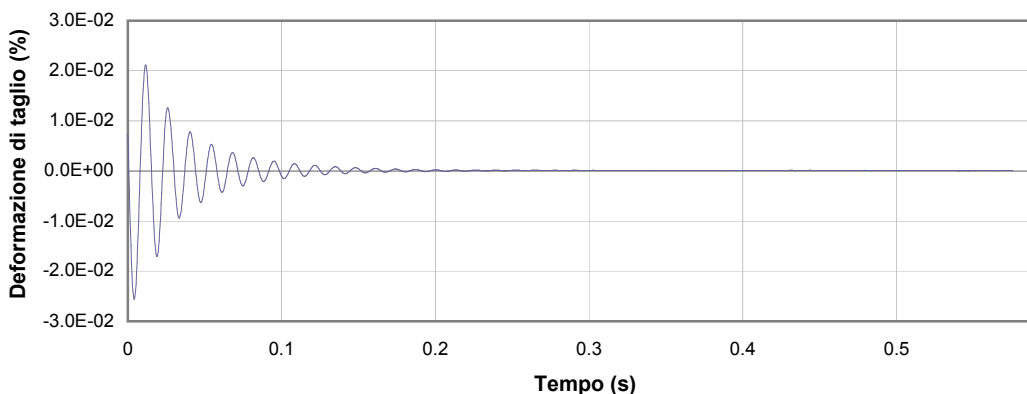
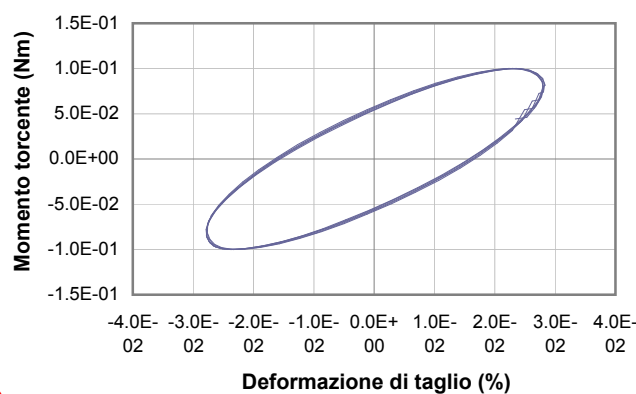
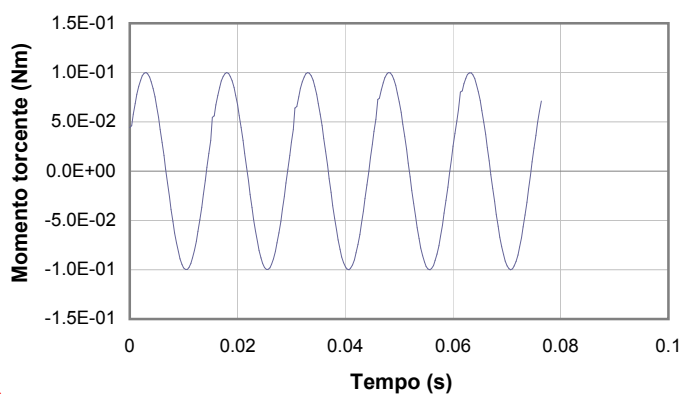
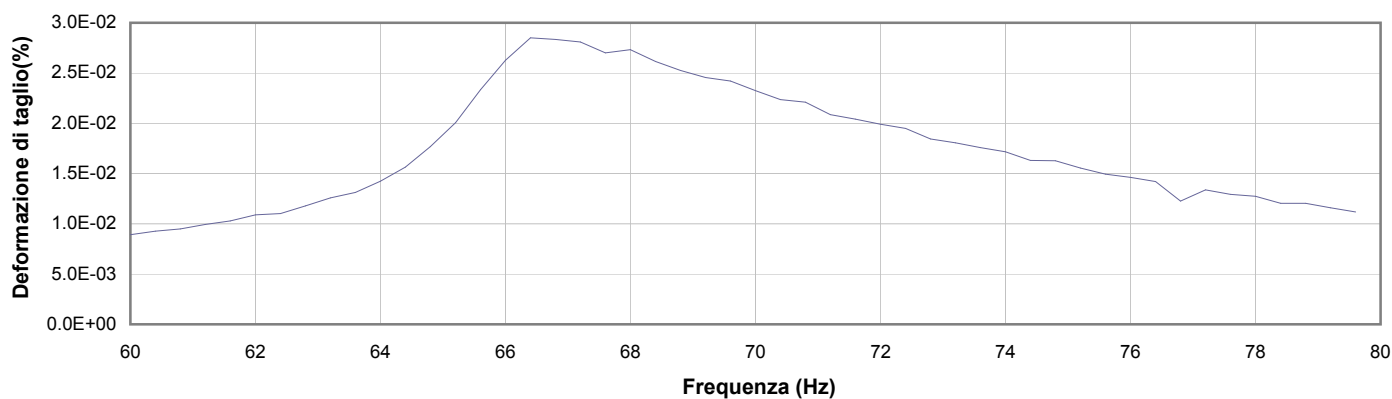
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 9



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

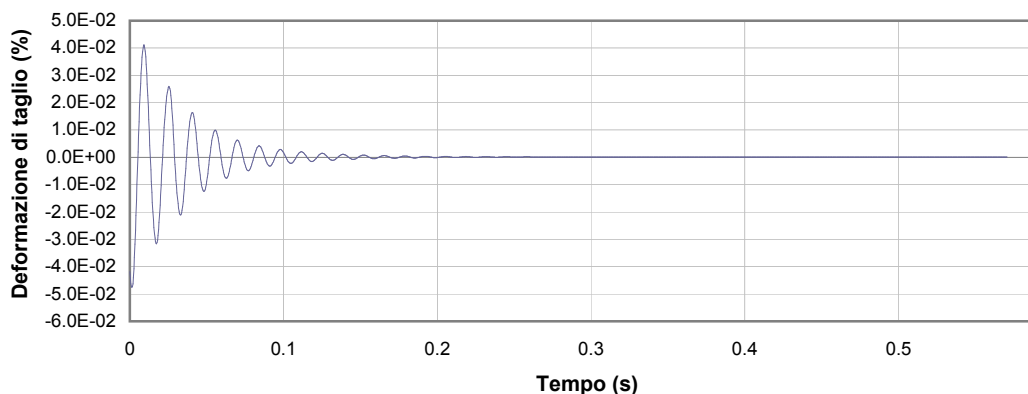
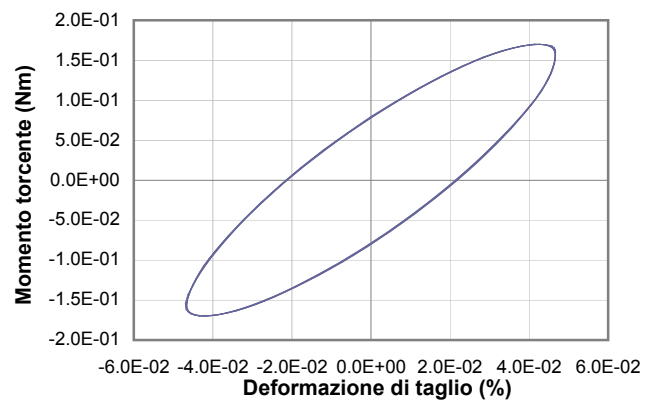
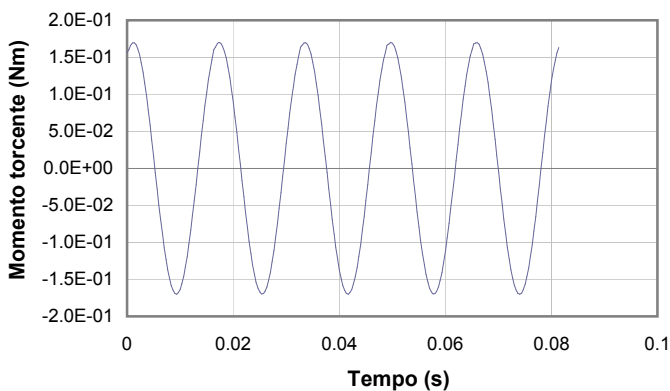
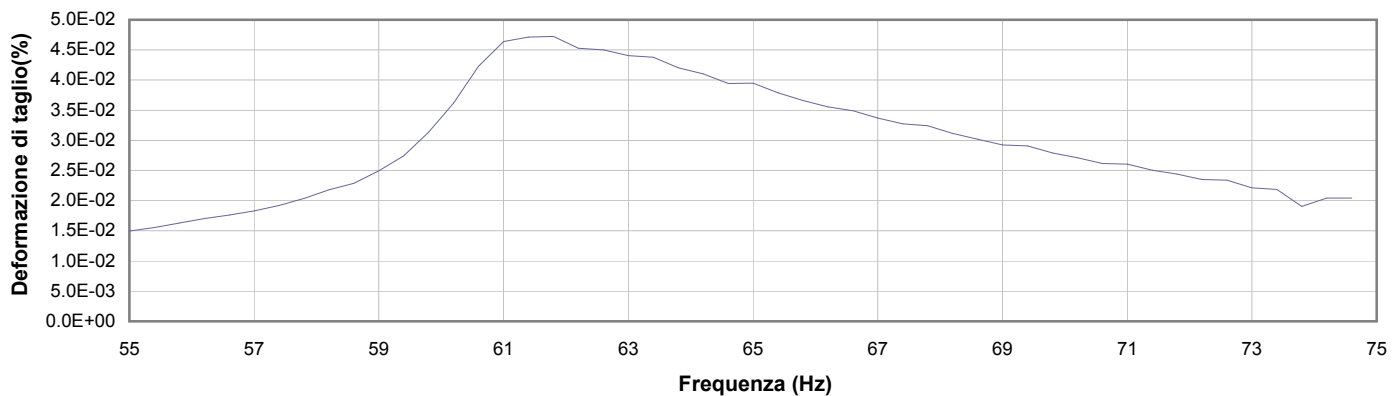
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 10



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

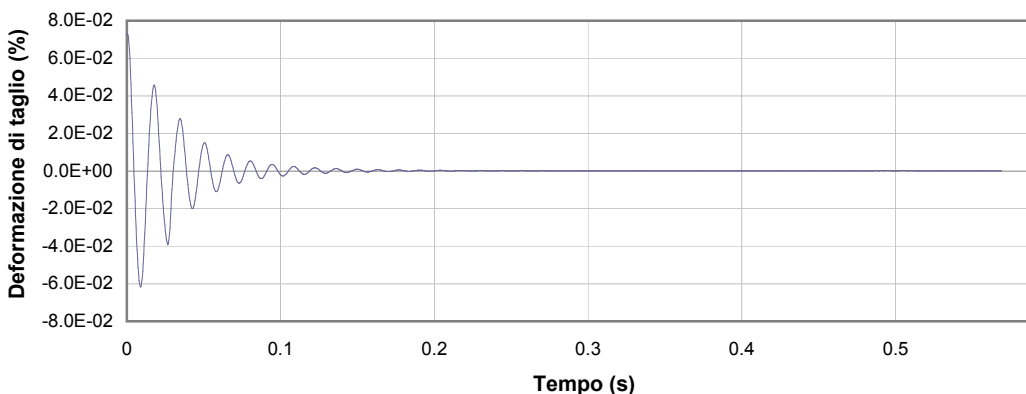
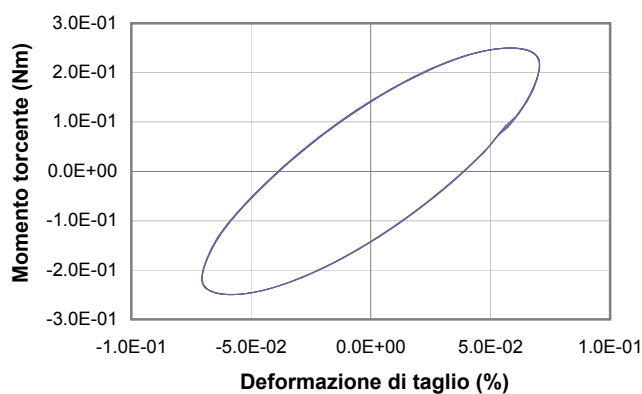
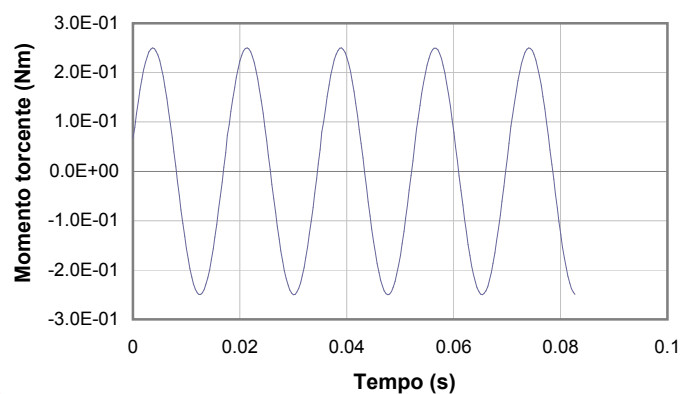
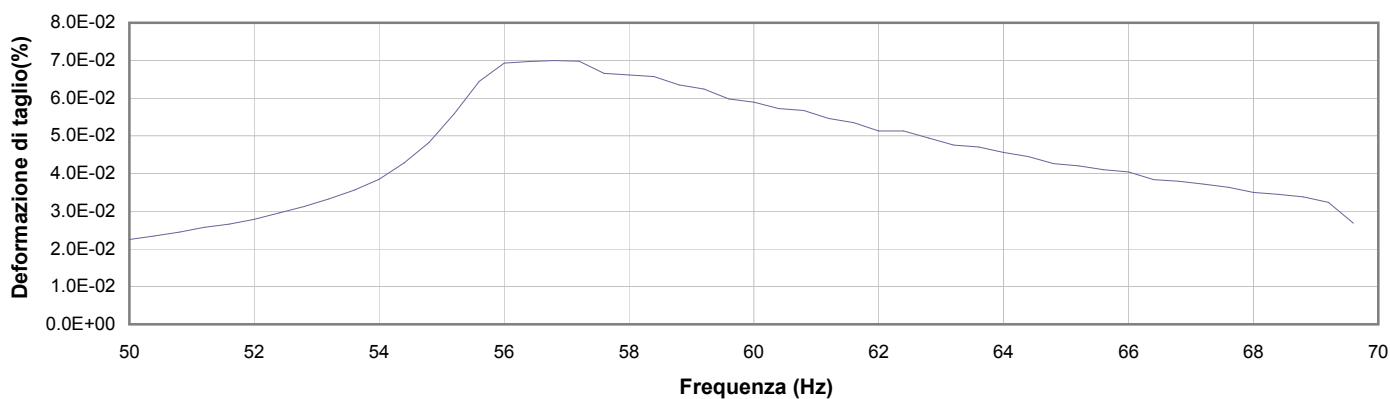
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 11



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

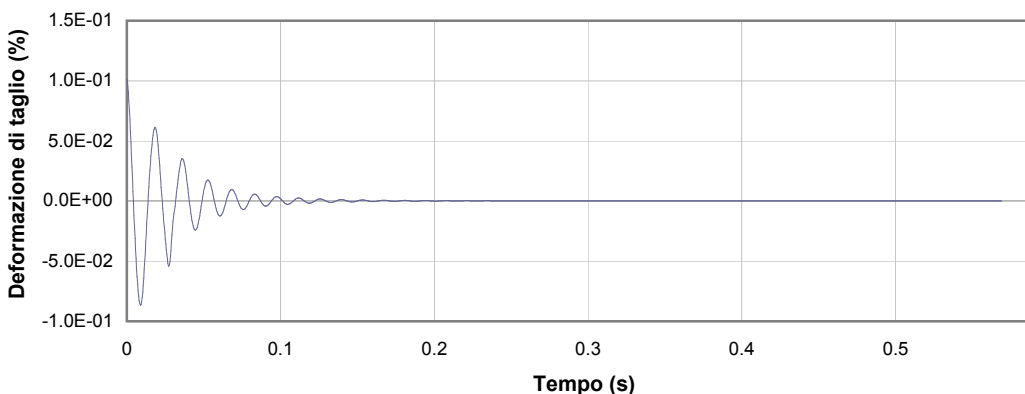
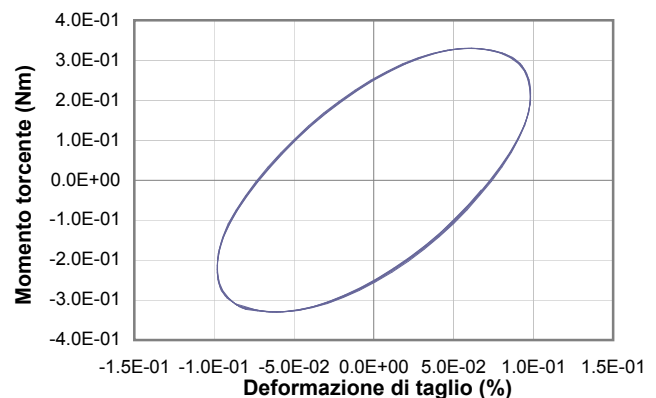
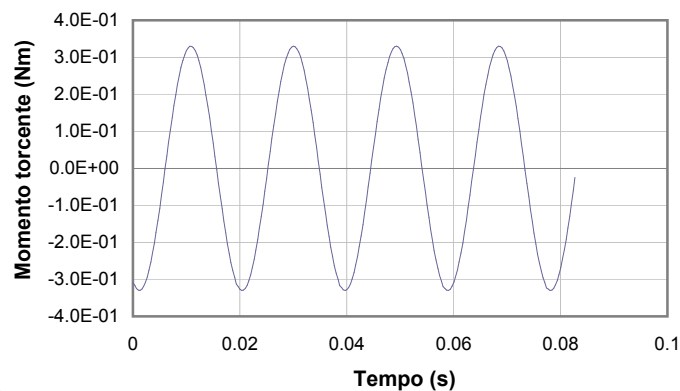
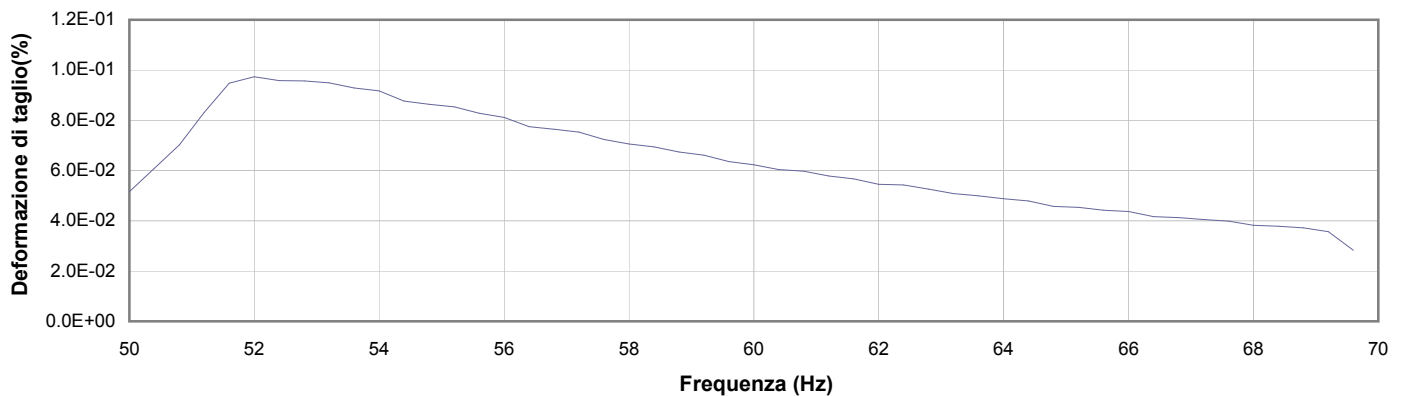
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 12



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

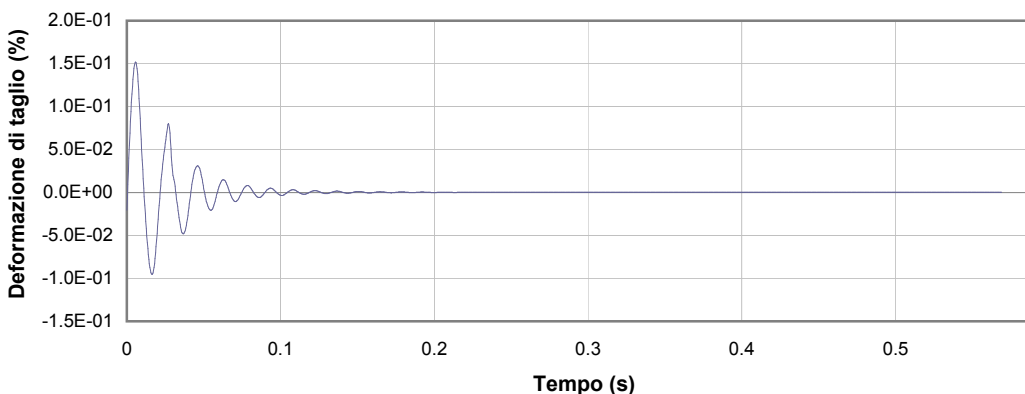
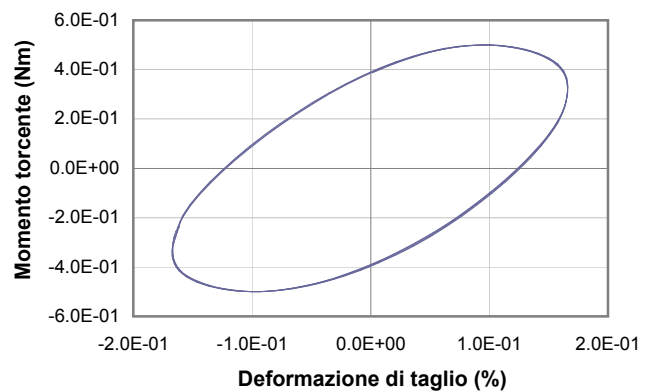
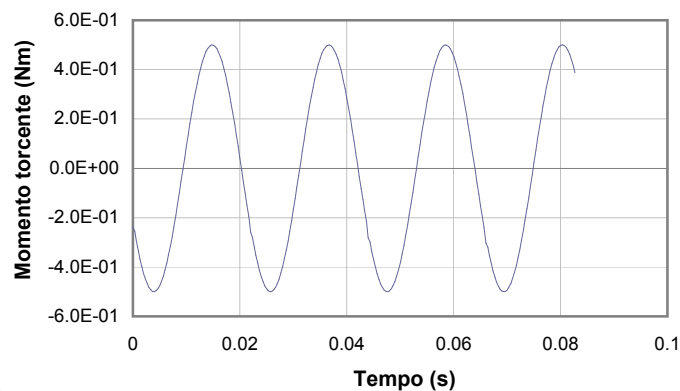
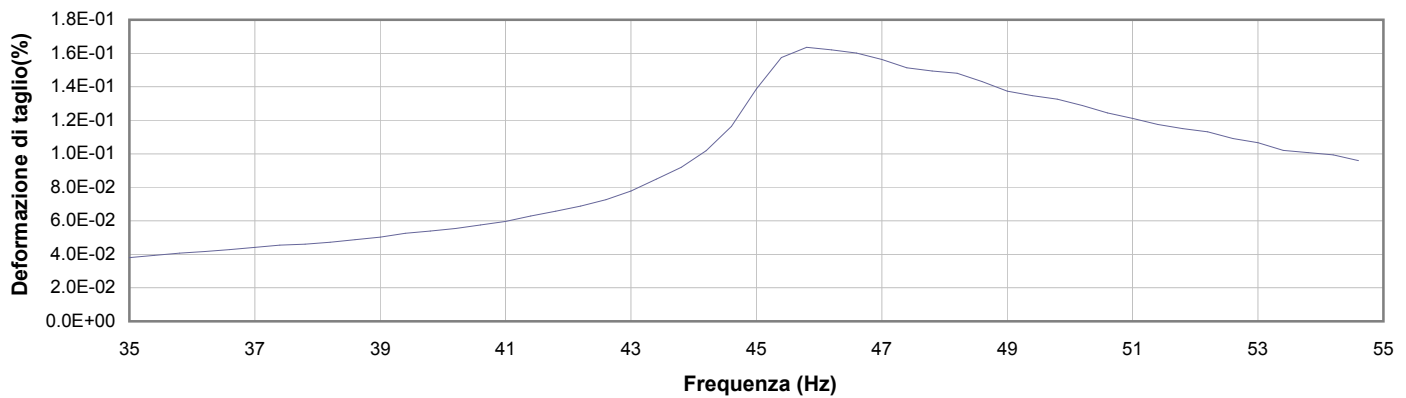
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 13



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

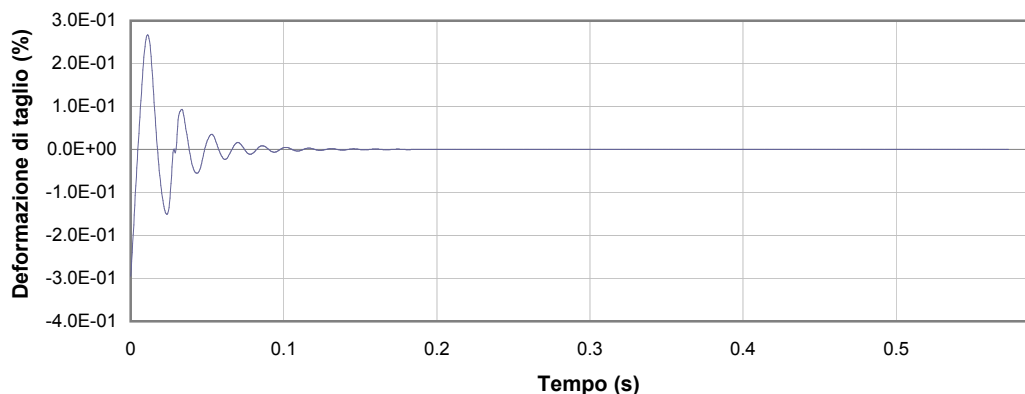
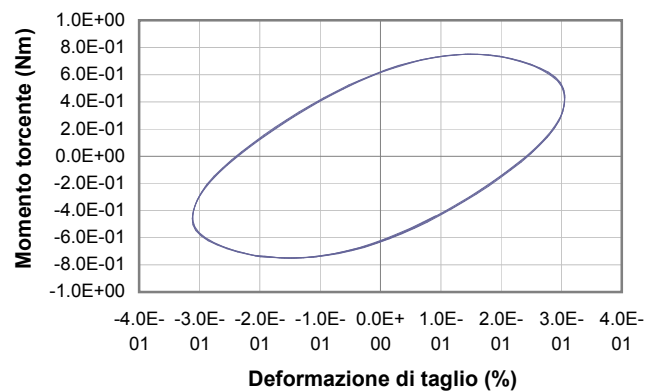
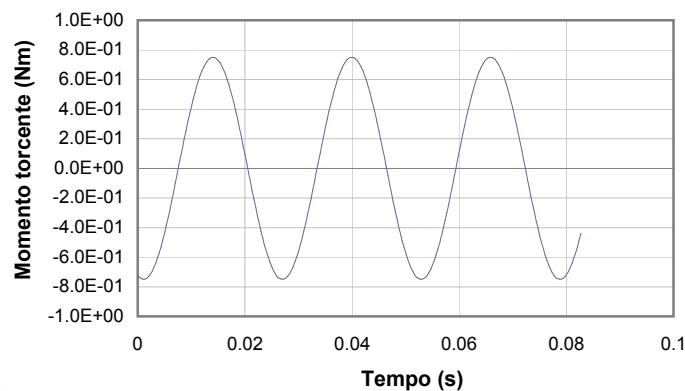
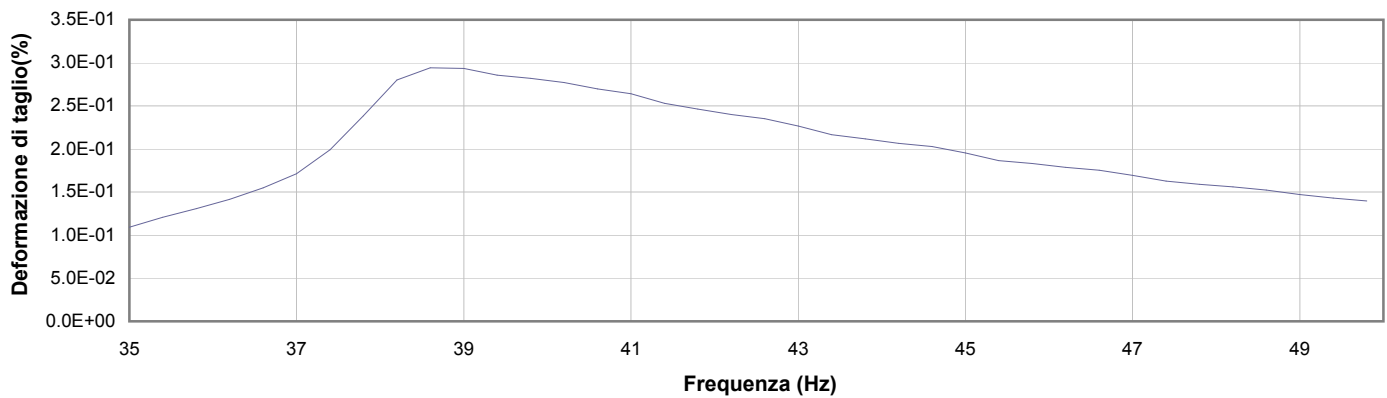
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 14



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

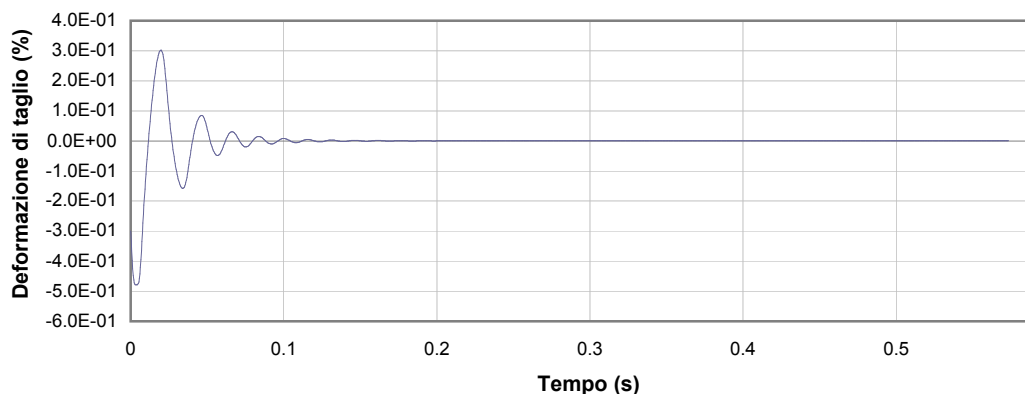
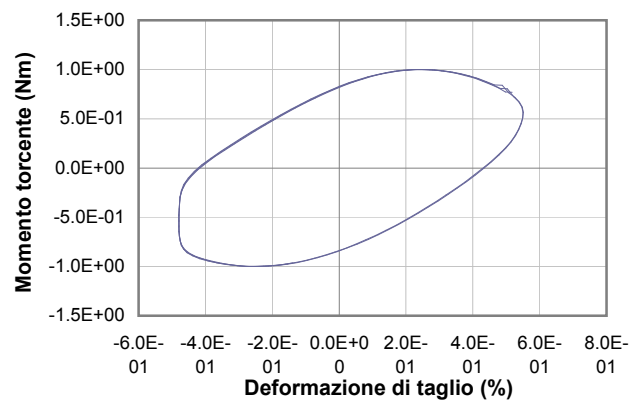
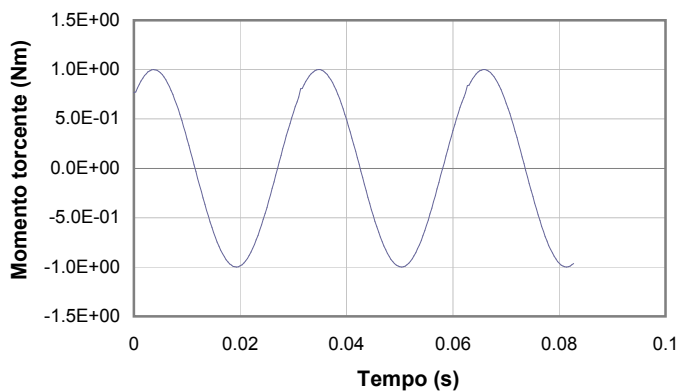
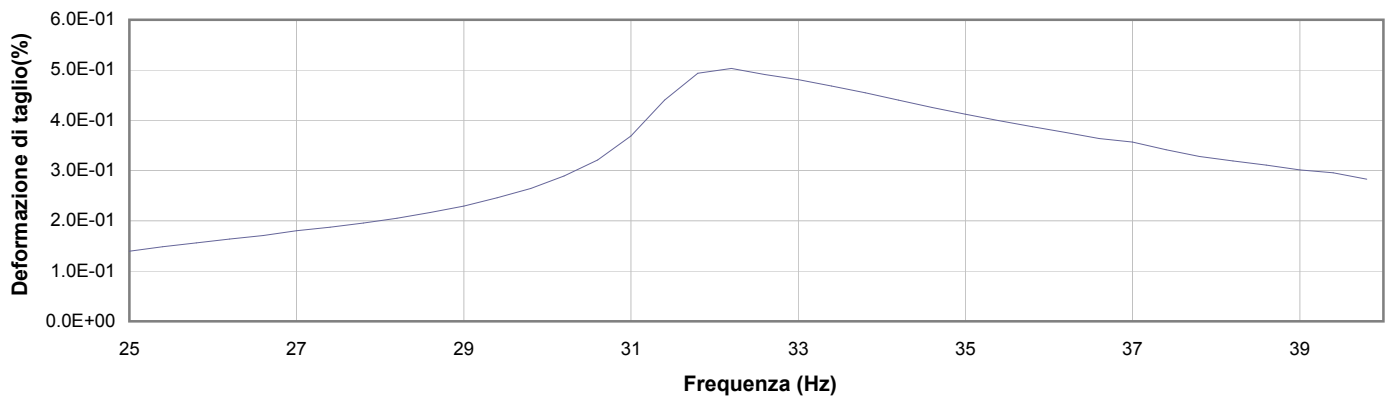
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 15



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

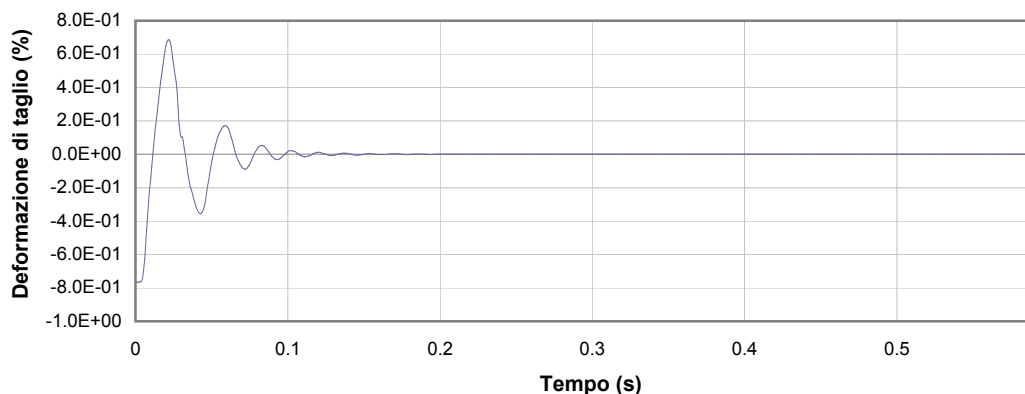
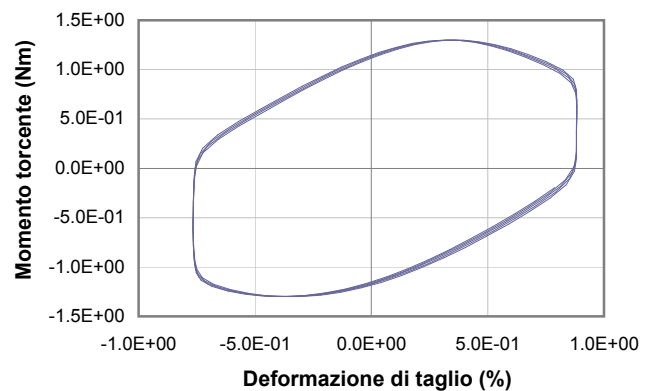
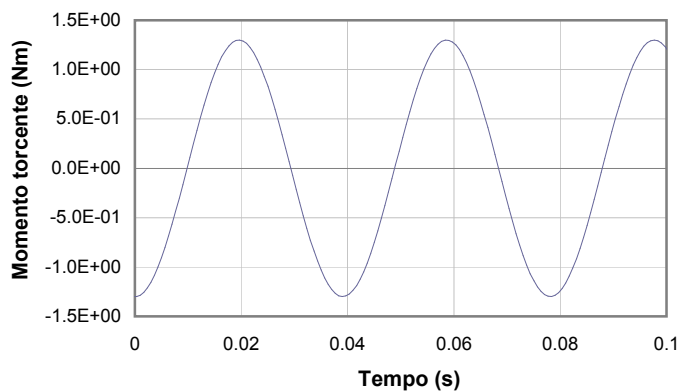
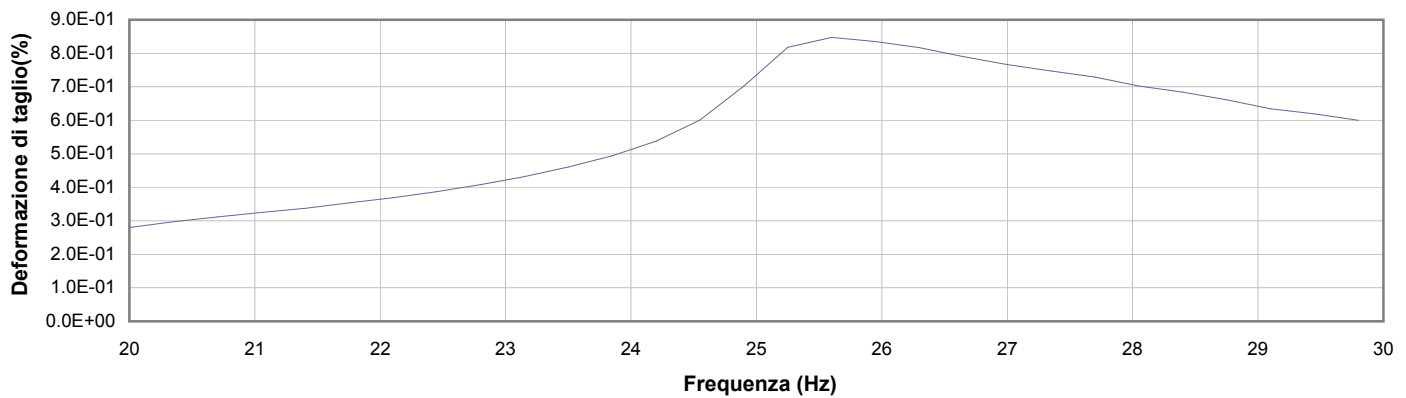
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 16



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

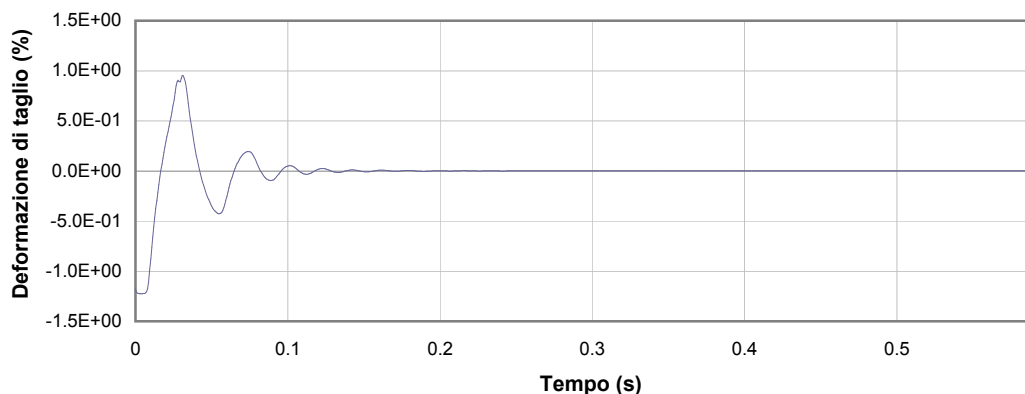
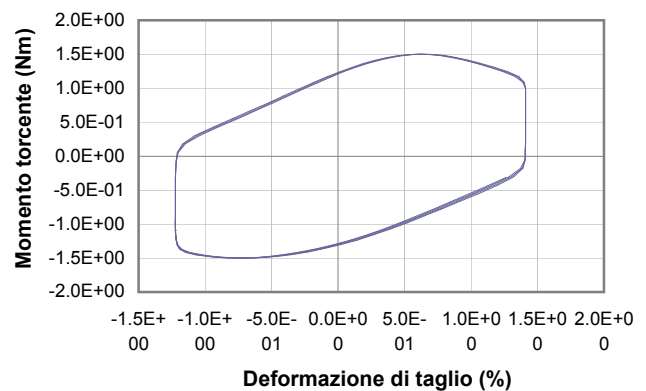
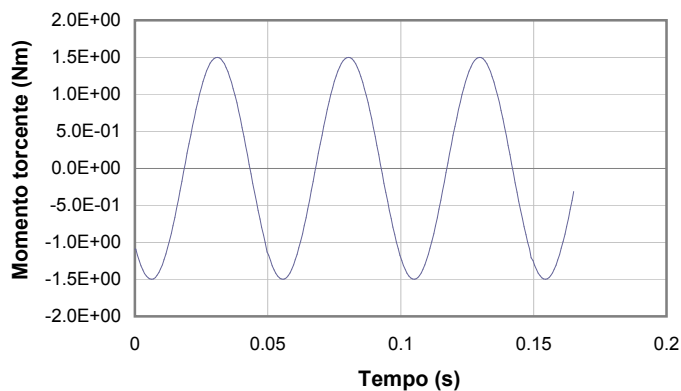
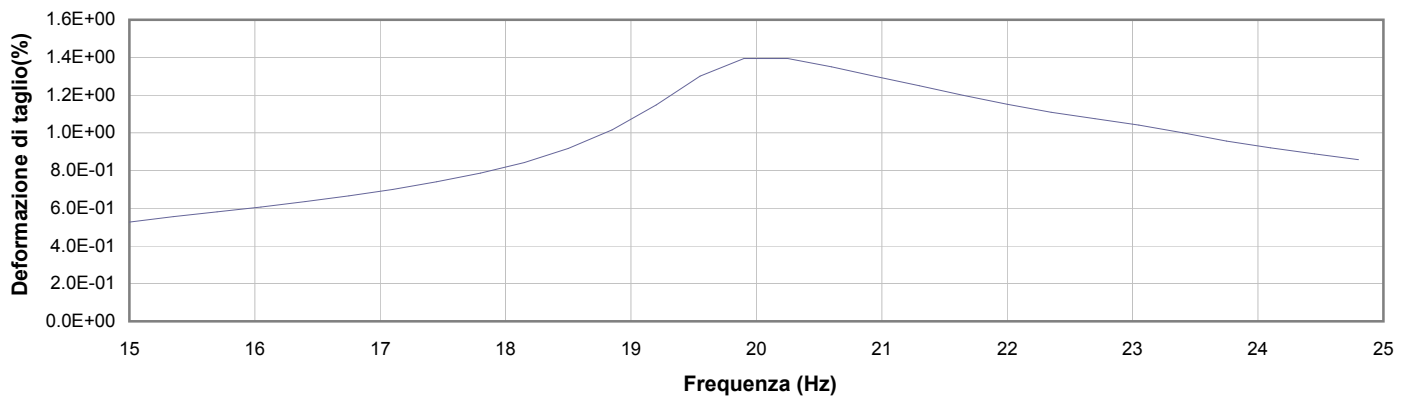
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 17



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 2

**Profondità (m):** 5,00 - 5,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:**

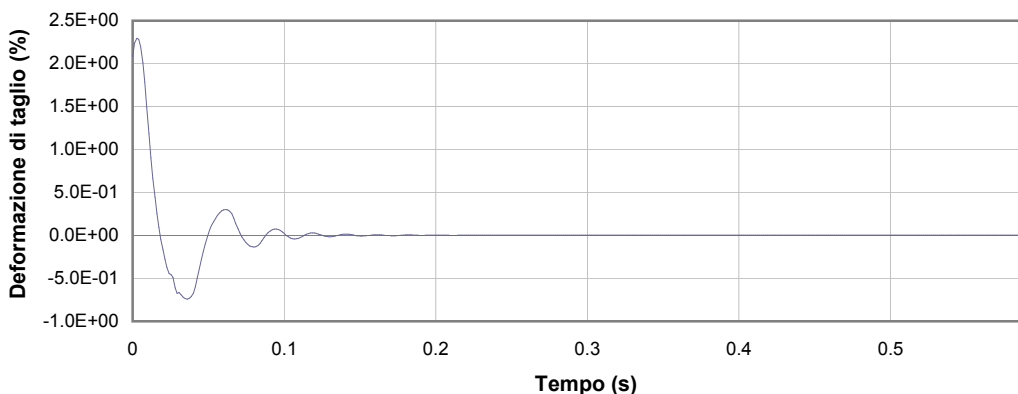
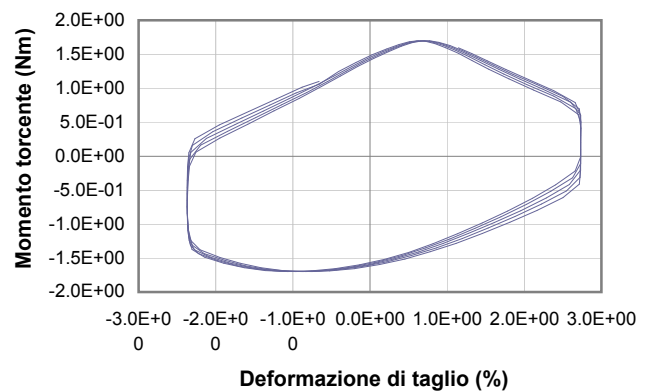
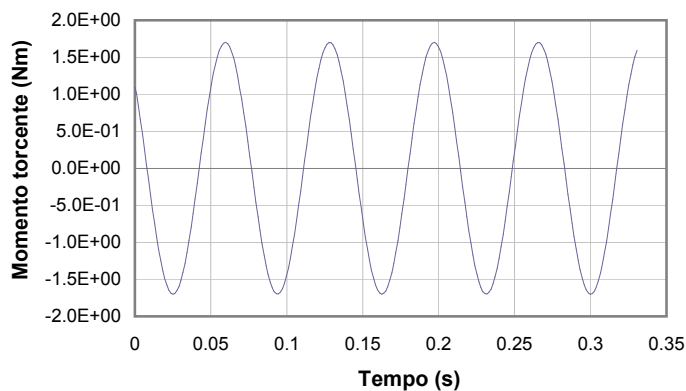
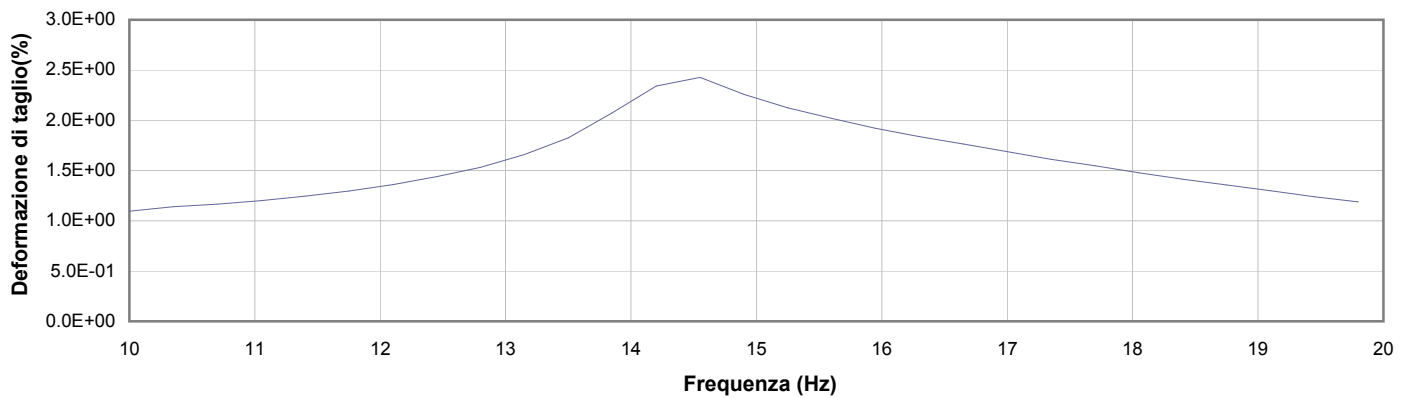
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:**

**Data prova:** 07/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 18



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**

CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**

CAMPIONE: **S1Ost3 m 9.50 - 10.10**


COMMESSA: **16636/17**

VERBALE ACC.: **256/17**

DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 9.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): GRADO DI QUALITA':	57 AGI Q5	EC 7-3 Q1	
			DESCRIZIONE: Sabbia medio fine grigio			
			W naturale (%) 26.5			
			$\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> ) 1.90			
			$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.50			
			$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.95			
			porosità (%) 44			
			indice dei vuoti 0.80			
	-	-	grado di saturazione (%) 89			
			massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) (stimato) 2.700			
			PROVE ESEGUITE			
		Umidità Naturale	-	Trassiale UU	-	
		Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-	
		Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-	
		Gran. Sedimentazione	-	Taglio Diretto	-	
	-	-	Peso di Volume	-	Espansione L.L.	-
			Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-
			Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	SI
					Taglio Torsionale Cicl.	-
			NOTE: -			
10.10 basso						

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

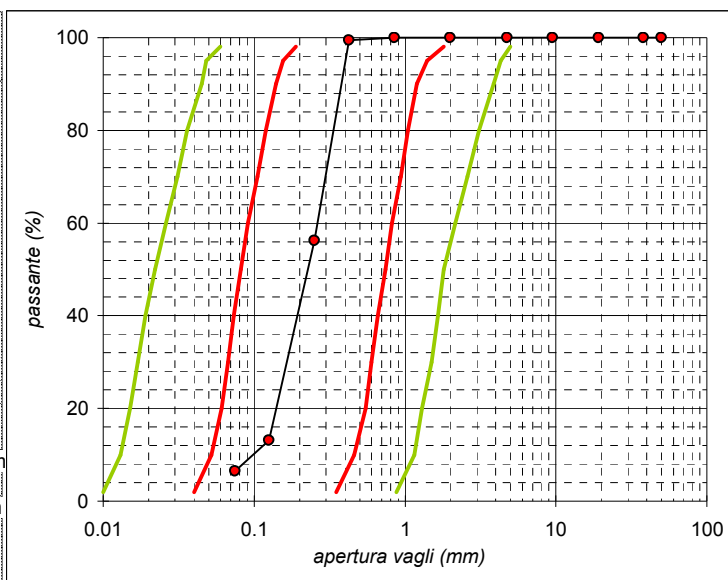
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S10st3 m 9.50 - 10.10		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	0.850	0.02	0.01	0.01	99.99
setaccio	0.425	1.37	0.59	0.60	99.40
setaccio	0.250	100.84	43.19	43.79	56.21
setaccio	0.125	100.50	43.04	86.83	13.17
setaccio	0.075	15.57	6.67	93.50	6.50
setaccio	fondo	2.41	1.03	1.03	98.97
TOTALE		233.48		$\phi$ max (mm) =	0.86

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		-
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm 0.0%	> 2,00 mm 0.0%
SABBIA	> 0,075 mm 93.5%	> 0,075 mm 93.5%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm 6.5%	< 0,075 mm 6.5%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnolo



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

<b>Committente:</b>	<b>dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara</b>	<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Località:</b>	<b>Comacchio (FE)</b>	<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>256/17</b>
<b>Cantiere:</b>	<b>Scuola Via Fattibello</b>	<b>Commessa:</b>	<b>16636/17</b>
<b>Sondaggio:</b>	<b>S1</b>	<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>23/05/17</b>
<b>Campione:</b>	<b>Ost 3</b>	<b>Data prova:</b>	<b>15/06/17</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>9.50 - 10.10</b>	<b>Data emissione certificato:</b>	

DATI INIZIALI		
Altezza:	140.00	mm
Diametro:	70.00	mm
Raggio eq.:	24.745	mm
Massa:	1022.9	g
W:	26.5	%
γ:	18.62	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	14.73	-
e:	0.80	-

DATI DI PROVA		
Tipo di campione:	Sabbia medio fine grigio	
Fattore Raggio Eq.:	0,707	-
Coefficiente B:	0.93	%
Pressione cella:	545	kPa
Contropressione:	450	kPa

DATI FINALI		
Altezza:	139.31	mm
Diametro:	69.65	mm
Raggio eq.:	24.625	mm
Massa:	1014.9	g
W:	32.0	%
γ:	19.12	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	14.49	-
e:	0.86	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V <sub>s</sub> (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G <sub>0</sub>	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ <sup>3</sup>
Test 1*	160.20	0.0003	2.80E-05	200.91	74.39	1.000	0.27	0.000
Test 2	159.80	0.0007	7.30E-05	200.41	74.02	0.995	0.39	0.000
Test 3	159.00	0.0025	2.82E-04	199.41	73.28	0.985	0.42	0.000
Test 4	158.20	0.0055	6.06E-04	198.40	72.54	0.975	0.44	0.000
Test 5	156.60	0.0085	9.34E-04	196.40	71.08	0.956	0.58	0.000
Test 6	156.20	0.0200	1.29E-03	195.90	70.72	0.951	0.69	0.000
Test 7	153.20	0.0350	2.35E-03	192.13	68.03	0.915	1.03	0.000
Test 8	141.60	0.0750	6.41E-03	177.59	58.12	0.781	1.93	0.014
Test 9	136.20	0.1096	9.36E-03	170.81	53.77	0.723	2.17	0.029
Test 10	126.00	0.2200	1.94E-02	158.02	46.02	0.619	3.05	0.140
Test 11	112.40	0.3499	3.05E-02	140.97	36.62	0.492	4.36	0.307
Test 12	92.20	0.5995	5.33E-02	115.63	24.64	0.331	8.53	0.584
Test 13	61.60	0.8995	1.13E-01	77.25	11.00	0.148	17.59	0.690

\* Test 1 corrispondente al valore G<sub>0</sub>

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°: 256/17**

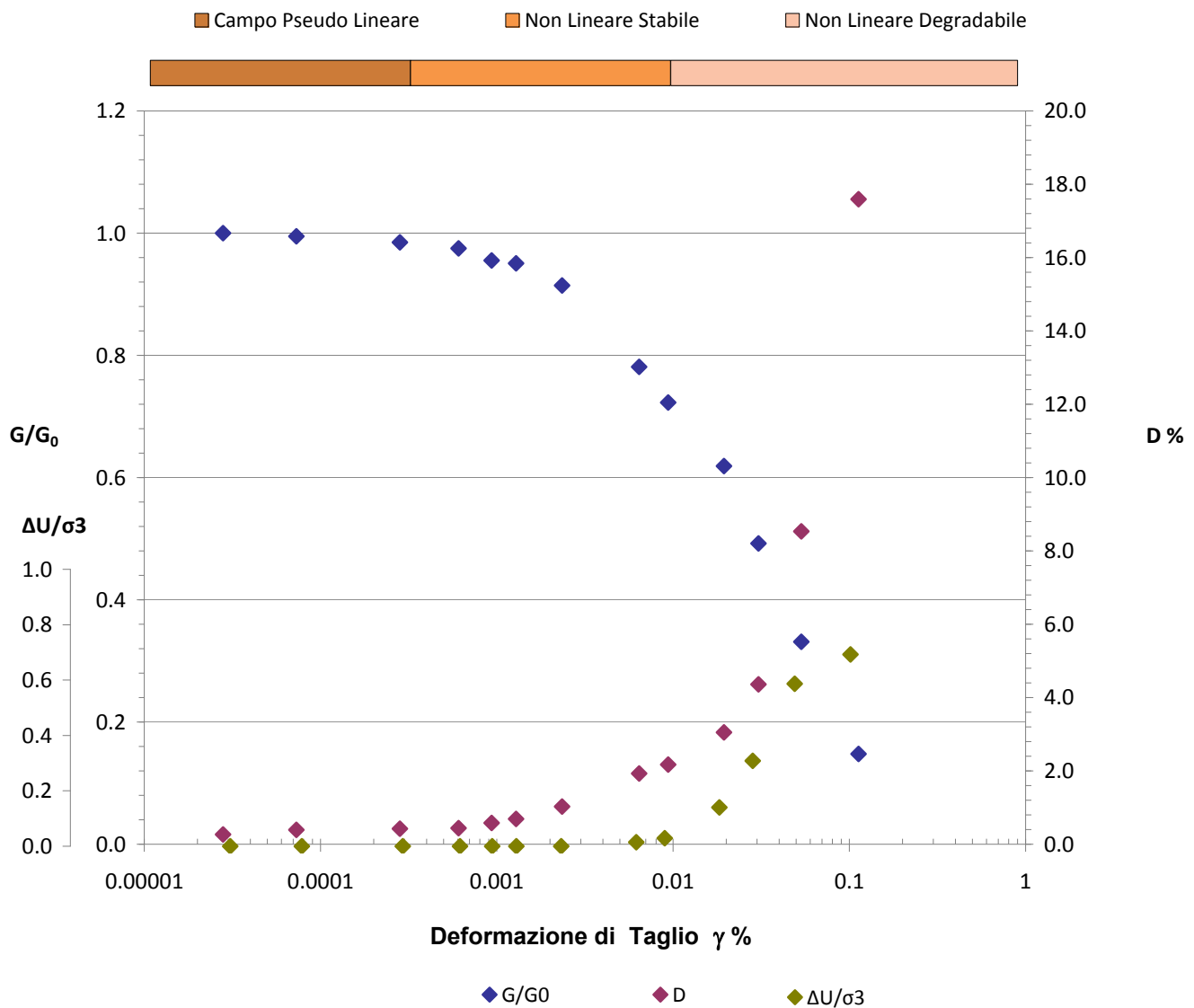
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

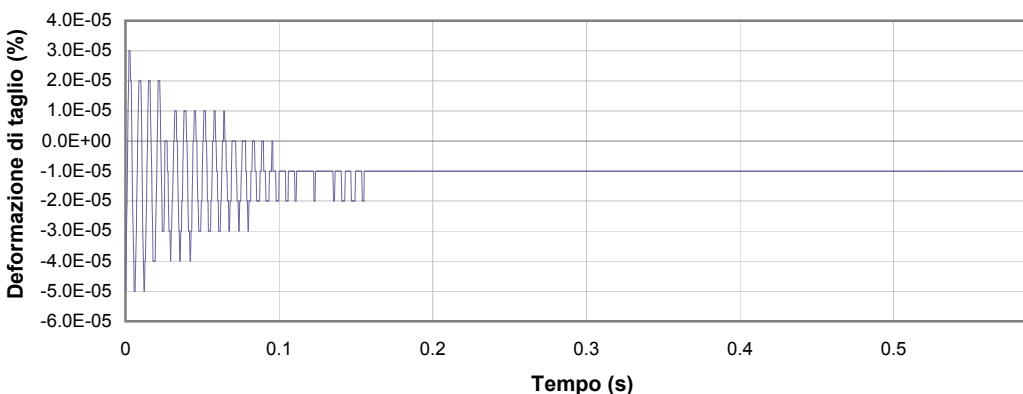
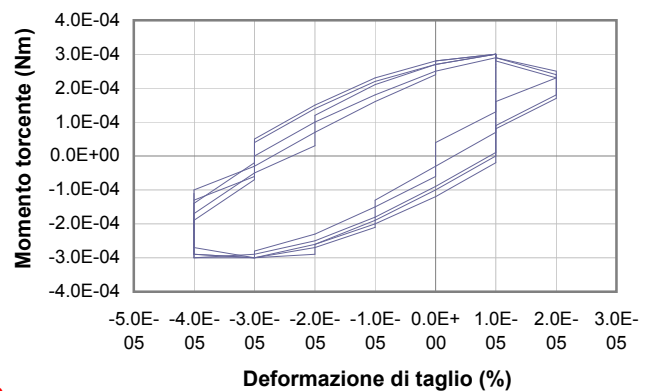
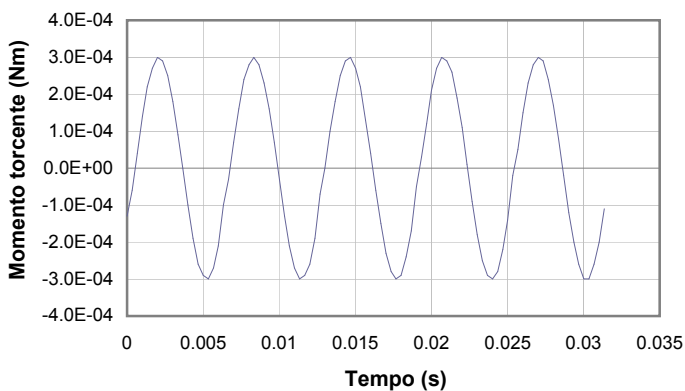
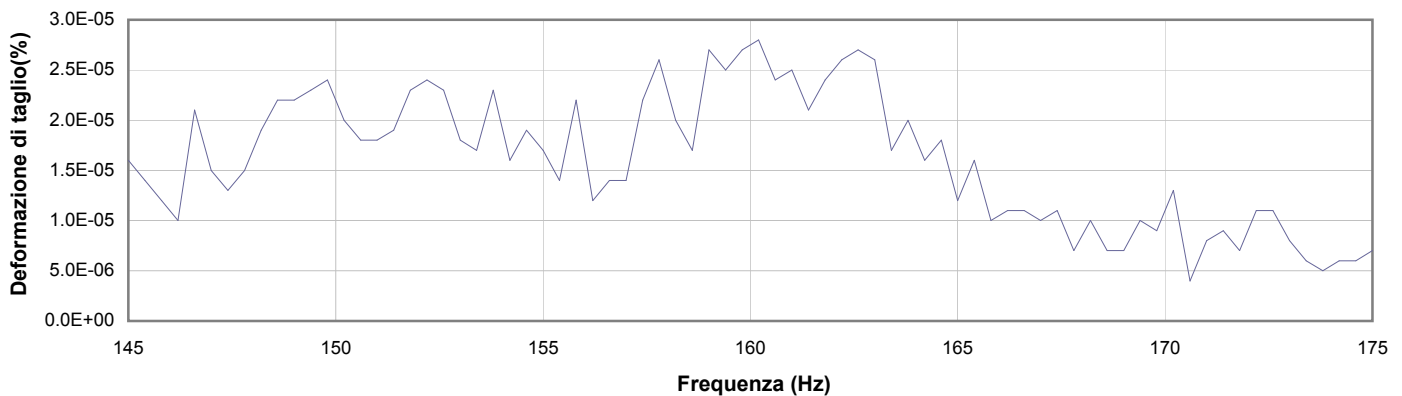
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 1



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

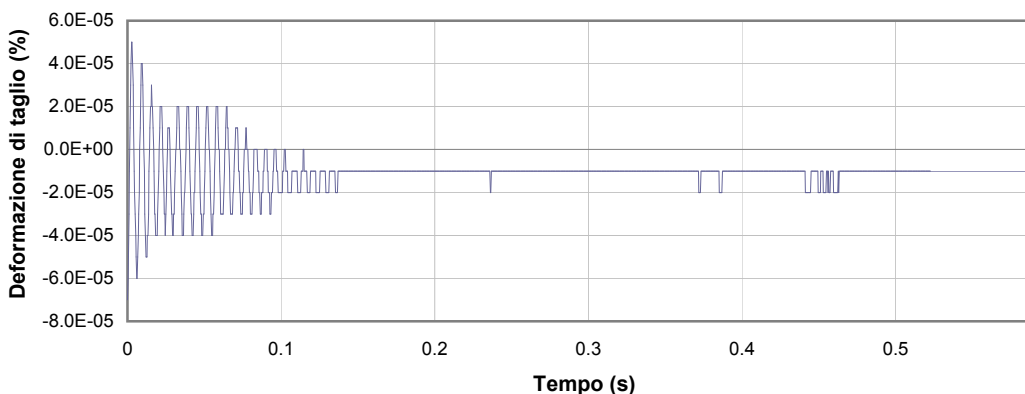
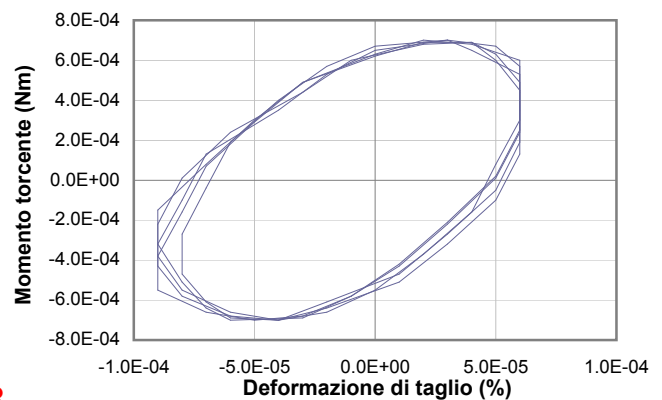
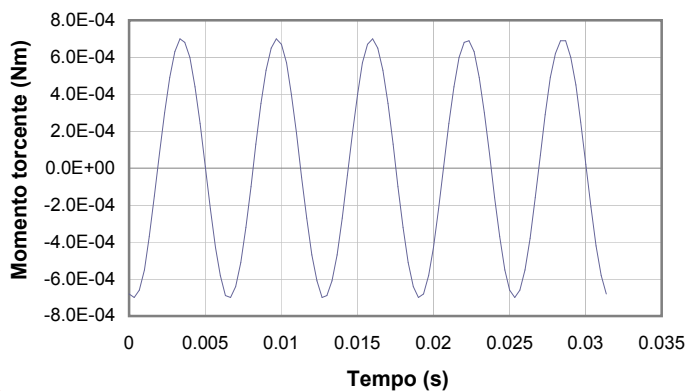
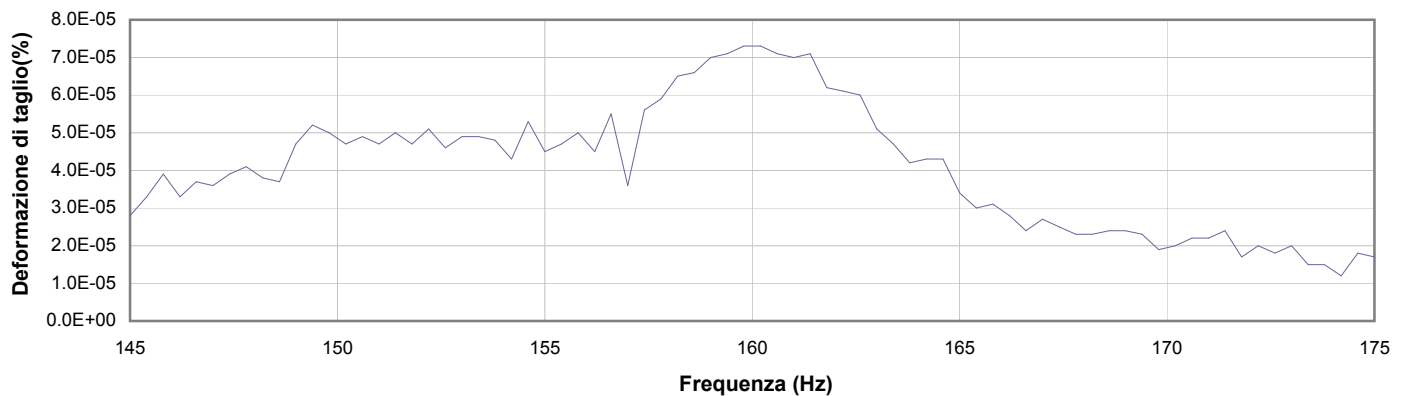
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 2



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

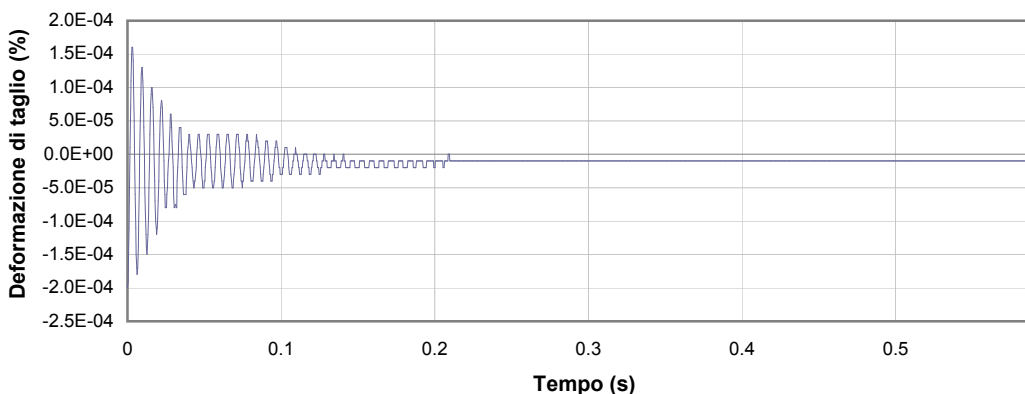
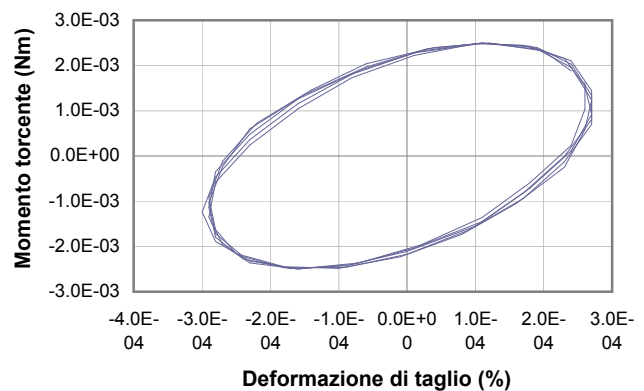
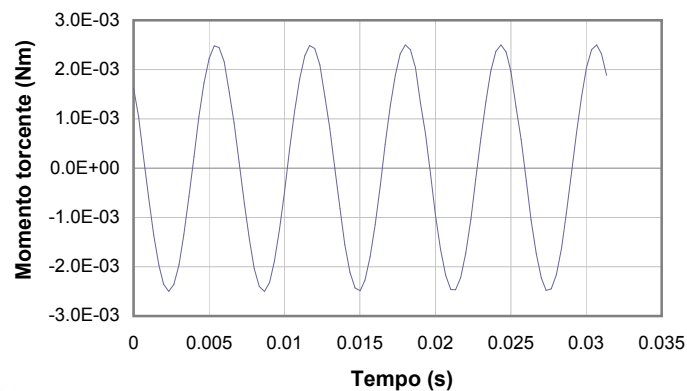
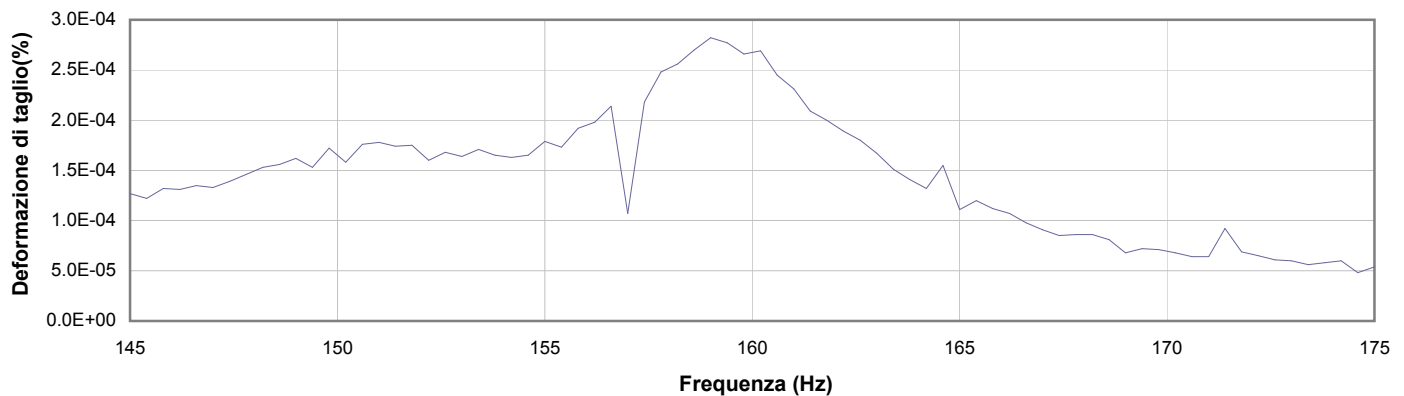
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 3



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

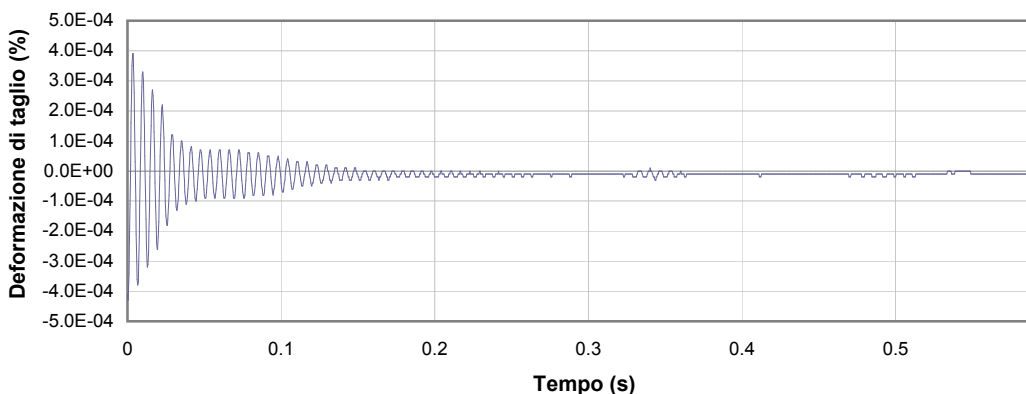
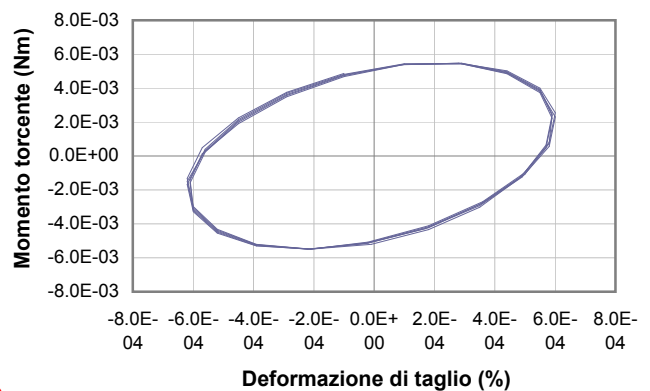
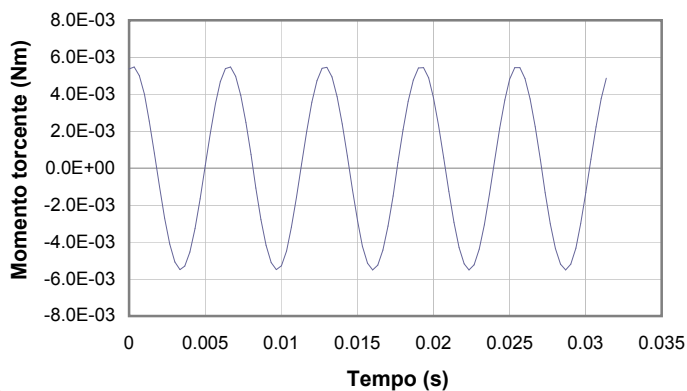
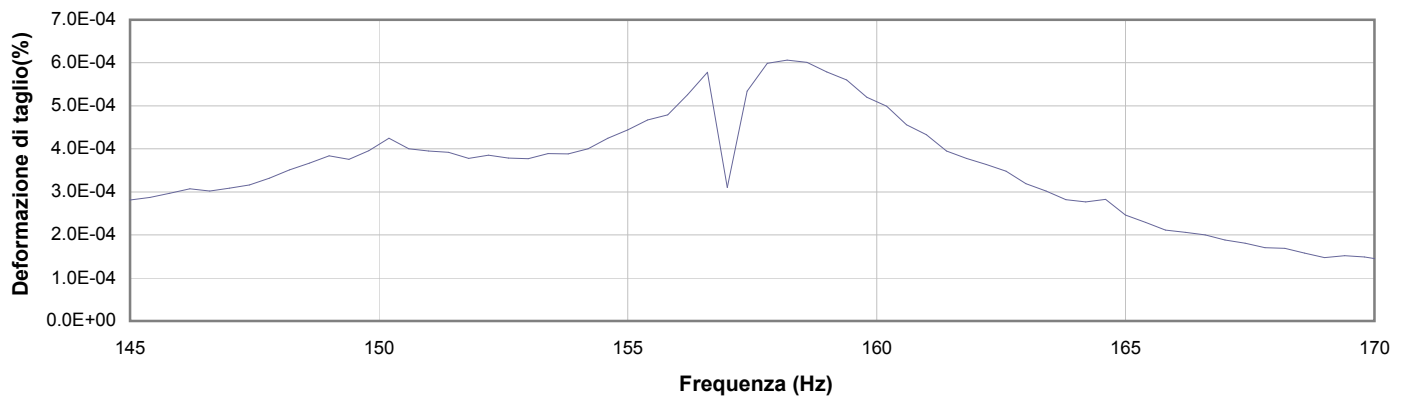
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 4



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

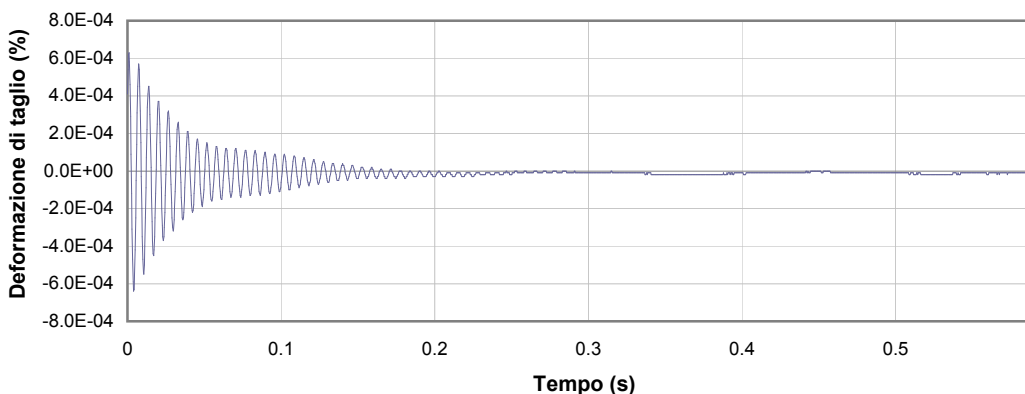
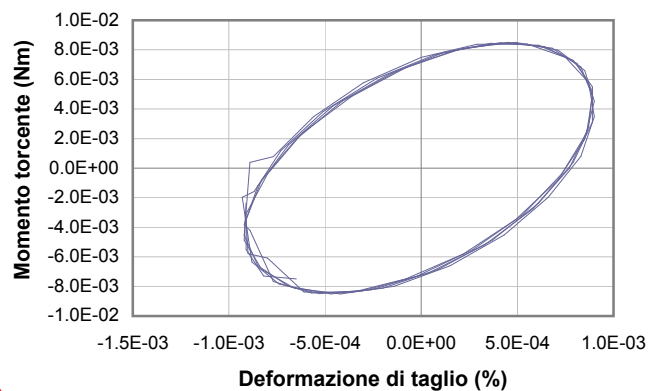
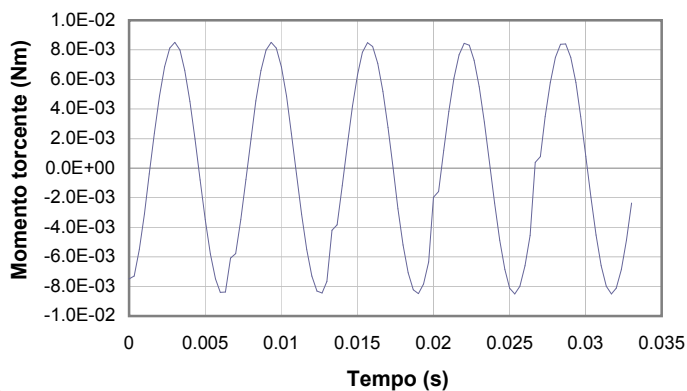
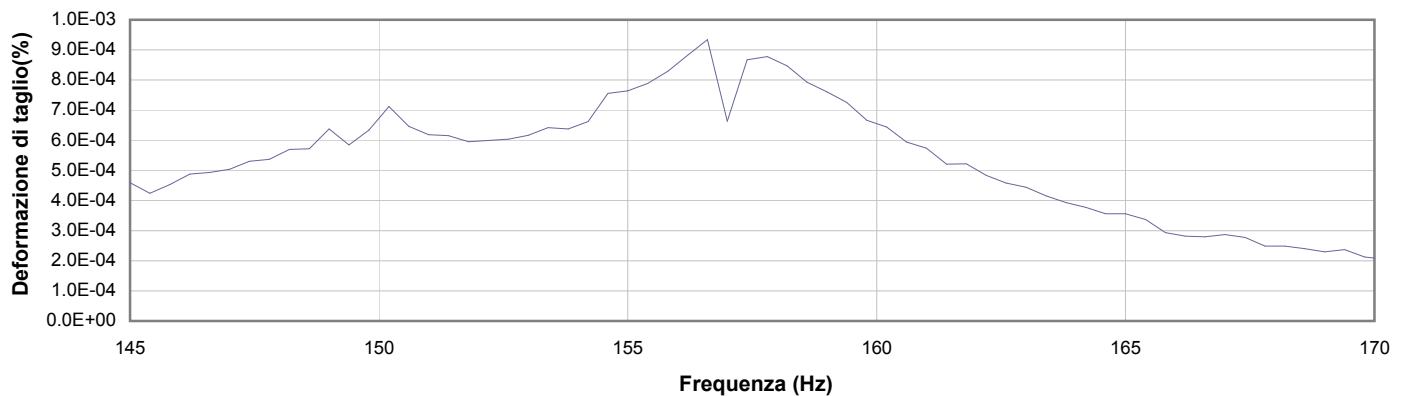
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 5



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

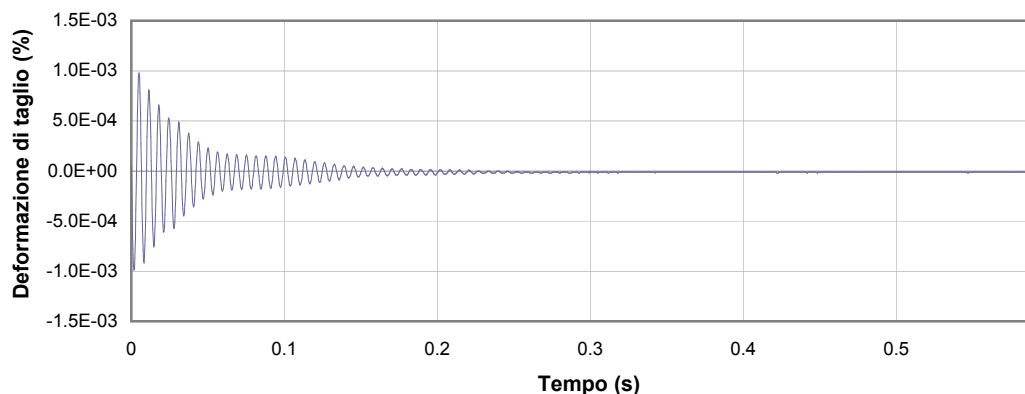
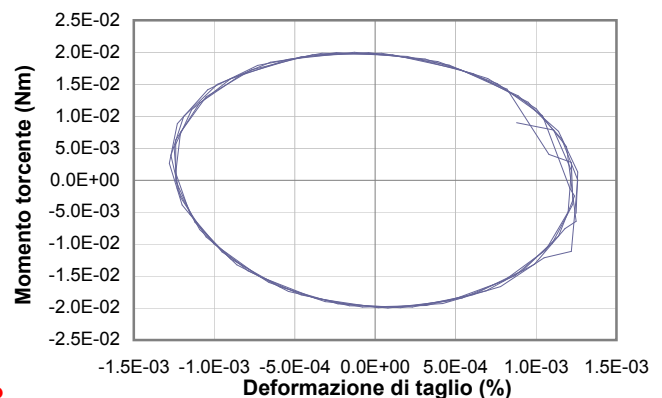
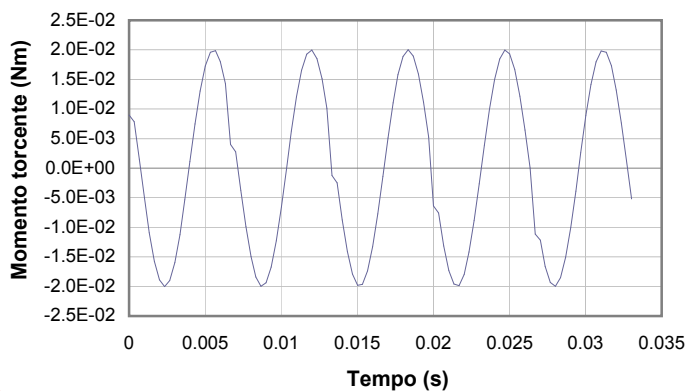
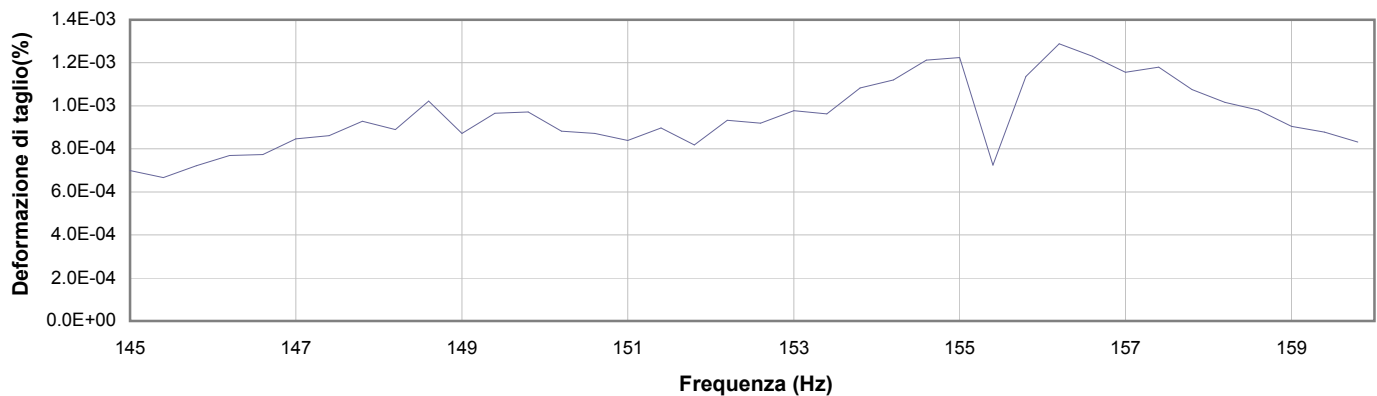
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 6



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

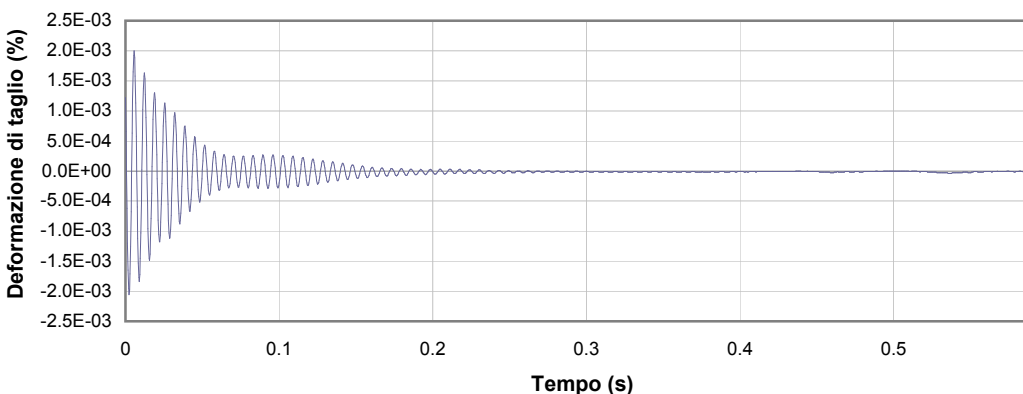
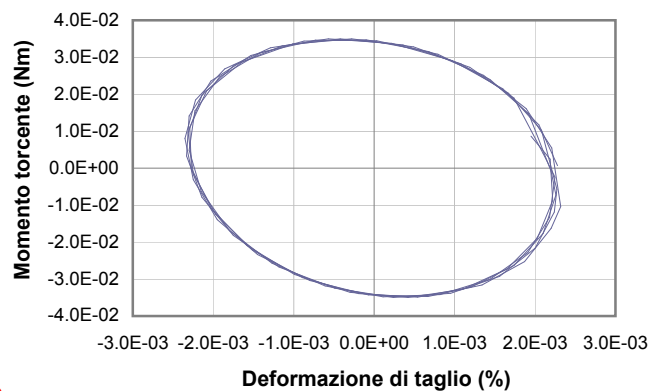
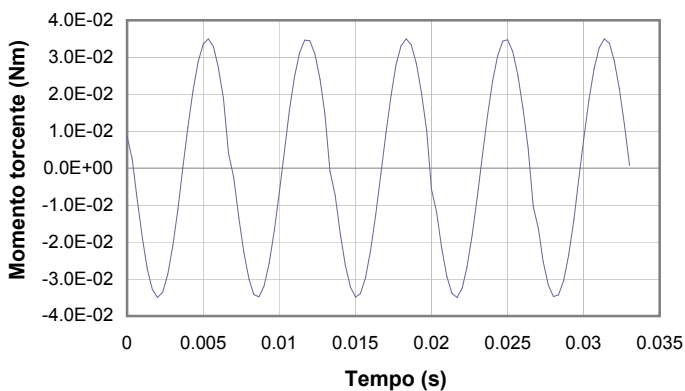
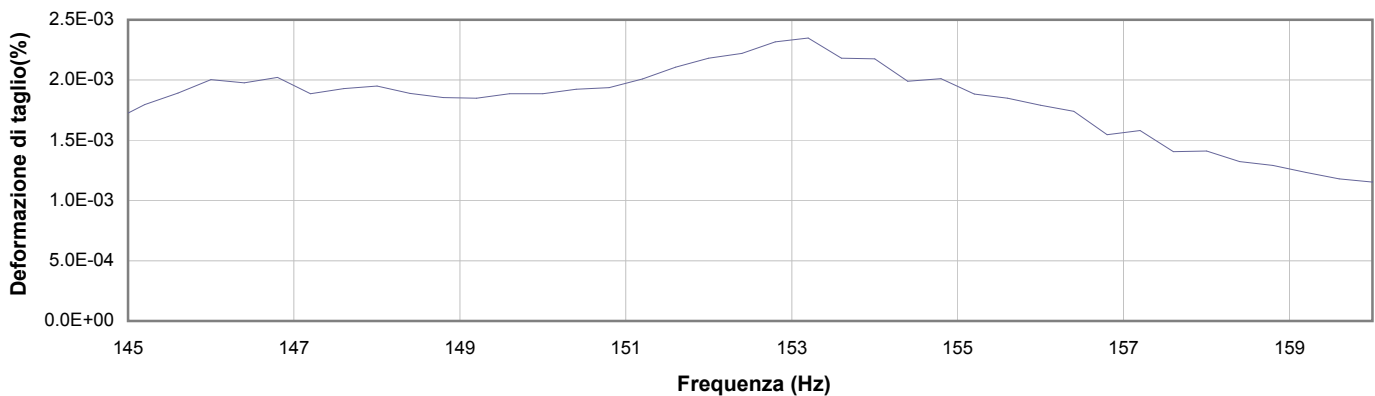
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 7



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

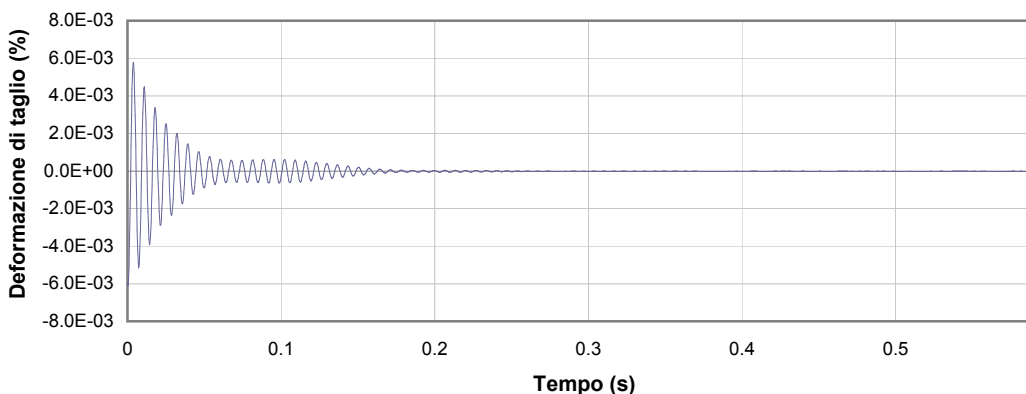
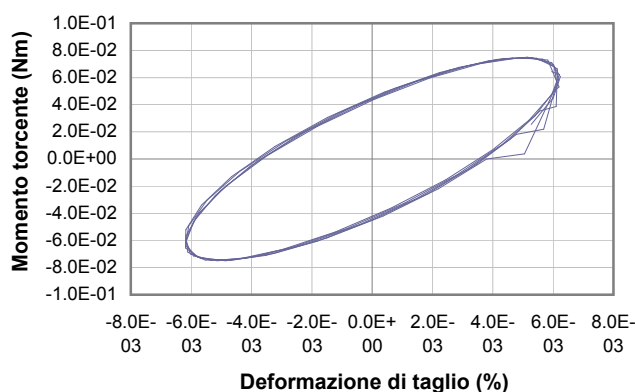
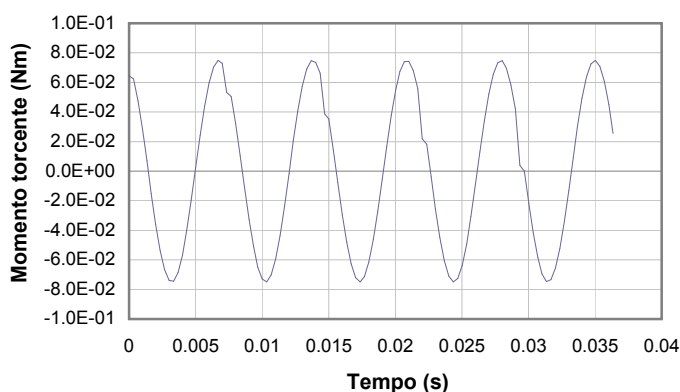
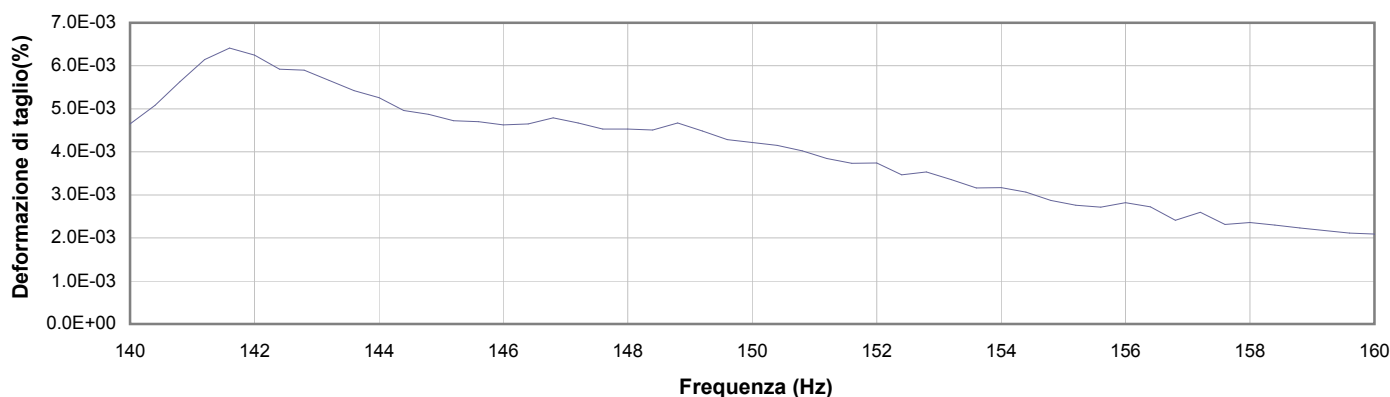
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 8



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

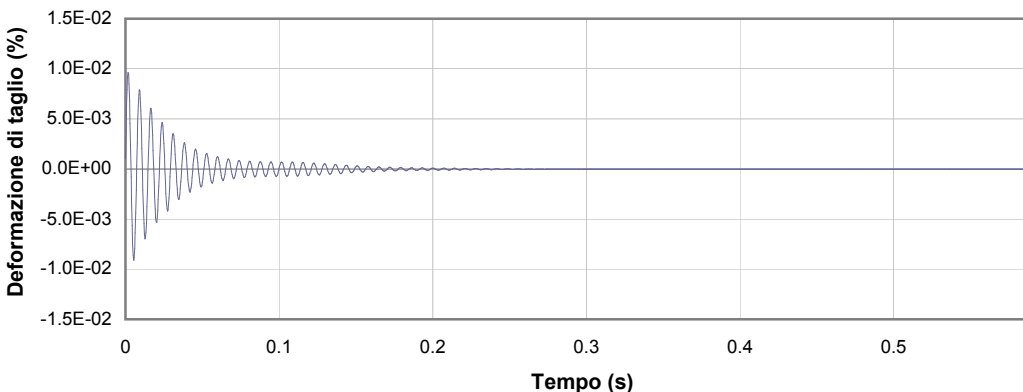
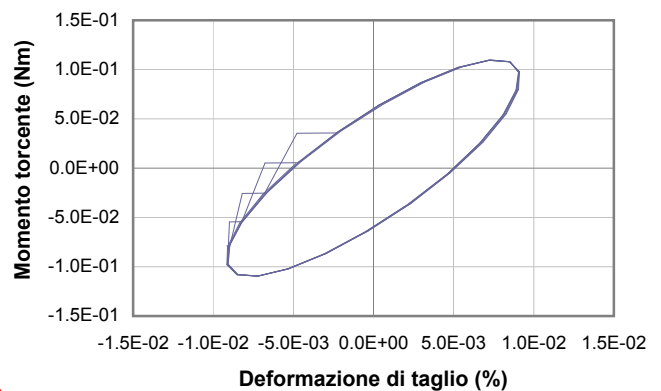
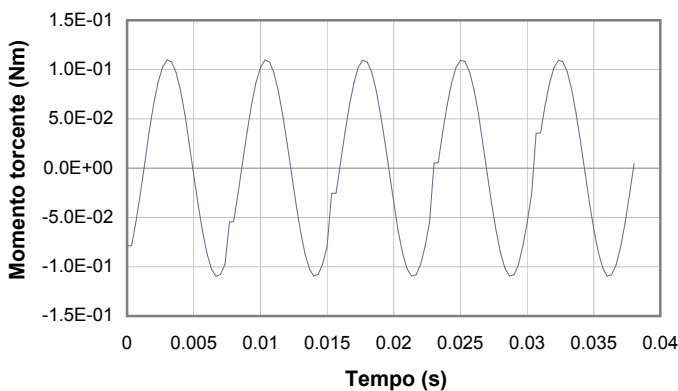
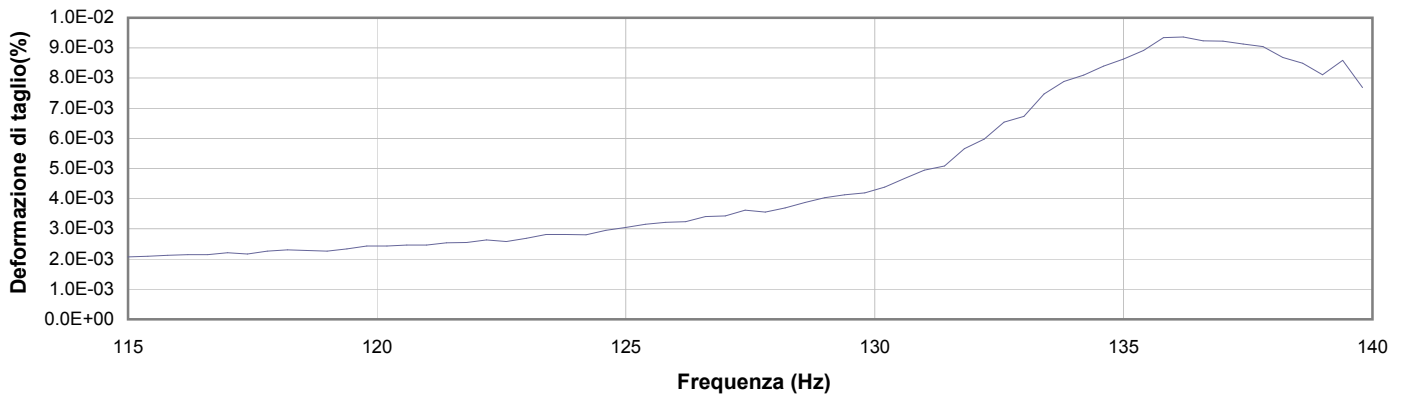
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 9



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

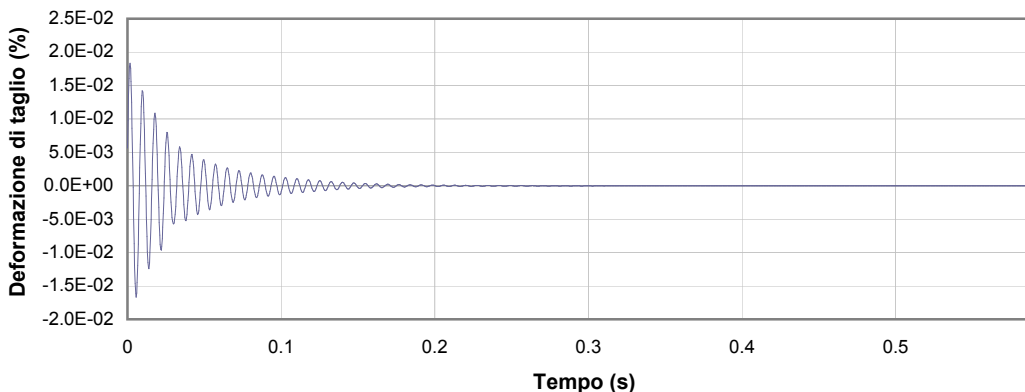
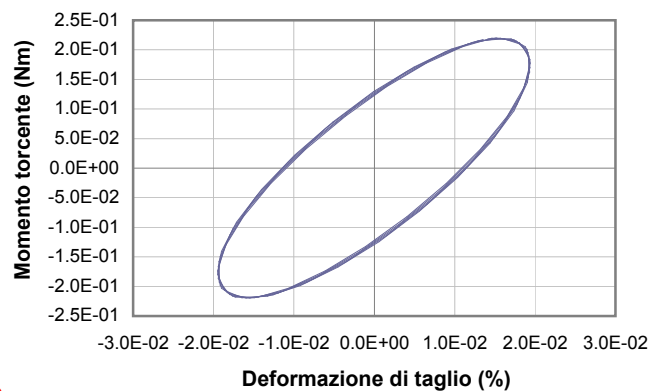
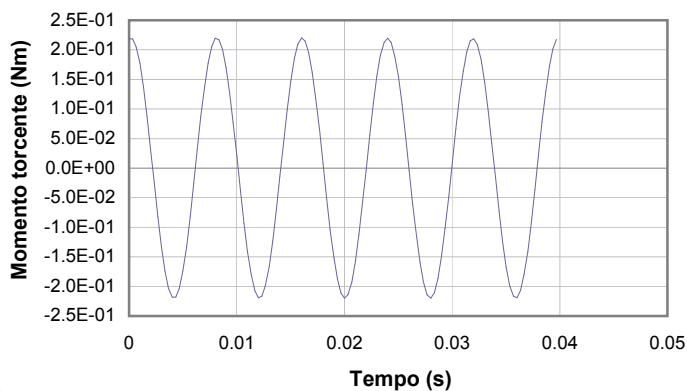
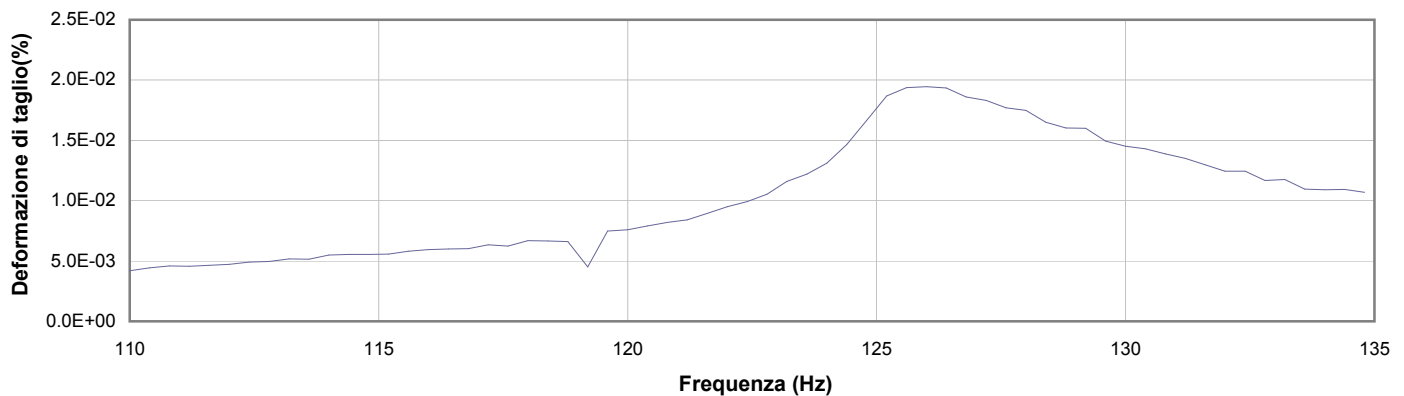
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 10



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

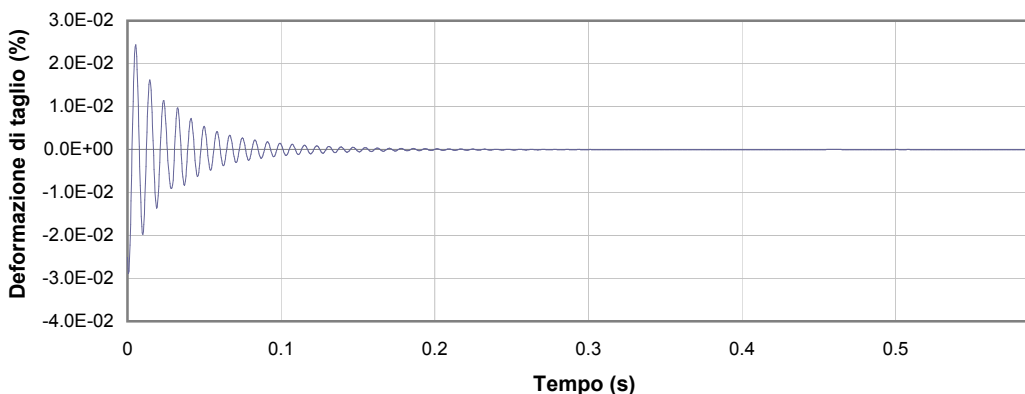
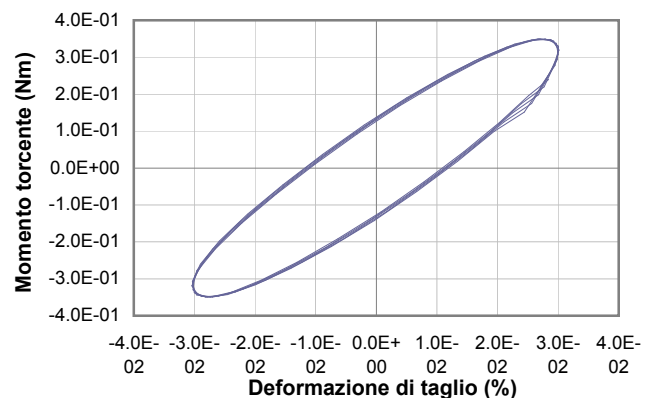
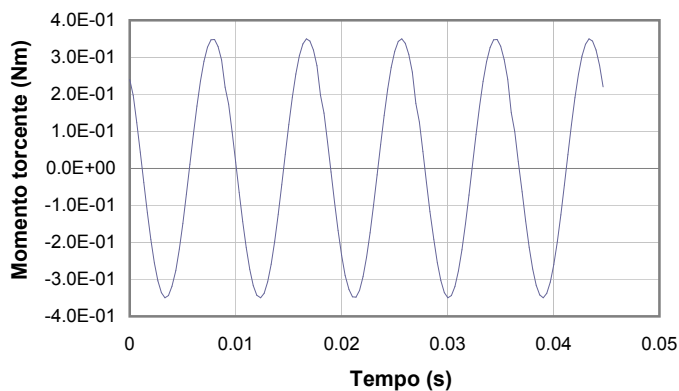
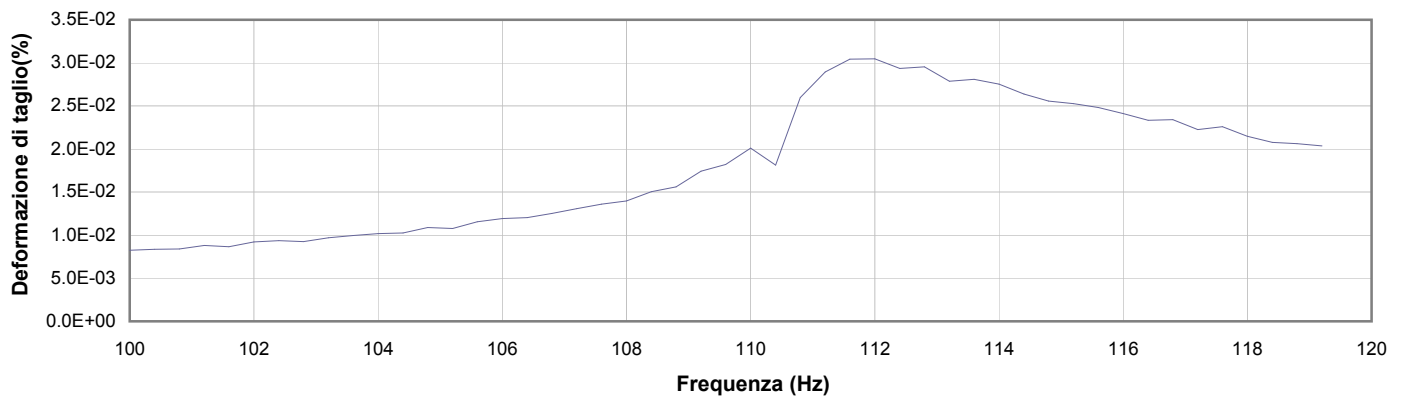
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 11



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

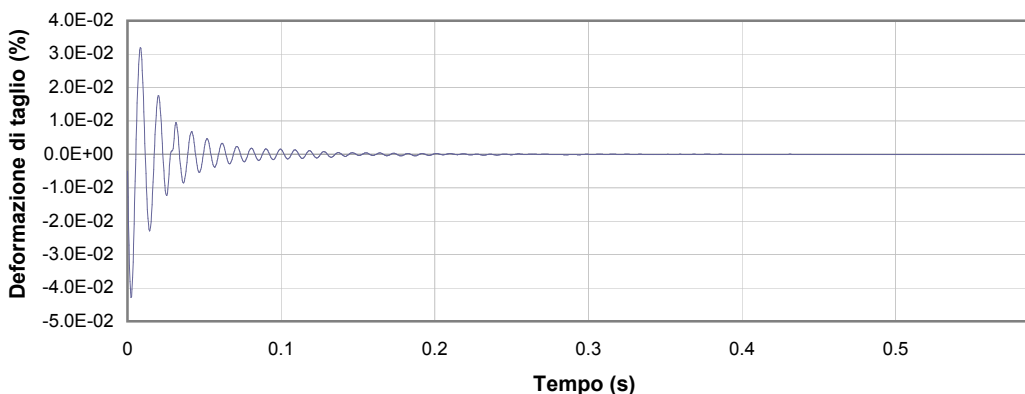
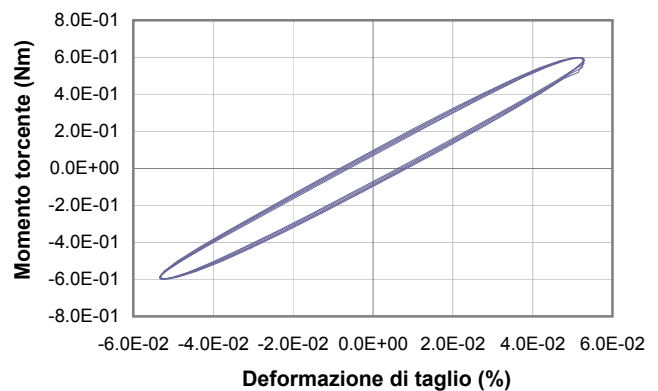
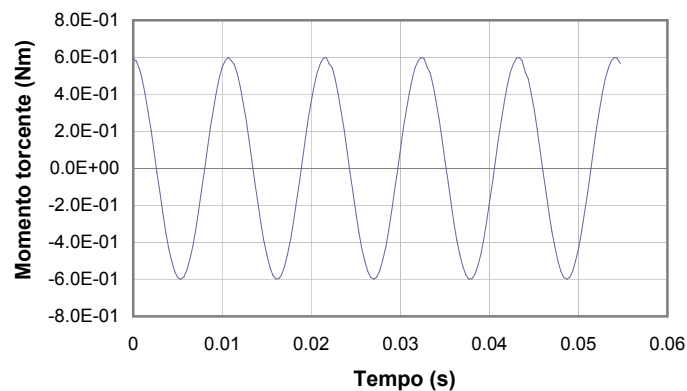
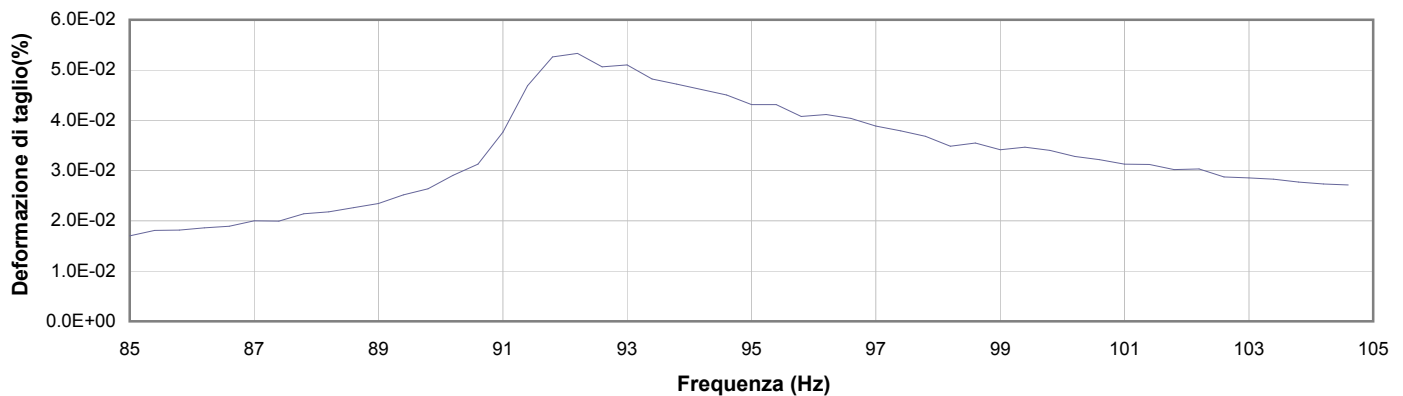
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 12



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 3

**Profondità (m):** 9.50 - 10.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

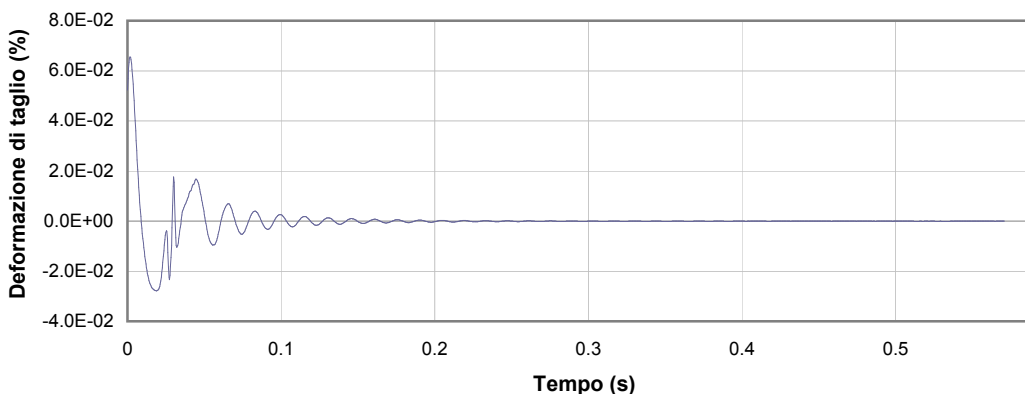
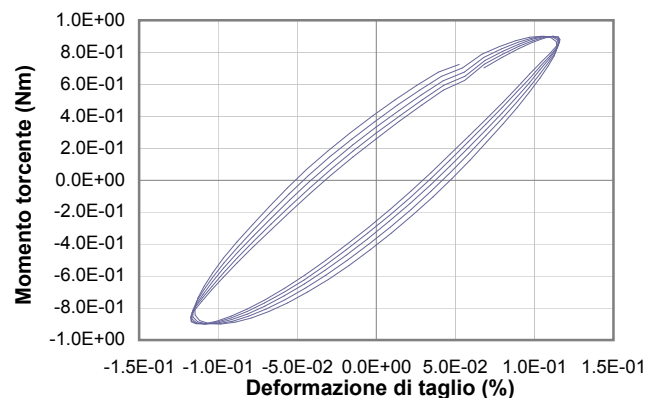
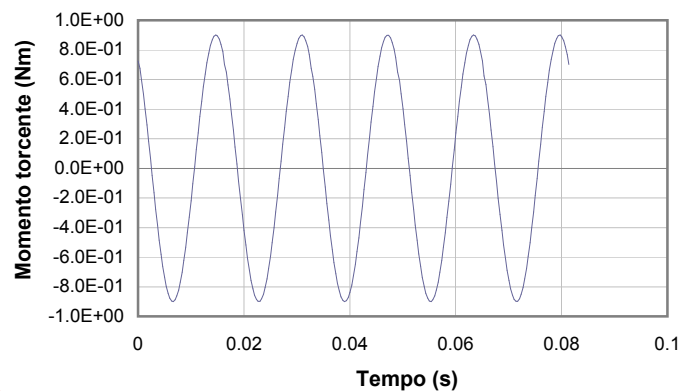
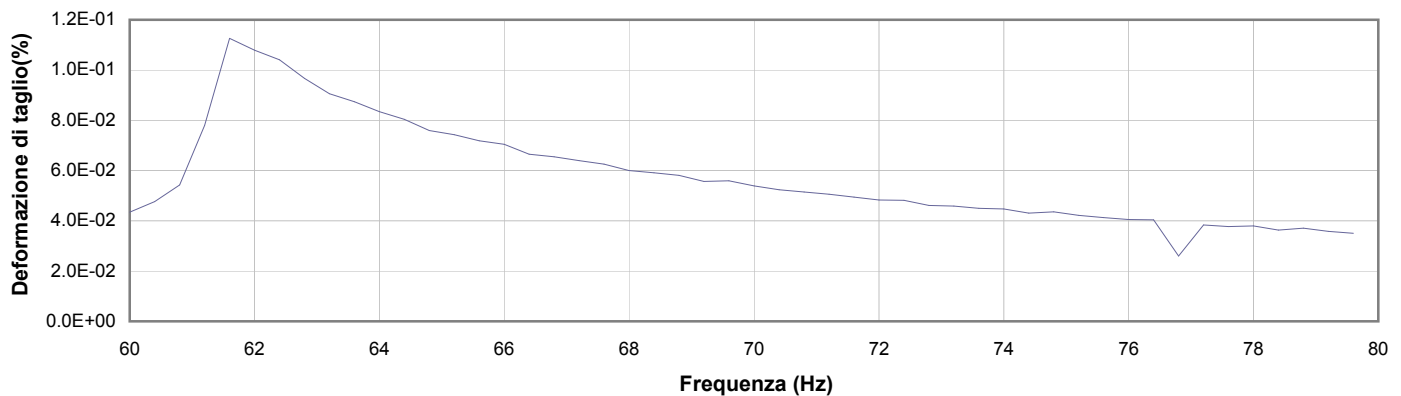
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 15/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 13



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**





**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1Ost4 m 15.50 - 16.10**  
COMMESSA: **16636/17**  
VERBALE ACC.: **256/17**  
DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 15.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 41 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	60	28	DESCRIZIONE: Limo con argilla debolmente sabbioso grigio
			W naturale (%) 35.9
			$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.86
			$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.37
			$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.86
			porosità (%) 49
			indice dei vuoti 0.98
			grado di saturazione (%) 99
			massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) (stimato) 2.700
			PROVE ESEGUITE
16.10 basso	150	62	Umidità Naturale - Trassiale UU -
			Limiti Atterberg SI Trassiale CIU -
			Gran. Setacciatura SI Edometria -
			Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto -
			Peso di Volume - Espansione L.L. -
			Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. -
			Analisi Chimica - Colonna Risonante SI
			Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**

CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**

CAMPIONE: **S10st4 m 15.50 - 16.10**

COMMESSA: 16636/17 DURATA PROVE: 05 - 16/06/17

VERBALE ACC.: 256/17 DATA CONSEGNA: 23/05/17

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

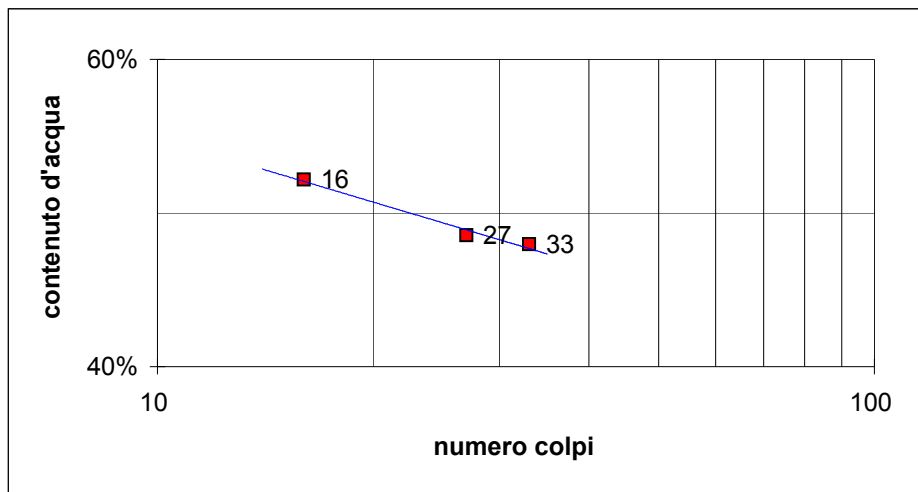
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con argilla debolmente sabbioso grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	33	27	16			
massa umida+ tara (g)	23.24	24.88	26.15	13.08	13.19	632.17
massa secca+ tara (g)	16.45	17.46	17.94	10.53	10.61	572.58
acqua contenuta (g)	6.79	7.42	8.21	2.55	2.58	59.59
tara (g)	2.29	2.17	2.20	2.21	2.32	406.70
peso secco (g)	14.16	15.29	15.74	8.32	8.29	165.88
contenuto d'acqua	48.0%	48.5%	52.2%	30.6%	31.1%	35.9%

Umidità Naturale	Wn =	36%
Limite Liquido	LL =	49%
Limite Plastico	LP =	31%
Indice Plastico	IP =	18%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

# **ANALISI GRANULOMETRICA**

## **(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

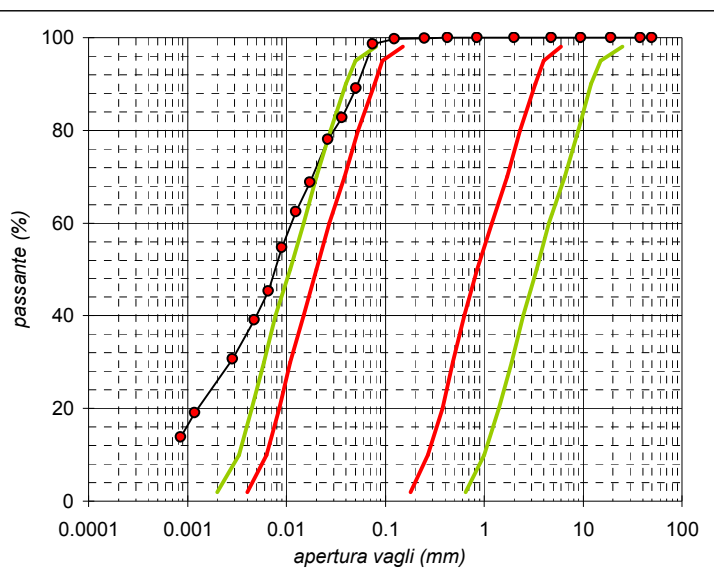
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S10st4 m 15.50 - 16.10		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Limo con argilla debolmente sabbioso grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.01	0.01	0.01	99.99
setaccio	0.850	0.05	0.03	0.04	99.96
setaccio	0.425	0.03	0.02	0.05	99.95
setaccio	0.250	0.06	0.04	0.09	99.91
setaccio	0.125	0.27	0.16	0.25	99.75
setaccio	0.075	1.86	1.12	1.37	98.63
calcolato	0.0504	15.92	9.60	10.97	89.03
calcolato	0.0366	10.36	6.24	17.22	82.78
calcolato	0.0264	7.77	4.68	21.90	78.10
calcolato	0.0173	15.53	9.36	31.26	68.74
calcolato	0.0125	10.36	6.24	37.51	62.49
calcolato	0.0091	12.94	7.80	45.31	54.69
calcolato	0.0066	15.53	9.36	54.67	45.33
calcolato	0.0048	10.36	6.24	60.92	39.08
calcolato	0.0028	13.86	8.35	69.27	30.73
calcolato	0.0012	19.34	11.66	80.93	19.07
calcolato	0.0009	8.69	5.24	86.17	13.83
fondo		22.95	13.83	100.00	0.00
TOTALE		165.88		$\phi$ max (mm) =	2.19

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		49.99
t° C	Tempo (s)	Lettura
28.5	30	30.5
28.5	60	28.5
28.5	120	27
28.5	300	24
28.5	600	22
28.5	1200	19.5
28.5	2400	16.5
28.5	4800	14.5
27.5	14400	12
29	86400	8
28	172800	6.5
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm 0.0%	> 2,00 mm 0.0%
SABBIA	> 0,075 mm 1.4%	> 0,06 mm 6.8%
LIMO	> 2 $\mu$ 72.6%	> 2 $\mu$ 67.2%
ARGILLA	< 2 $\mu$ 26.0%	< 2 $\mu$ 26.0%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

<b>Committente:</b>	<b>dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara</b>	<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Località:</b>	<b>Comacchio (FE)</b>	<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>256/17</b>
<b>Cantiere:</b>	<b>Scuola Via Fattibello</b>	<b>Commessa:</b>	<b>16636/17</b>
<b>Sondaggio:</b>	<b>S1</b>	<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>23/05/17</b>
<b>Campione:</b>	<b>Ost 4</b>	<b>Data prova:</b>	<b>12/06/17</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>15.50 - 16.10</b>	<b>Data emissione certificato:</b>	

DATI INIZIALI			DATI DI PROVA			DATI FINALI		
Altezza:	140.00	mm	Tipo di campione:	Limo con argilla		Altezza:	137.56	mm
Diametro:	70.00	mm		debolmente		Diametro:	68.75	mm
Raggio eq.:	24.745	mm		sabbioso grigio		Raggio eq.:	24.305	mm
Massa:	1000.9	g	Fattore Raggio Eq.:	0.707	-	Massa:	972.7	g
W:	35.9	%	Coefficiente B:	0.99	%	W:	32.5	%
γ:	18.22	kN/m <sup>3</sup>	Pressione cella:	600	kPa	γ:	19.05	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	13.41	-	Contropressione:	450	kPa	γ <sub>s</sub> :	14.37	-
e:	0.98	-				e:	0.88	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V <sub>s</sub> (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G <sub>0</sub>	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ <sup>3</sup>
Test 1*	152.00	0.0002	3.00E-05	187.71	67.42	1.000	0.51	0.000
Test 2	152.00	0.0004	5.60E-05	187.71	67.42	1.000	0.55	0.000
Test 3	151.60	0.0006	7.90E-05	187.21	67.06	0.995	0.57	0.000
Test 4	151.60	0.0010	1.39E-04	187.21	67.06	0.995	0.62	0.000
Test 5	151.60	0.0020	2.81E-04	187.21	67.06	0.995	0.67	0.000
Test 6	150.40	0.0050	7.19E-04	185.73	66.00	0.979	0.73	0.000
Test 7	149.60	0.0070	1.05E-03	184.74	65.30	0.969	0.76	0.000
Test 8	148.40	0.0150	1.56E-03	183.26	64.26	0.953	0.89	0.000
Test 9	147.00	0.0300	2.50E-03	181.53	63.05	0.935	1.03	0.000
Test 10	142.60	0.0498	5.44E-03	176.10	59.34	0.880	1.29	0.000
Test 11	139.20	0.0800	8.54E-03	171.90	56.54	0.839	1.53	0.000
Test 12	134.20	0.1300	1.27E-02	165.73	52.55	0.779	2.05	0.006
Test 13	126.00	0.2493	2.10E-02	155.60	46.33	0.687	3.58	0.026
Test 14	117.80	0.3996	3.17E-02	145.47	40.49	0.601	5.43	0.057
Test 15	107.40	0.6990	4.68E-02	132.63	33.66	0.499	7.25	0.131
Test 16	95.80	0.9995	6.32E-02	118.31	26.78	0.397	8.49	0.226
Test 17	84.80	1.2999	8.17E-02	104.72	20.98	0.311	9.43	0.289
Test 18	74.40	1.5996	1.07E-01	91.88	16.15	0.240	10.58	0.337
Test 19	64.80	1.9998	1.46E-01	80.02	12.25	0.182	11.58	0.433

\* Test 1 corrispondente al valore G<sub>0</sub>

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°: 256/17**

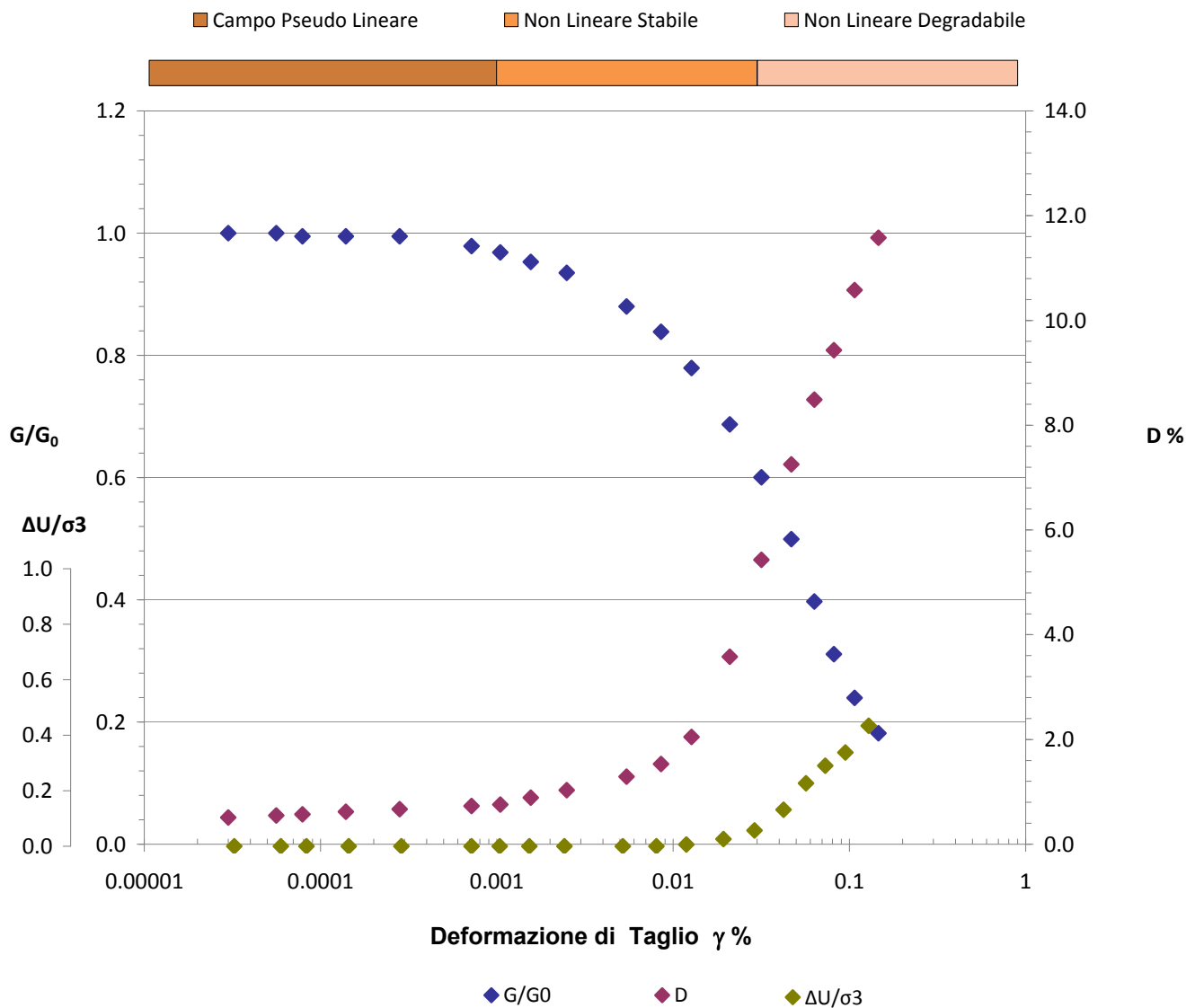
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

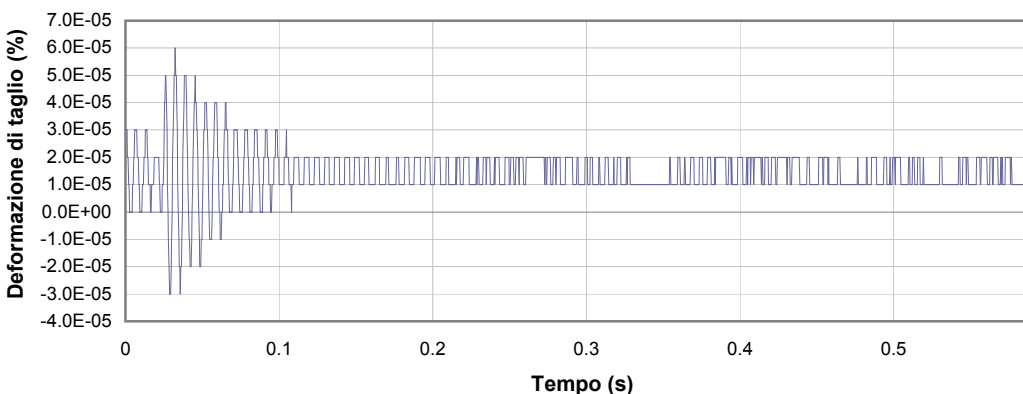
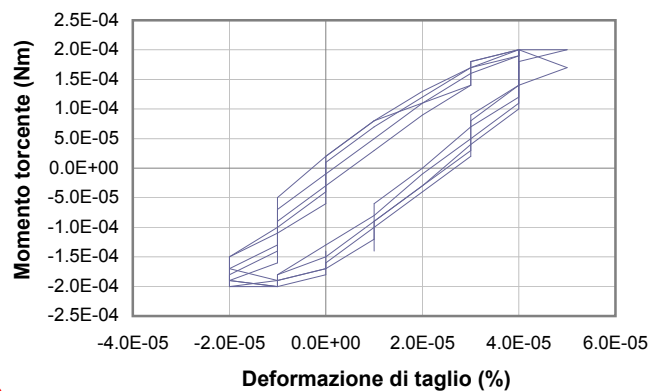
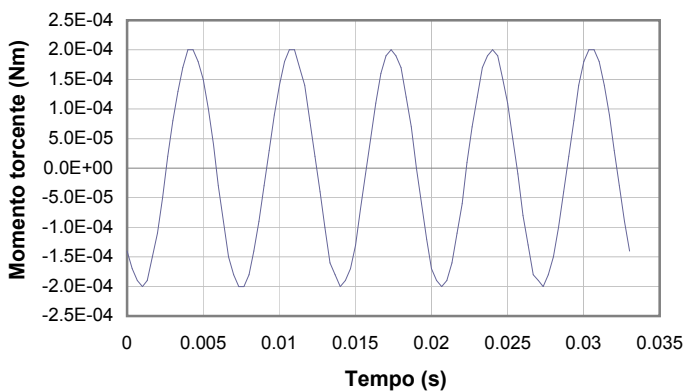
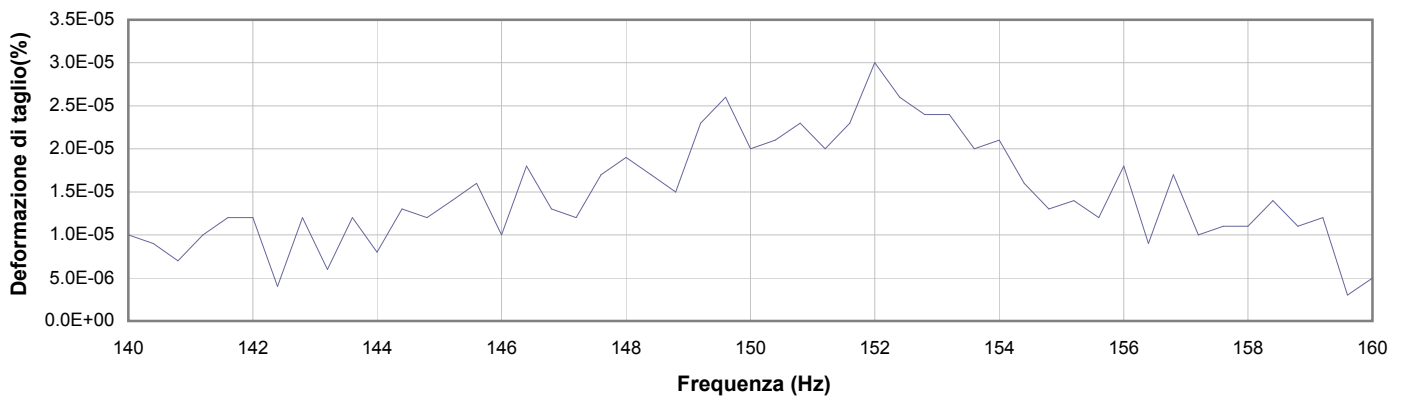
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 1



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

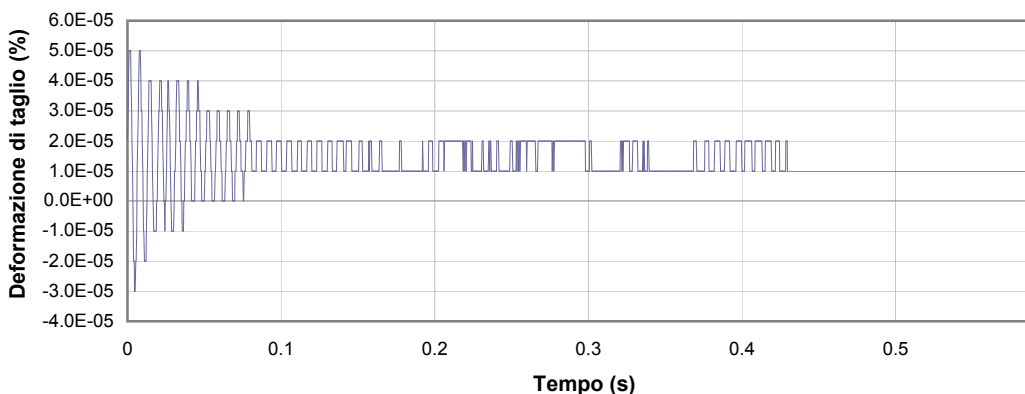
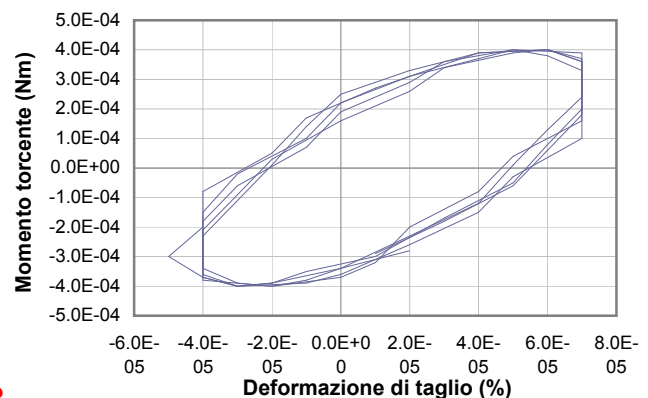
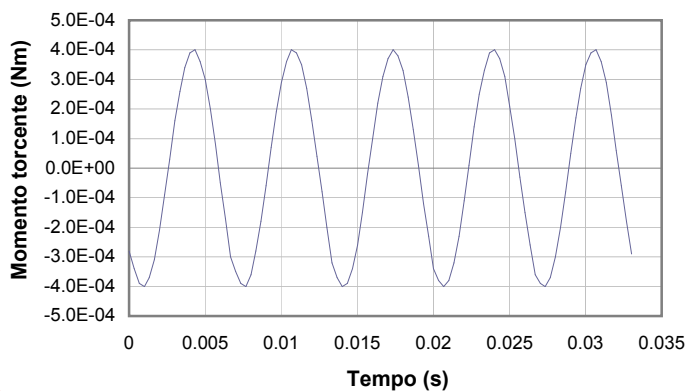
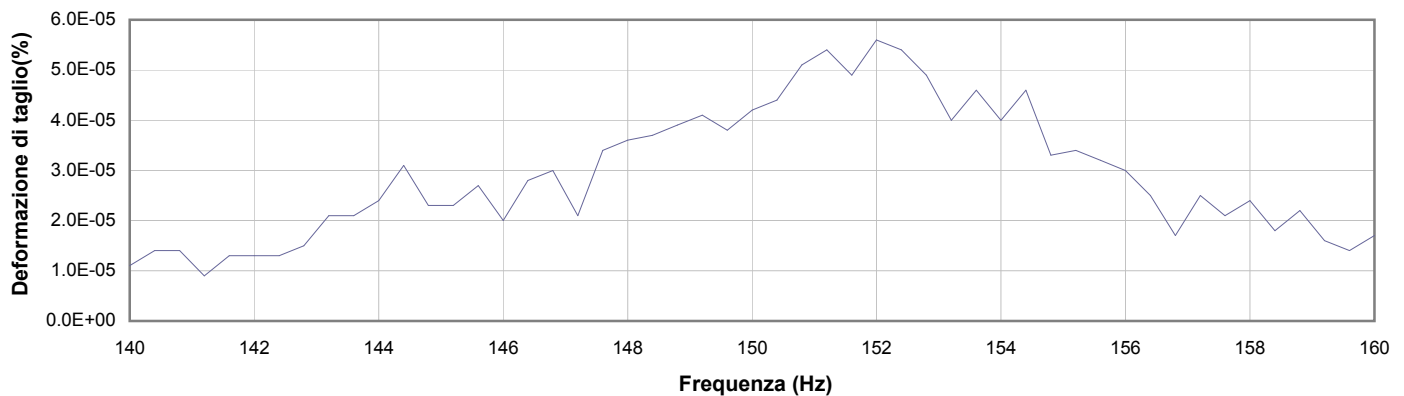
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 2



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

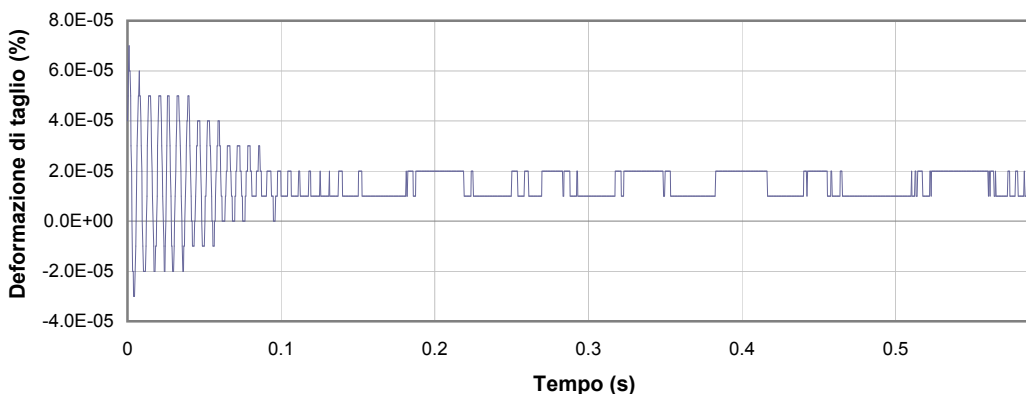
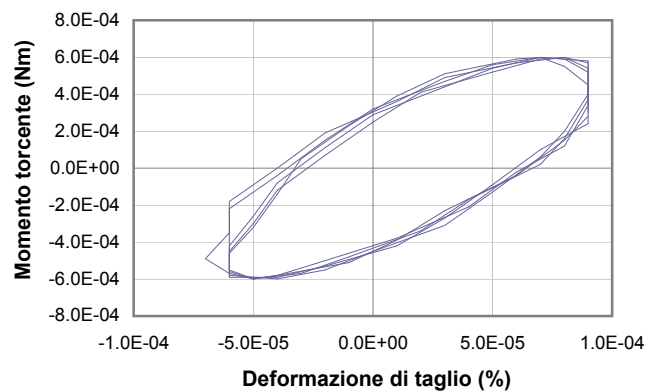
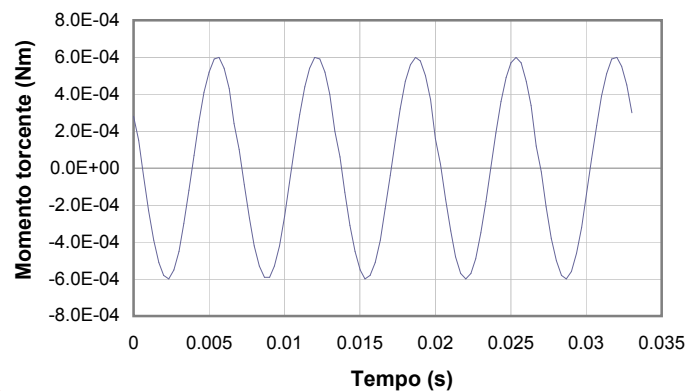
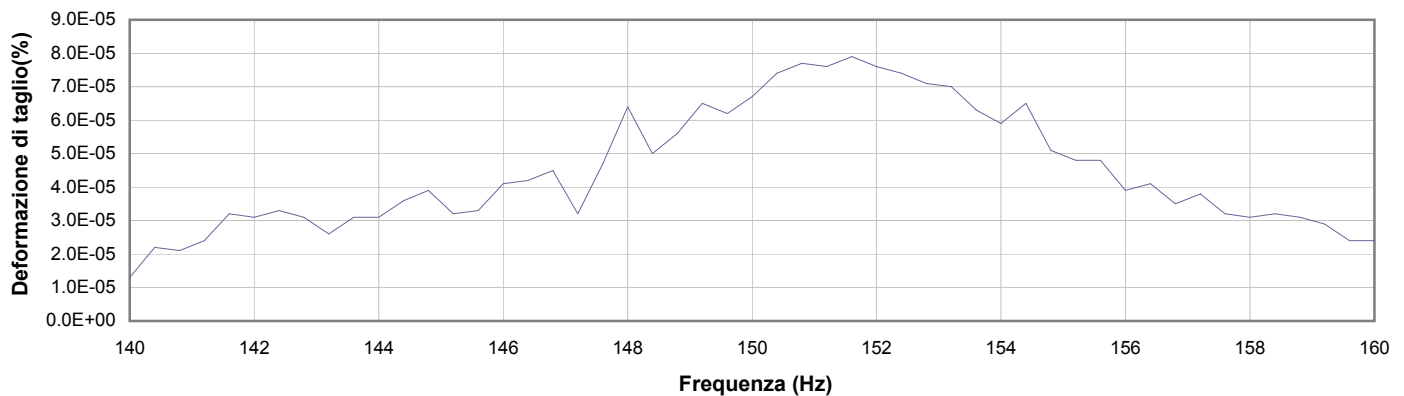
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 3



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

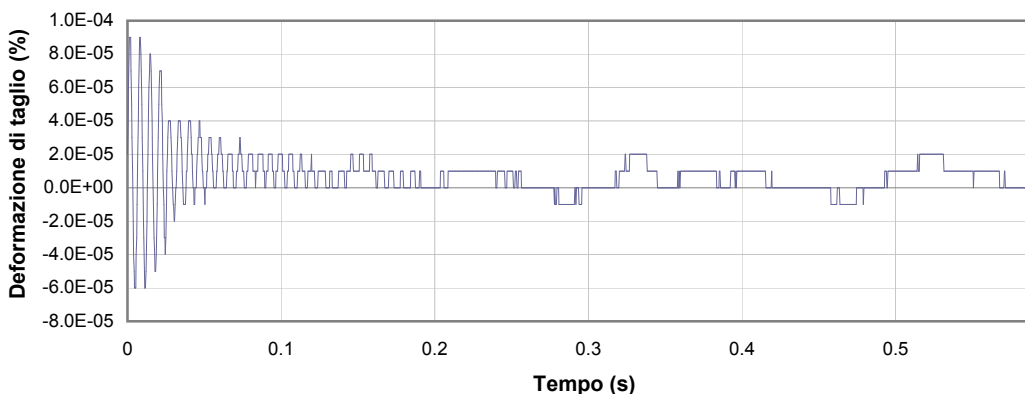
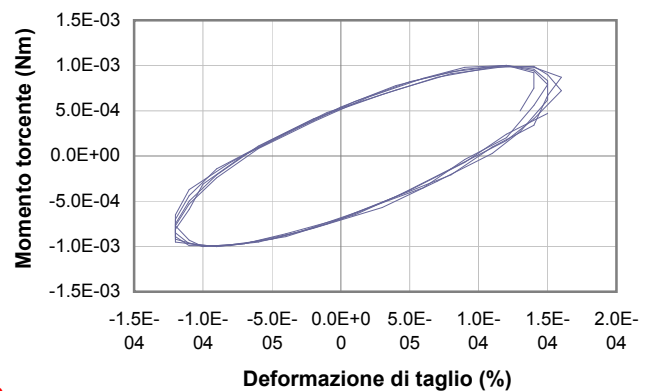
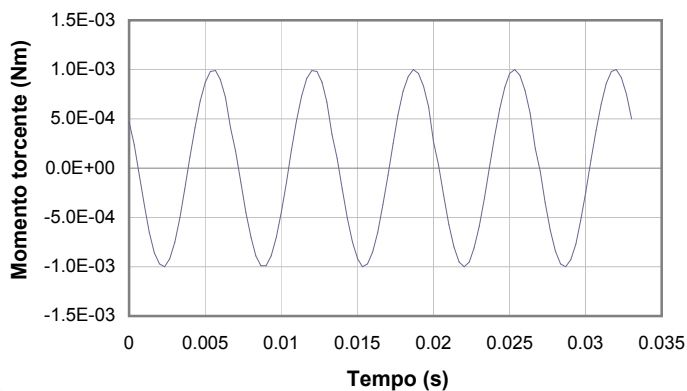
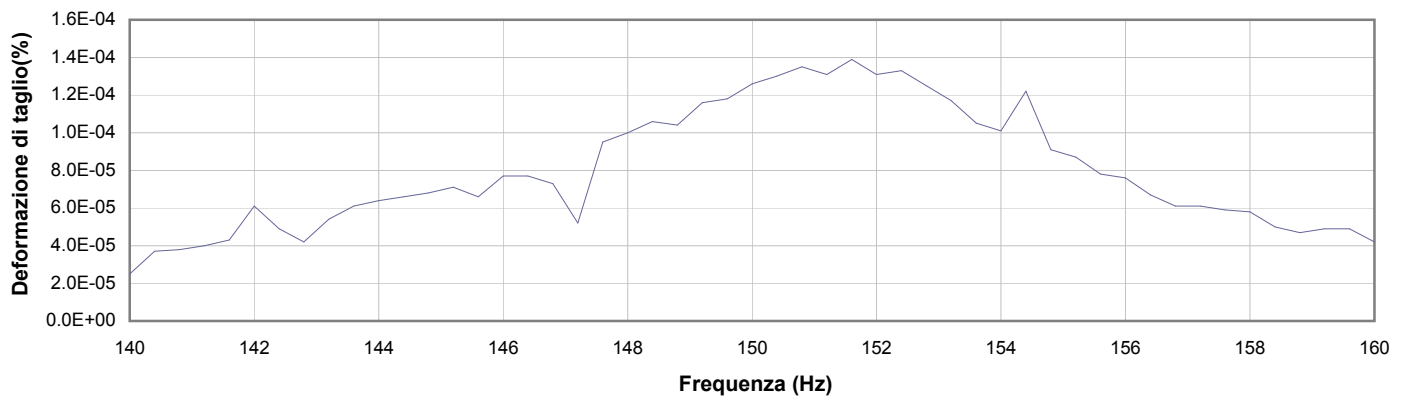
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 4



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

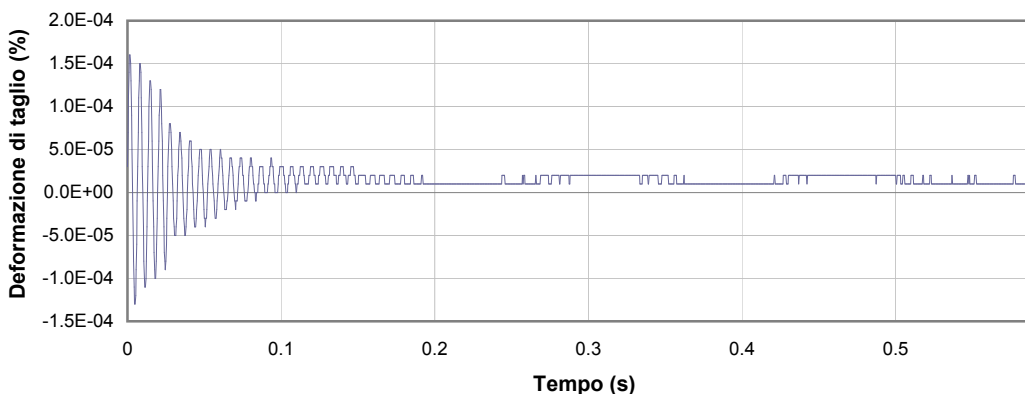
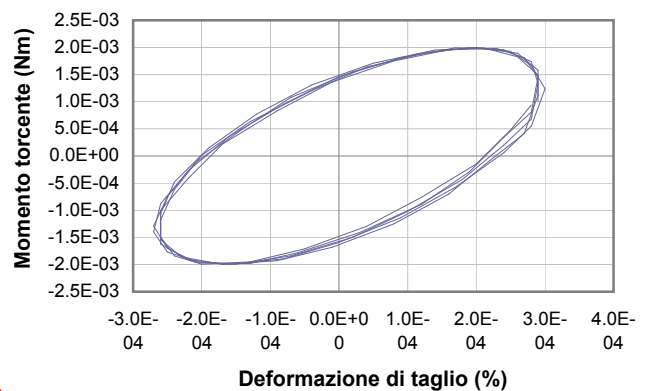
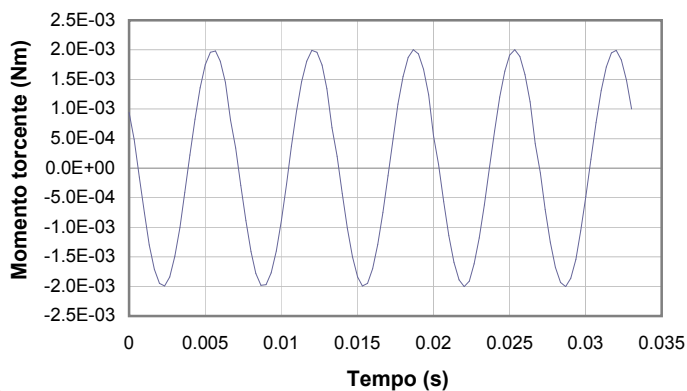
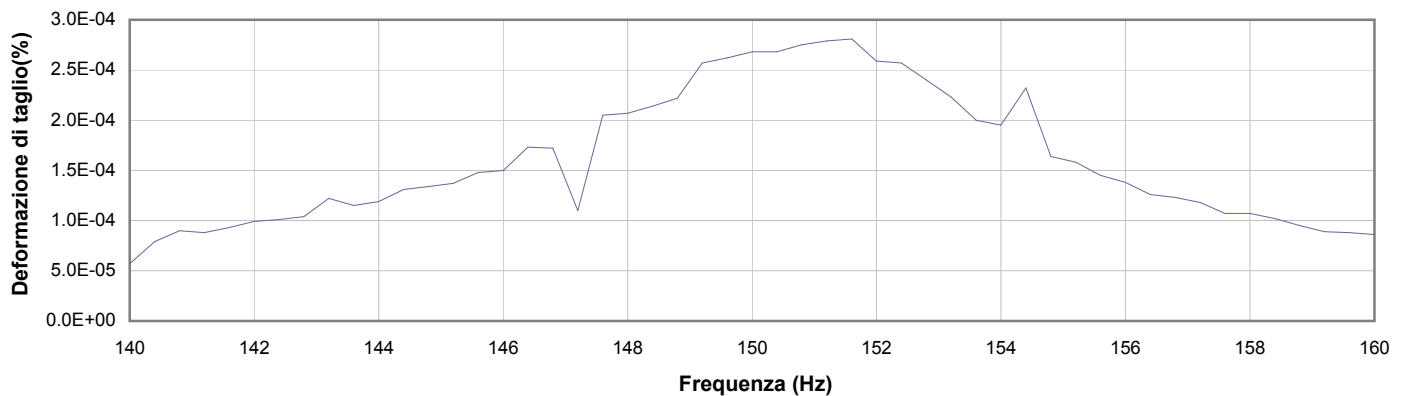
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 5



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

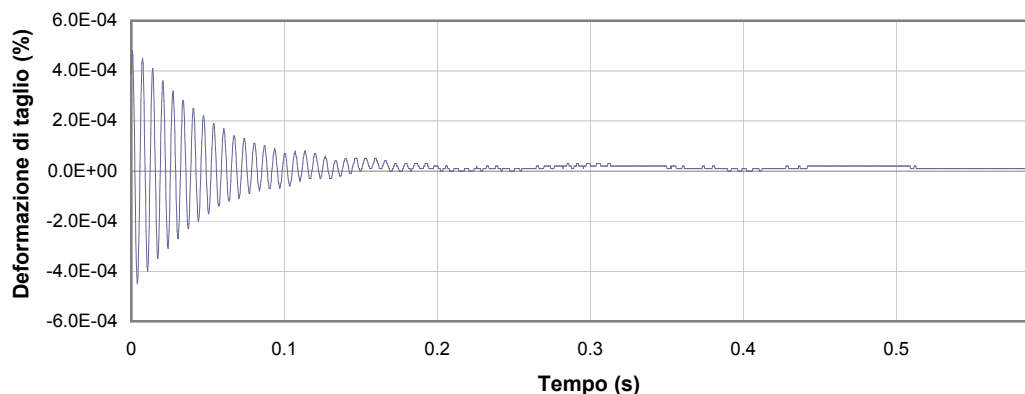
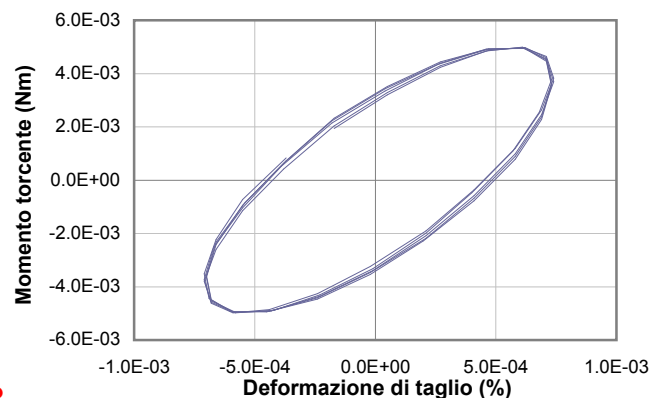
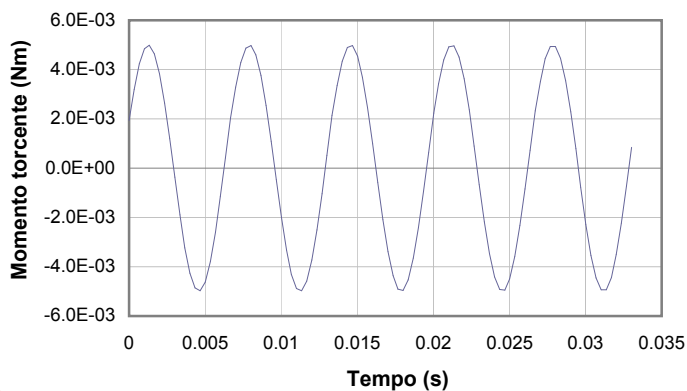
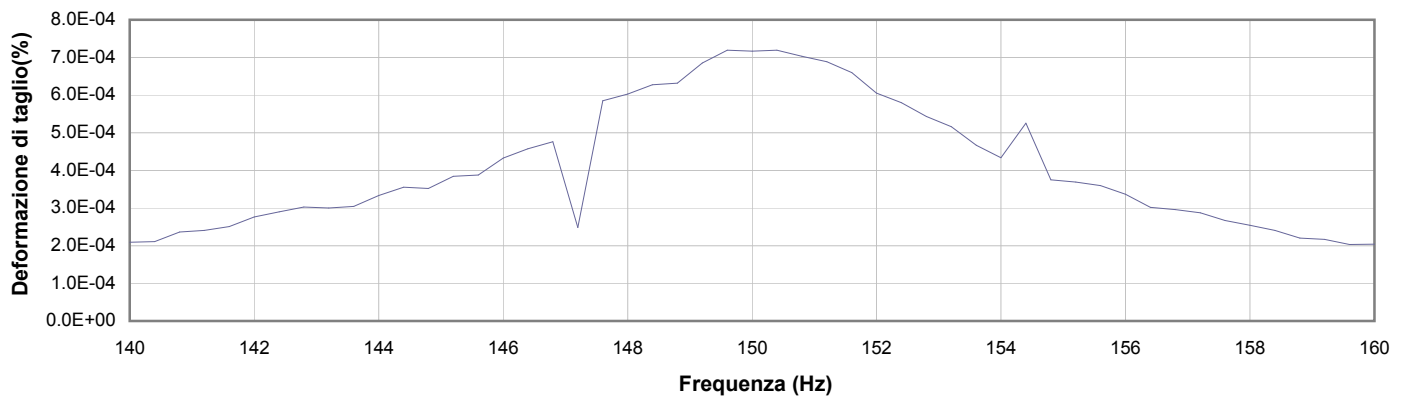
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 6



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

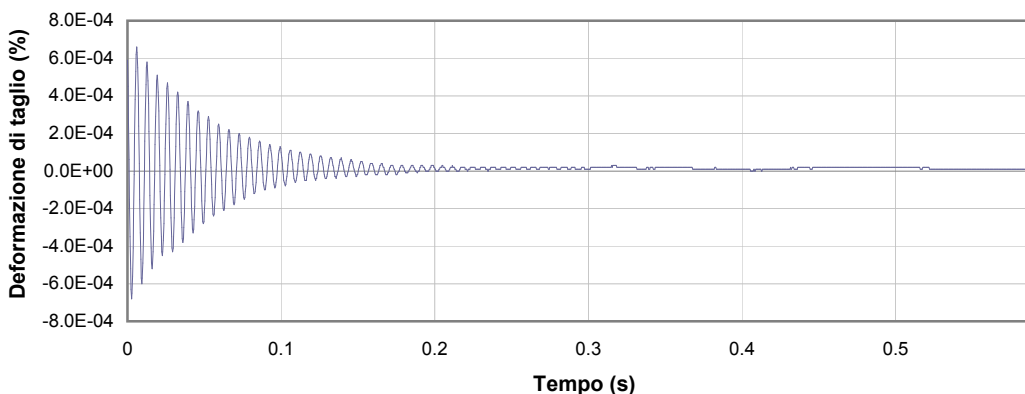
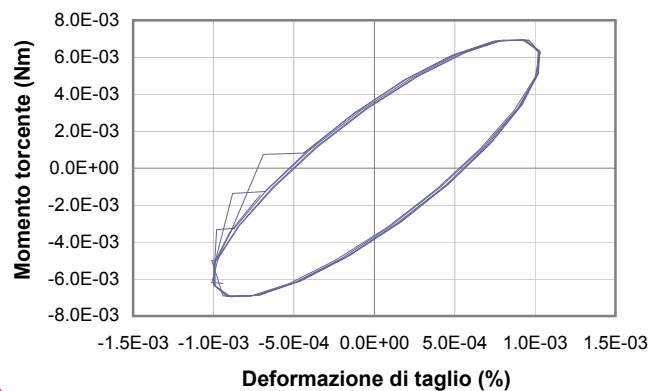
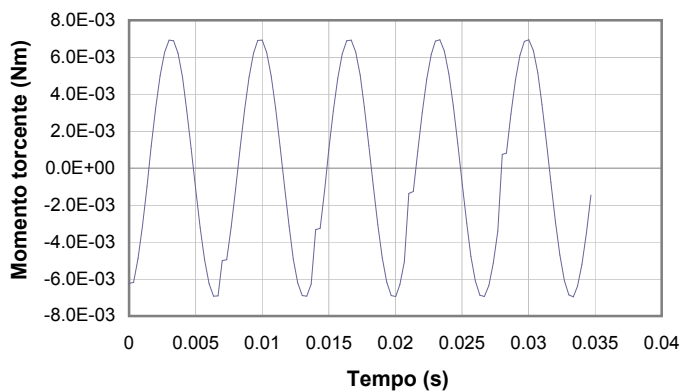
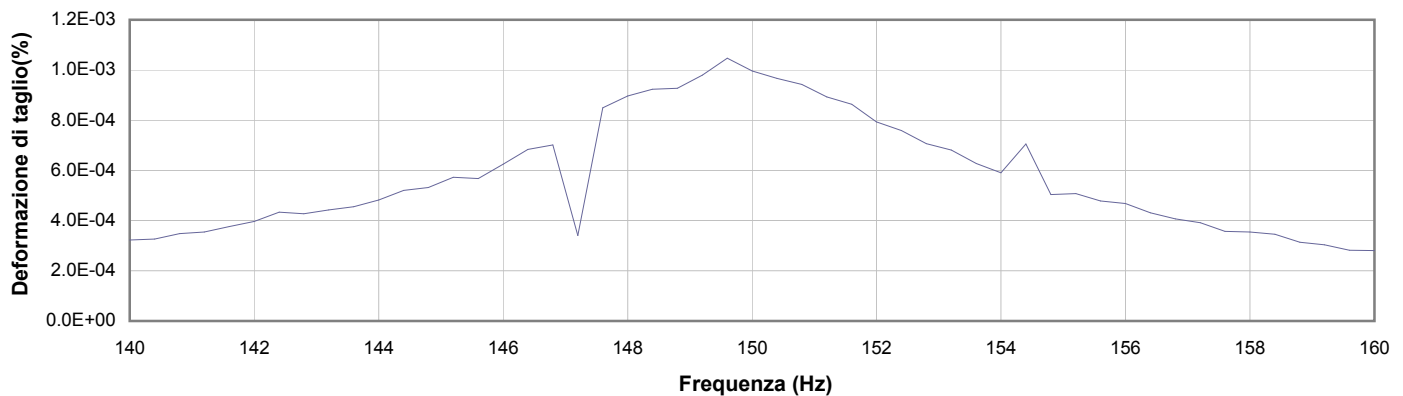
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 7



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

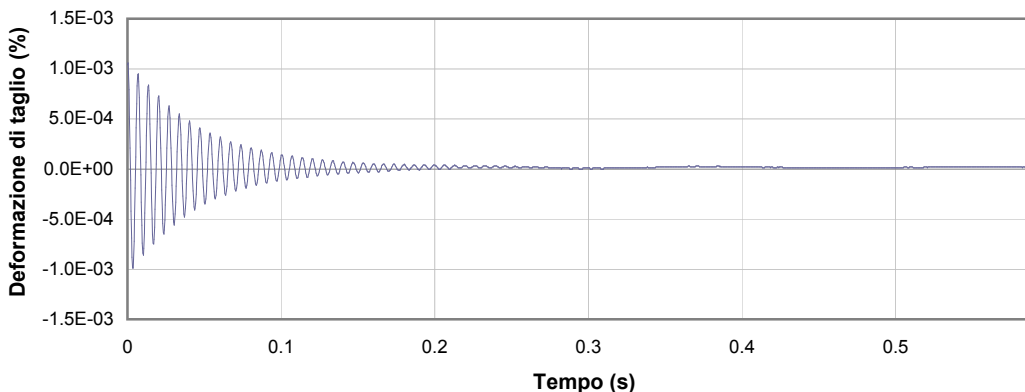
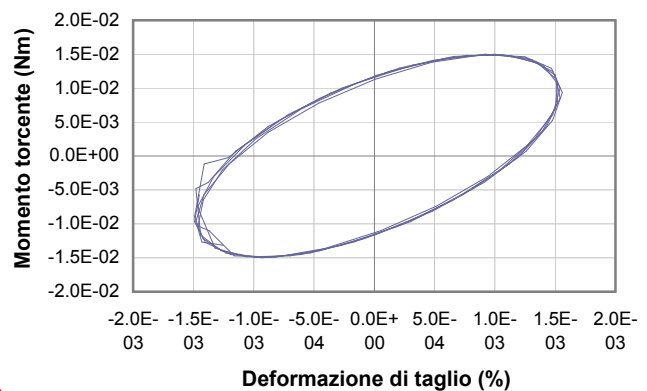
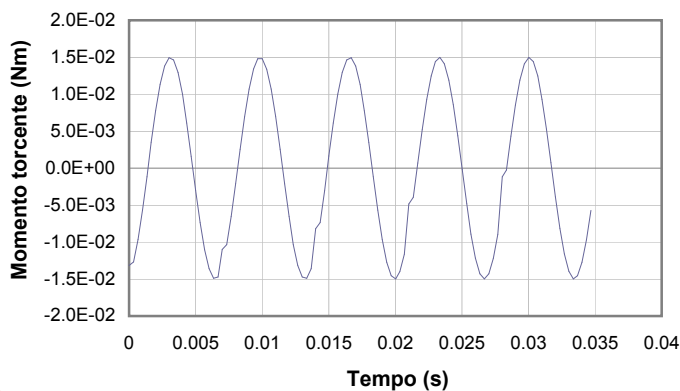
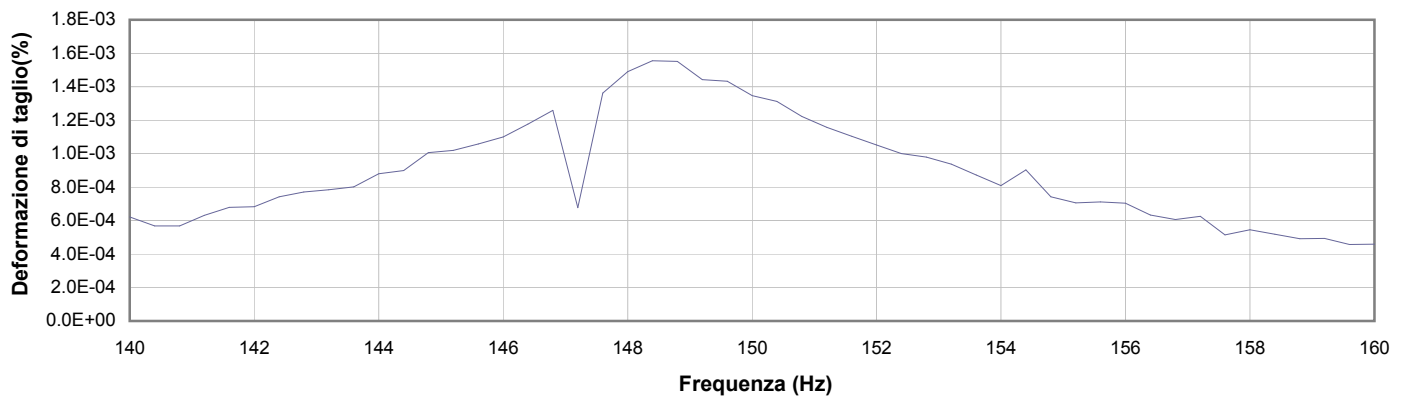
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 8



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

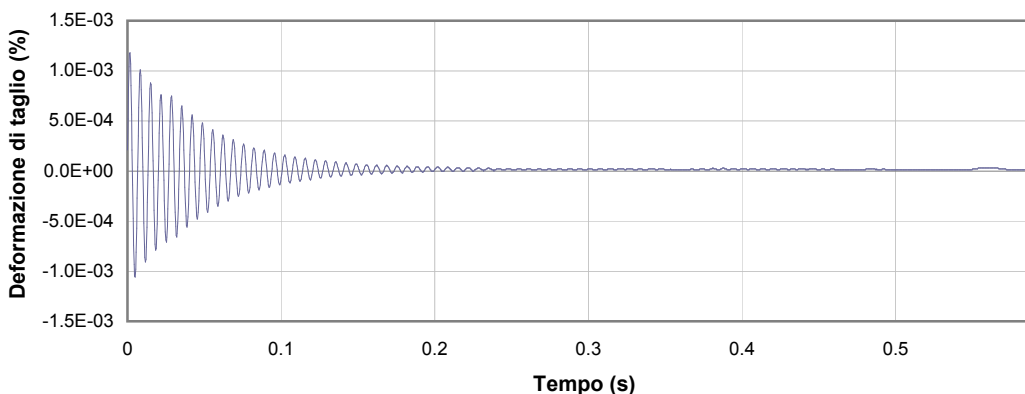
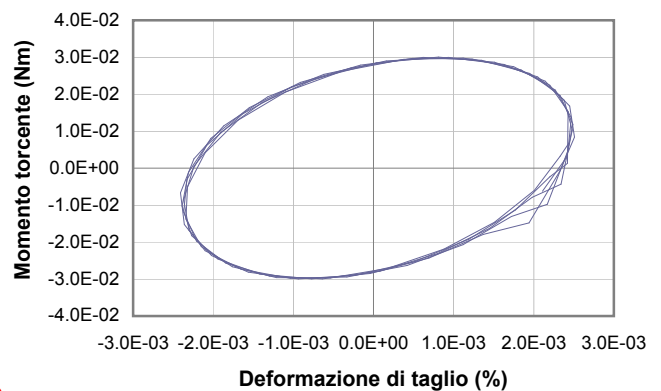
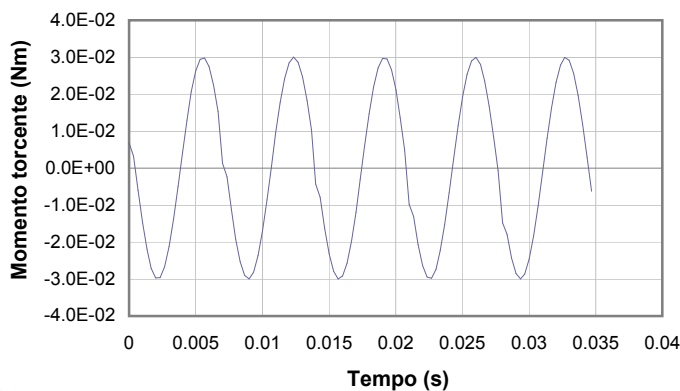
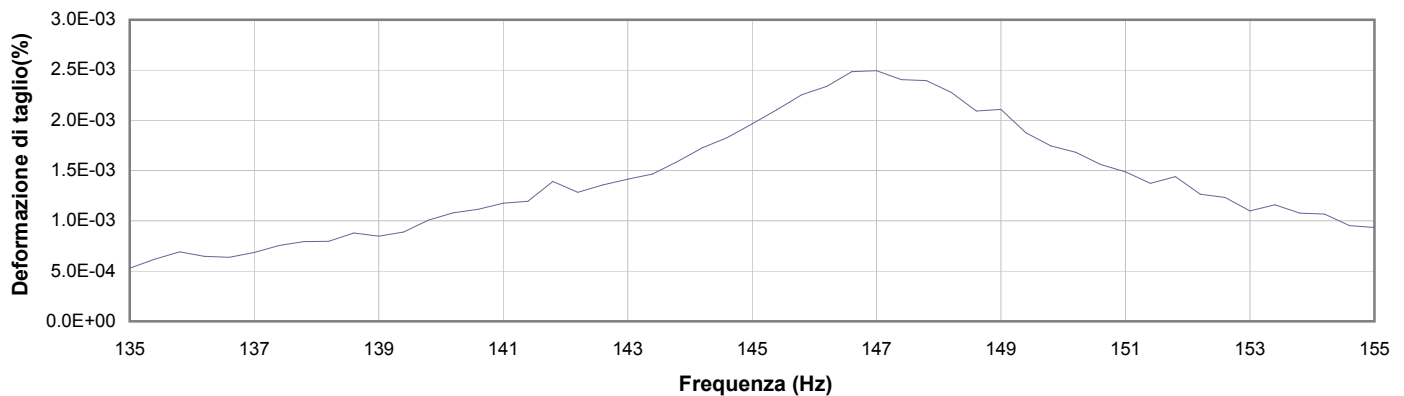
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 9



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

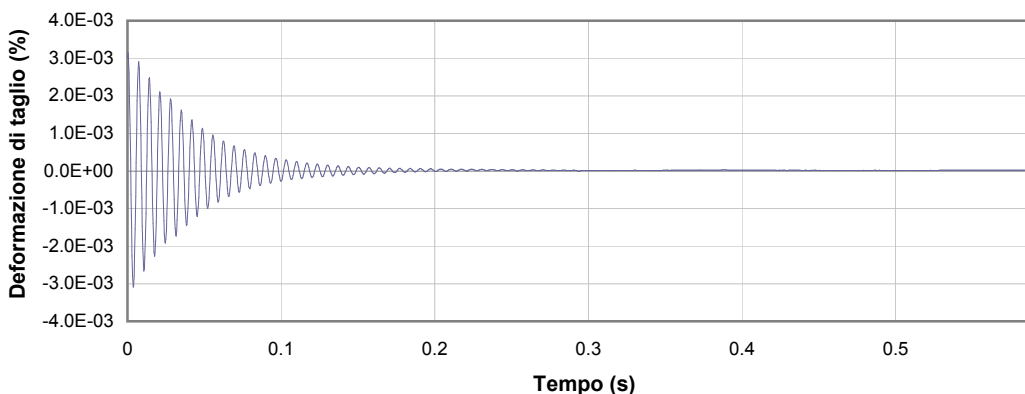
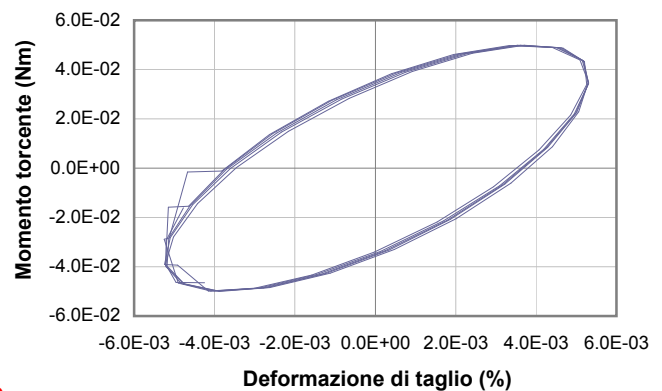
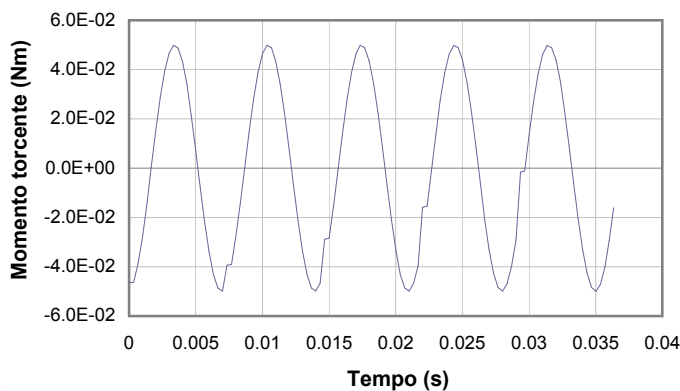
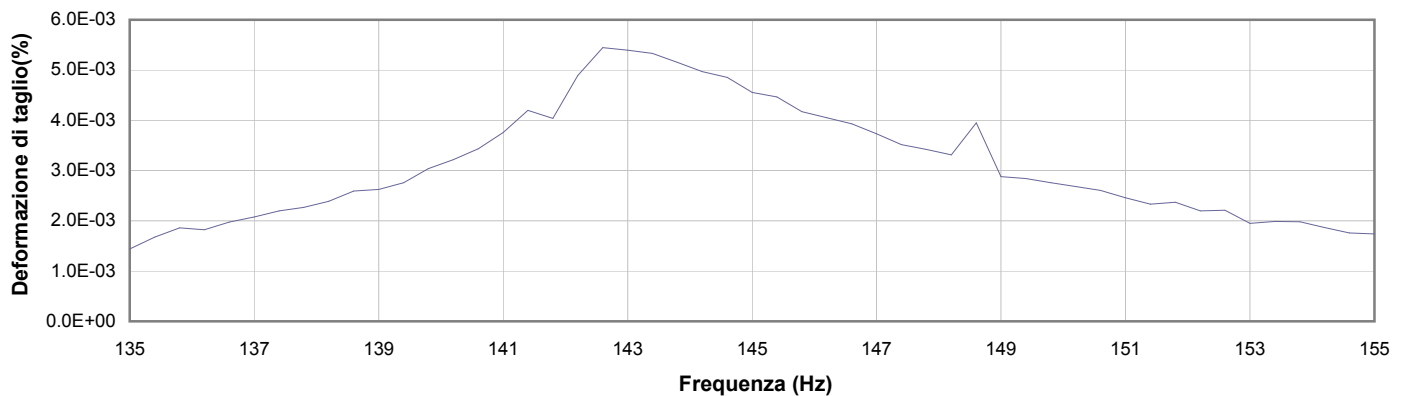
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 10



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

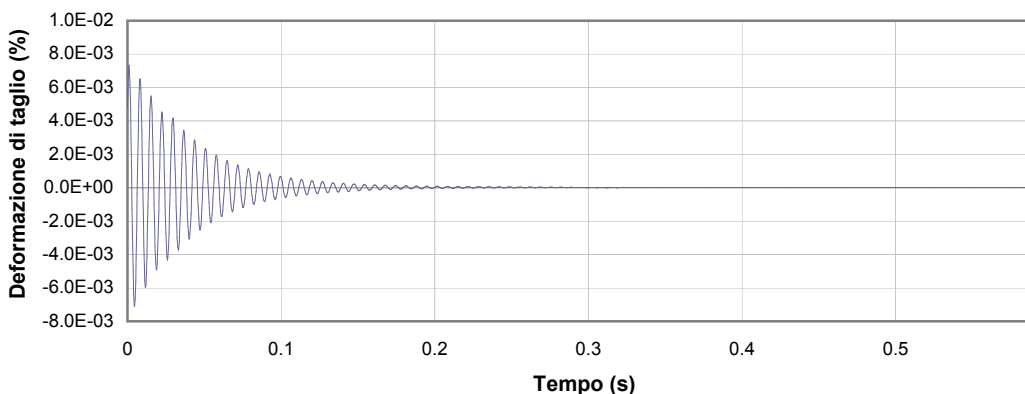
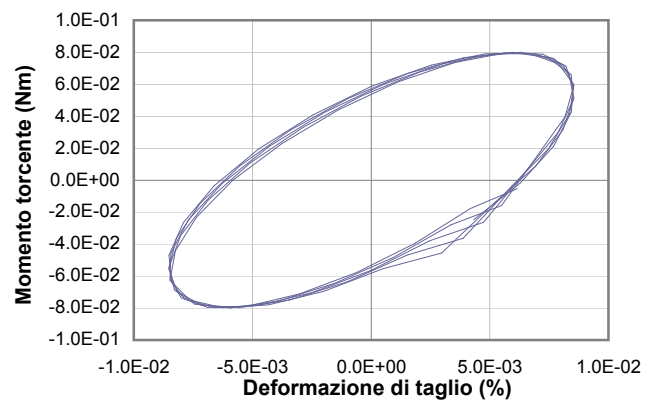
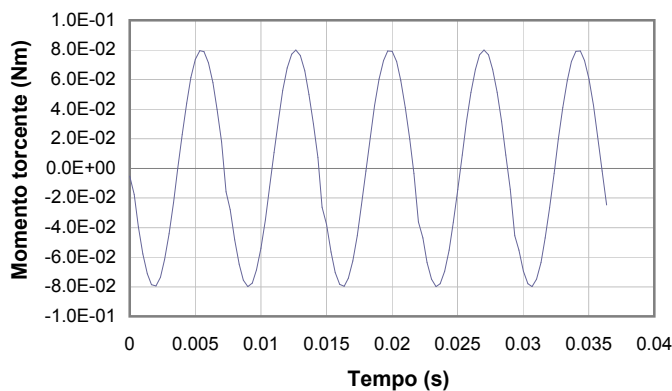
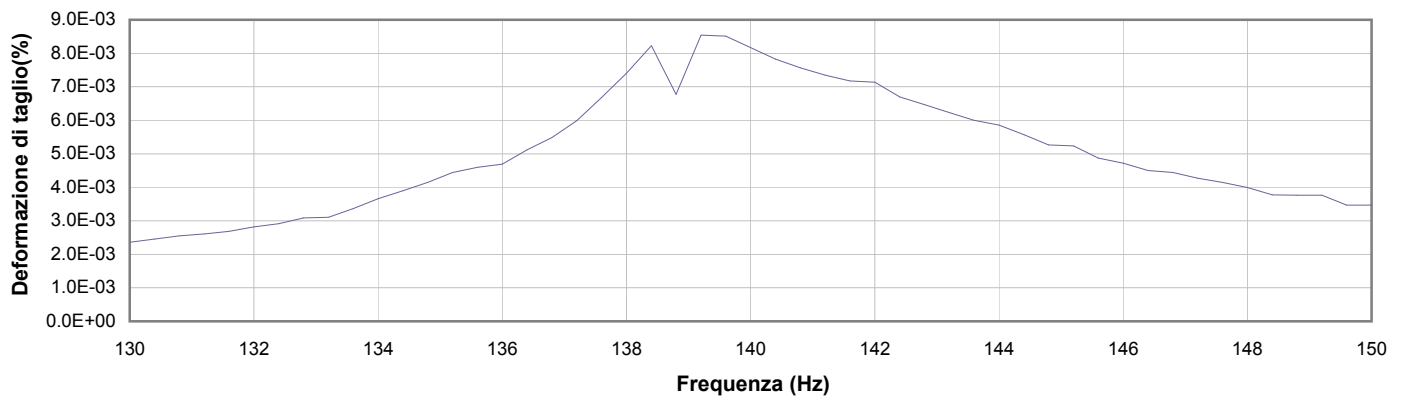
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 11



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

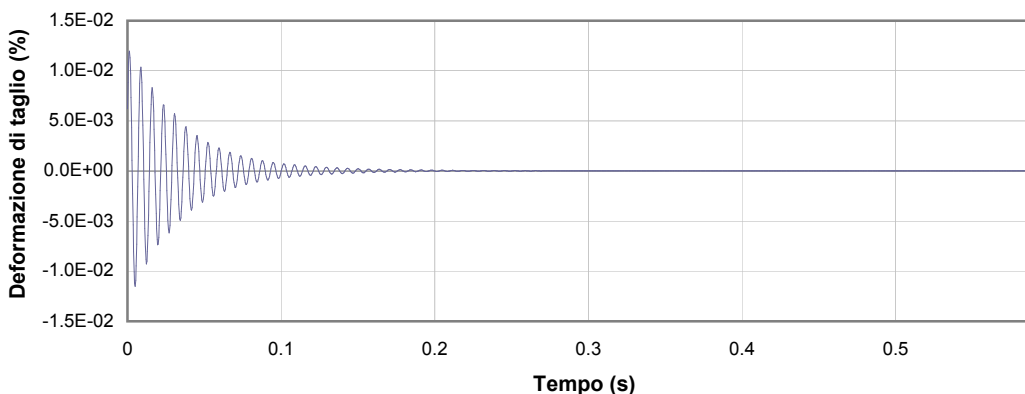
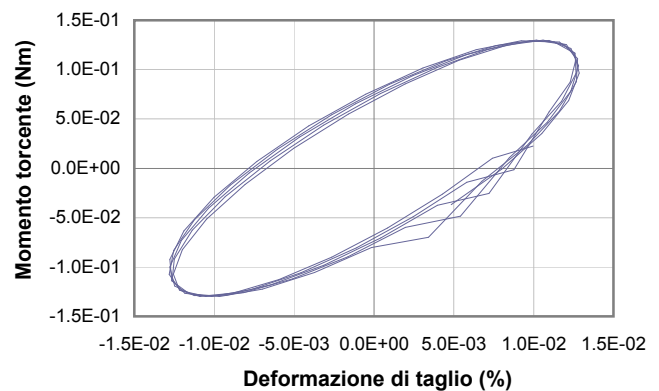
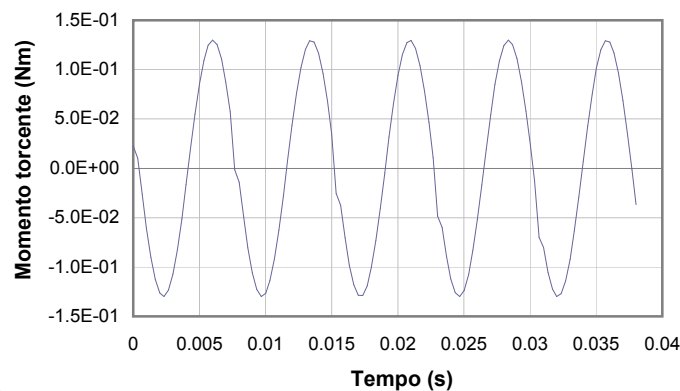
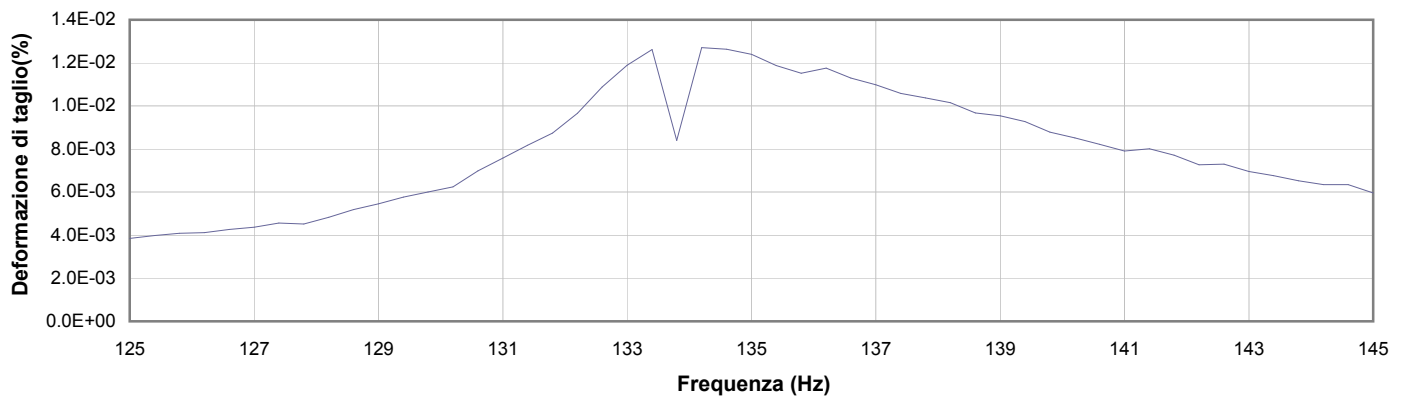
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 12



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

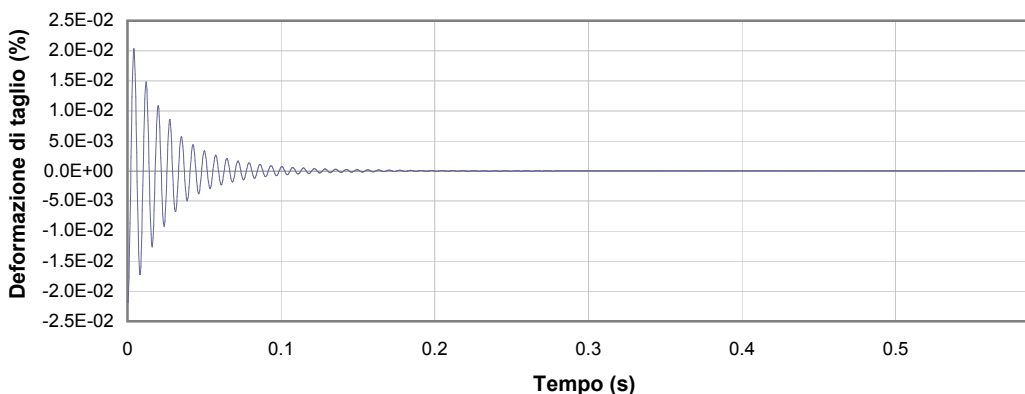
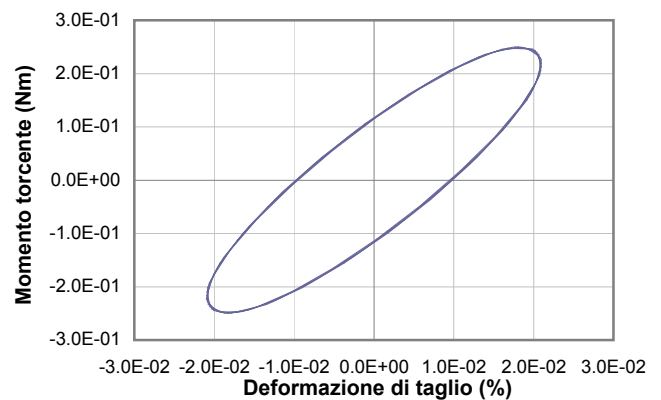
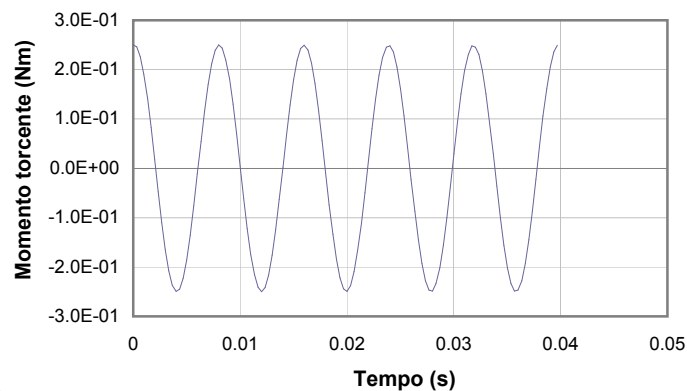
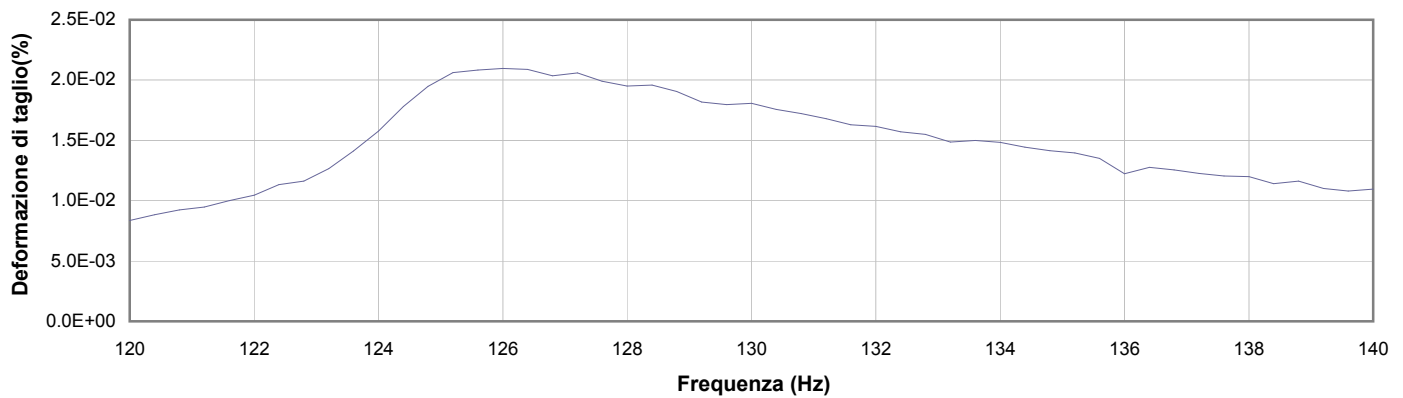
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 13



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

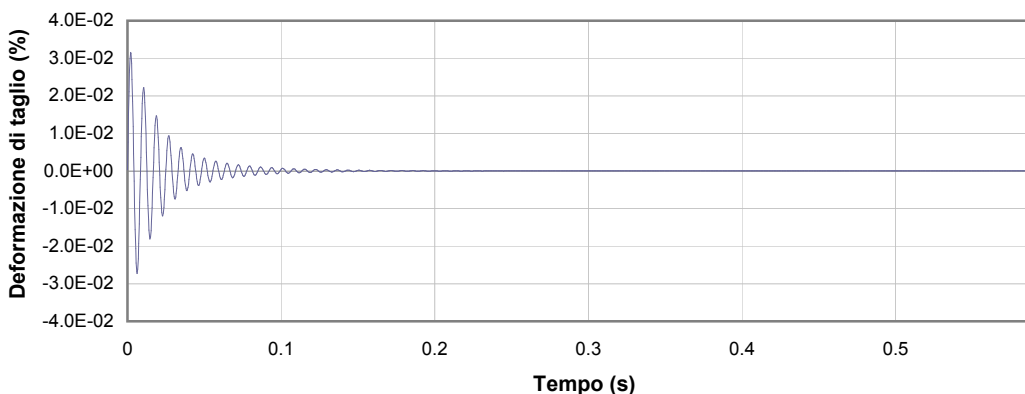
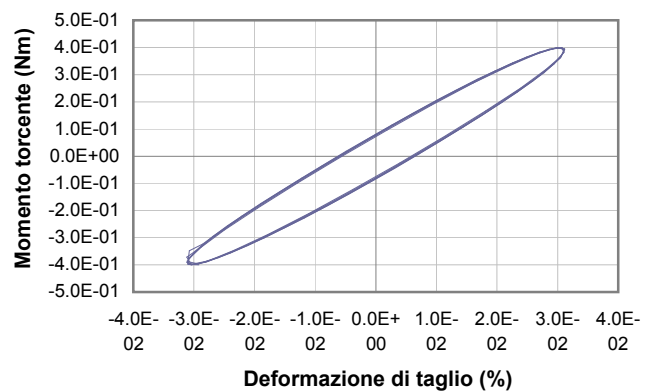
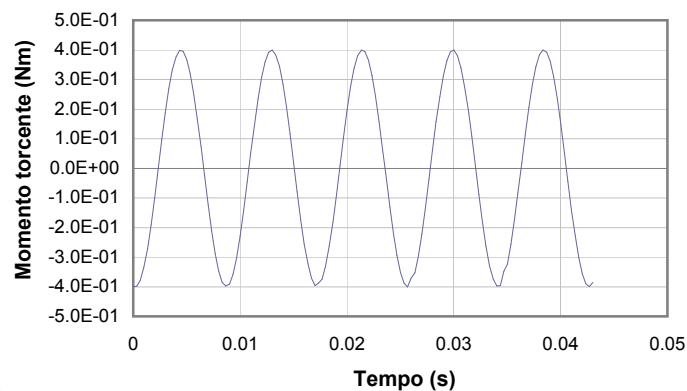
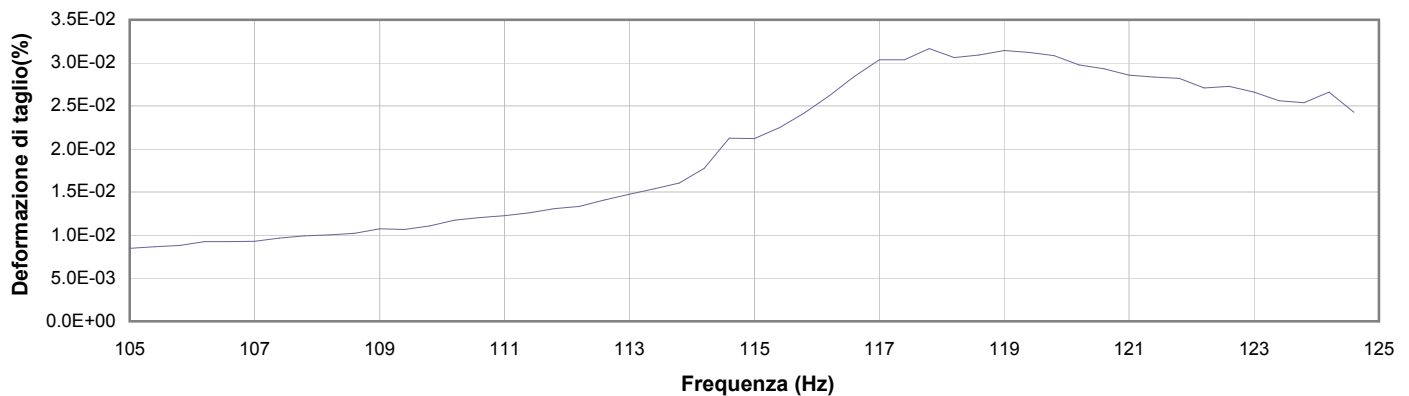
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 14



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

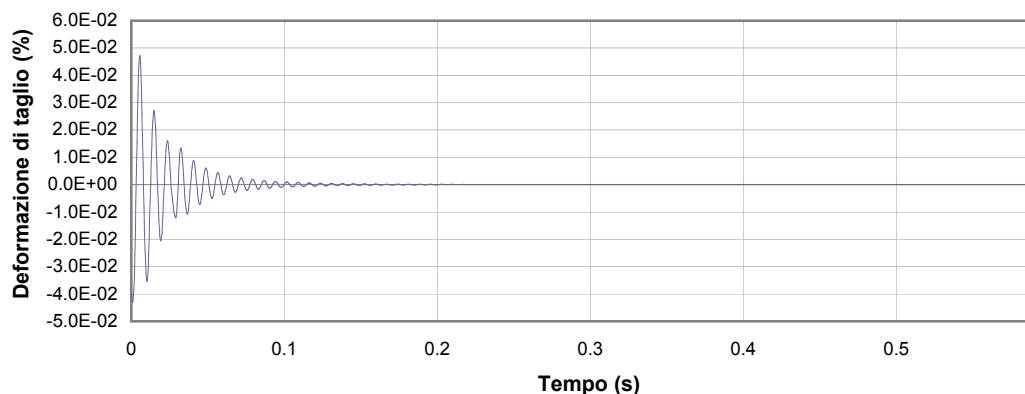
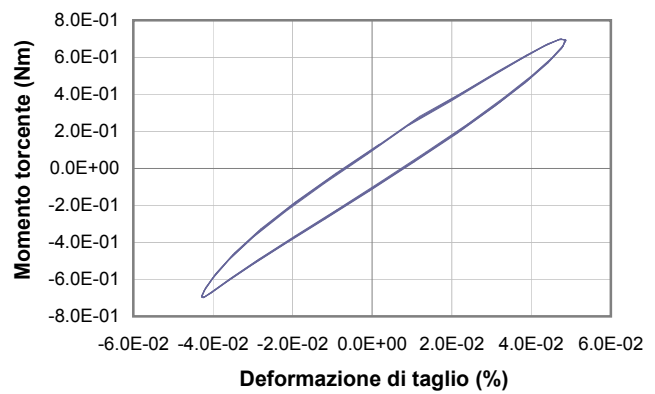
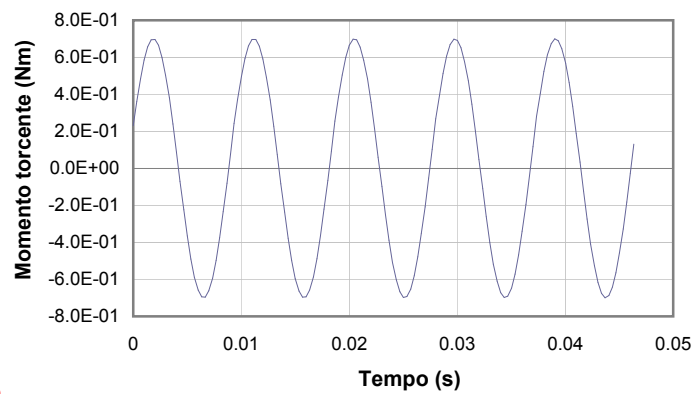
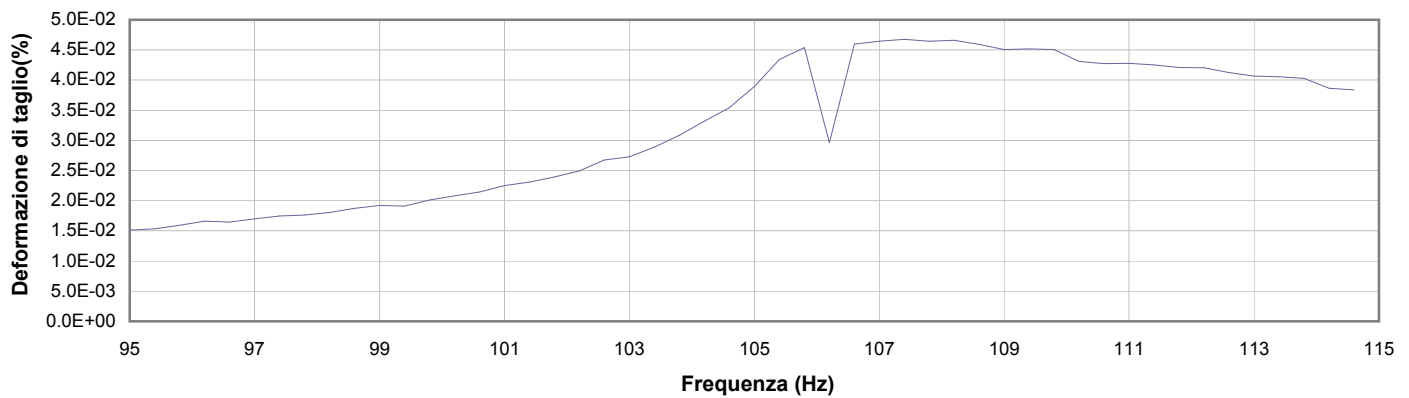
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 15



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

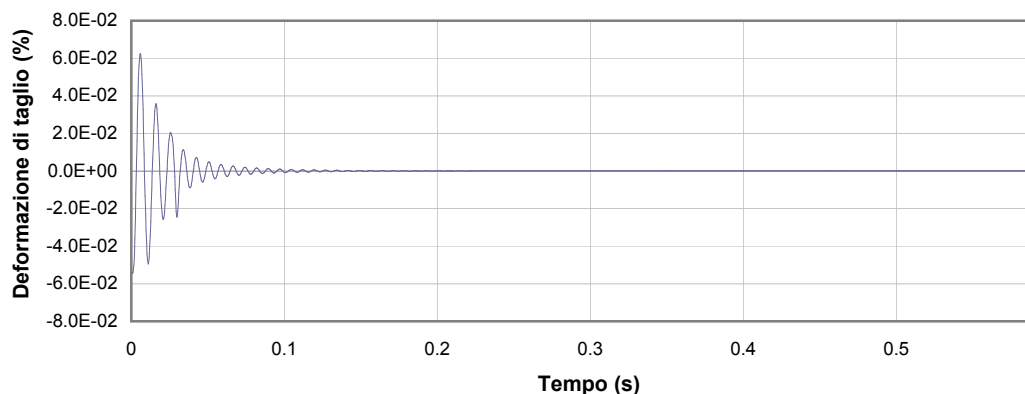
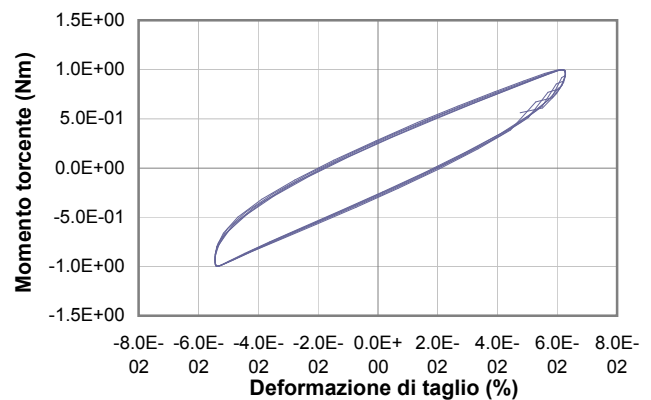
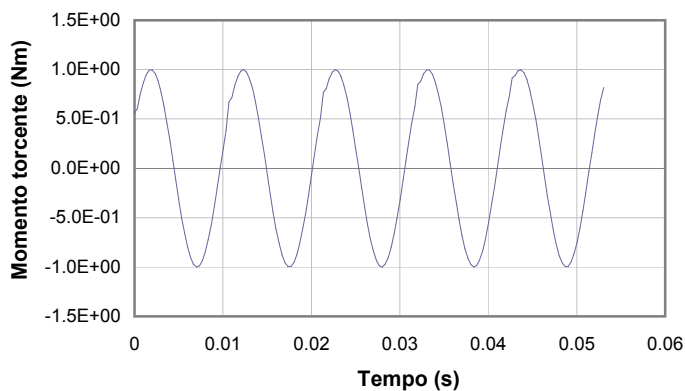
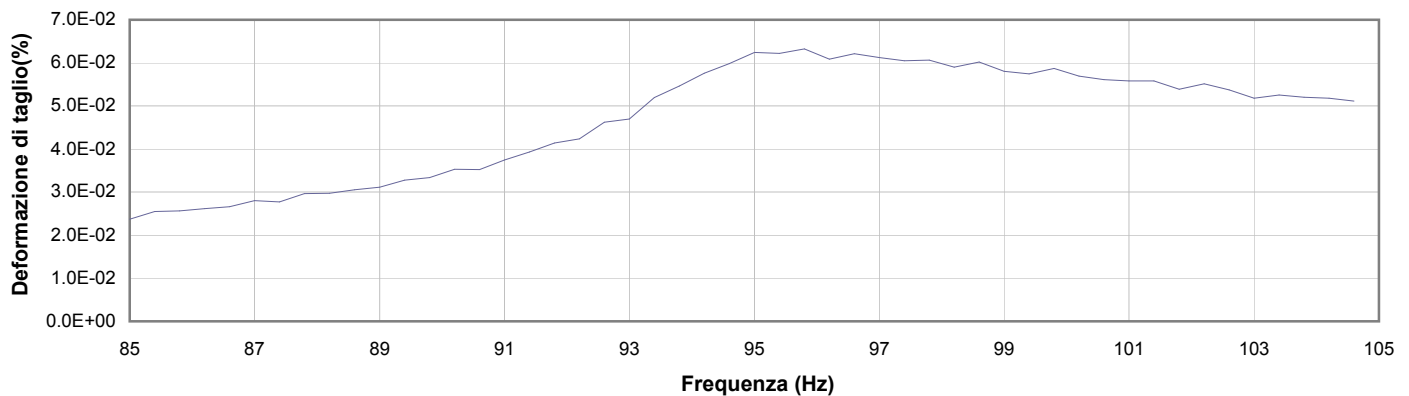
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 16



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

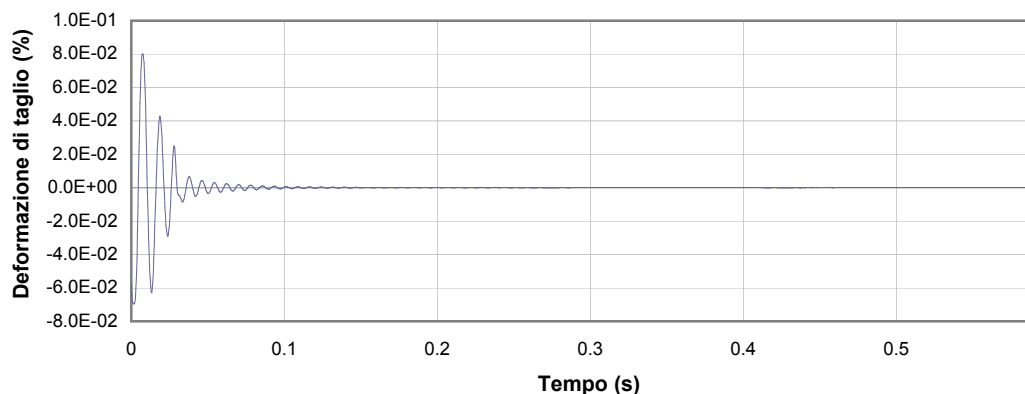
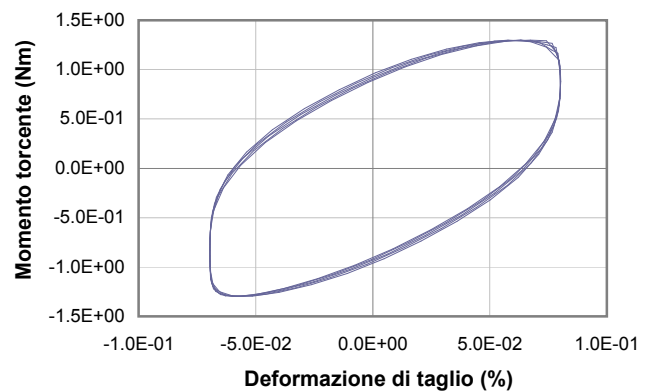
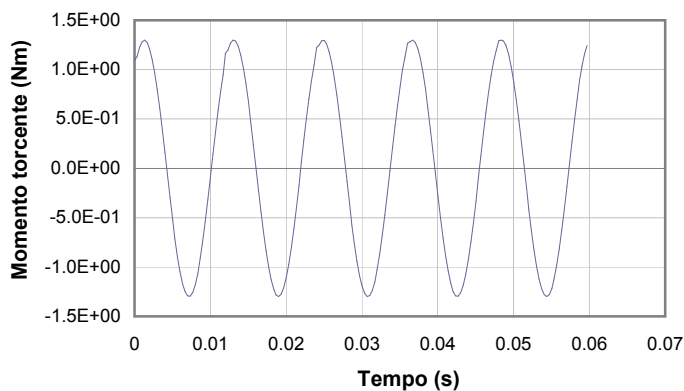
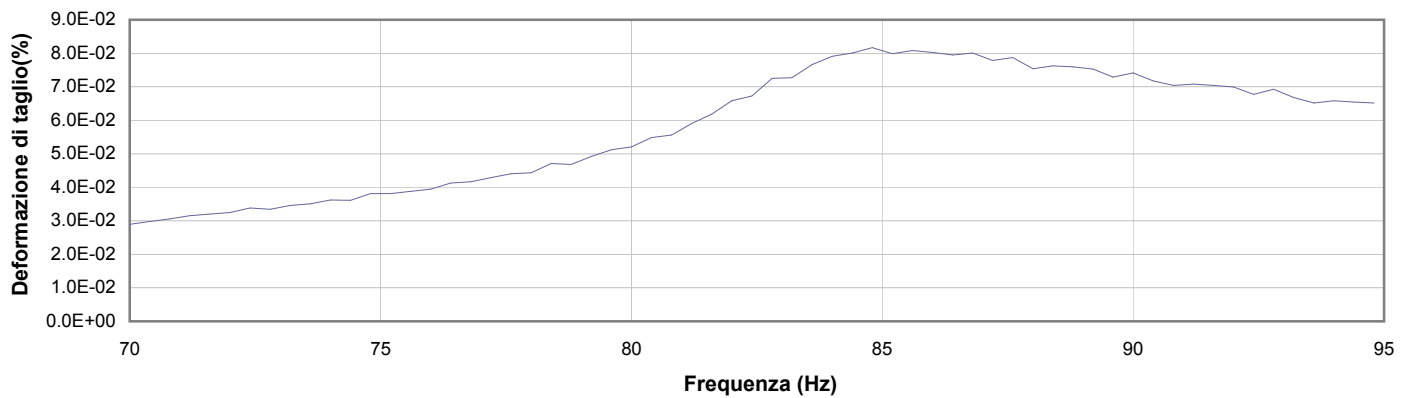
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 17



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

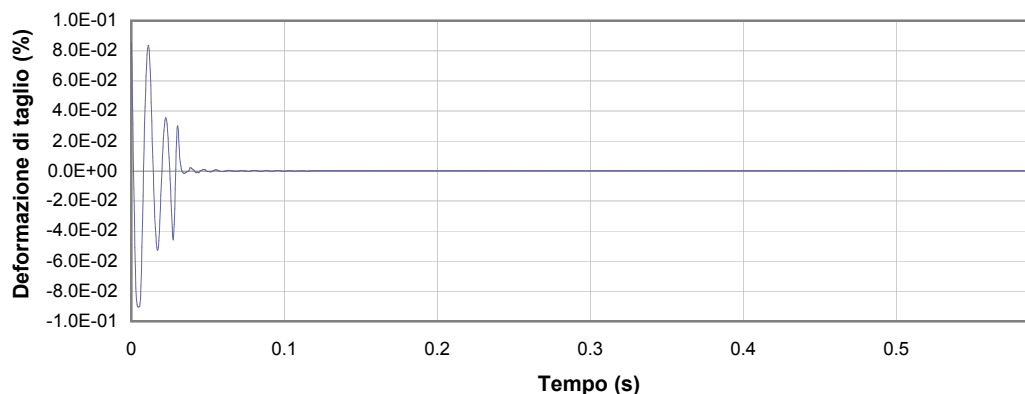
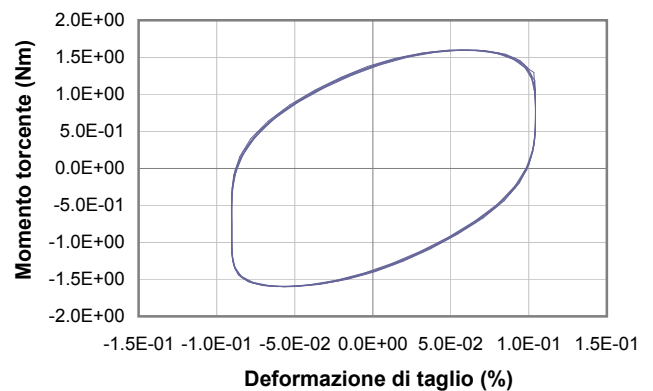
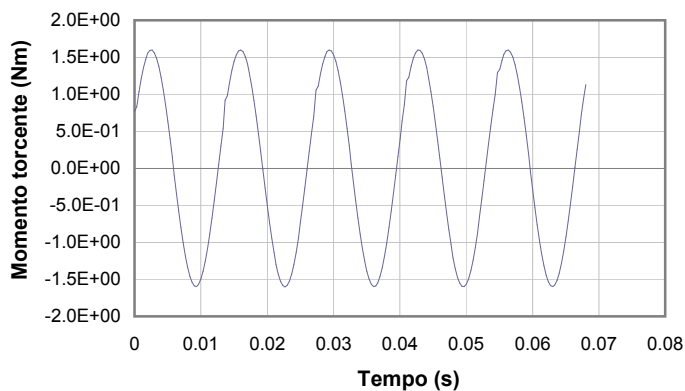
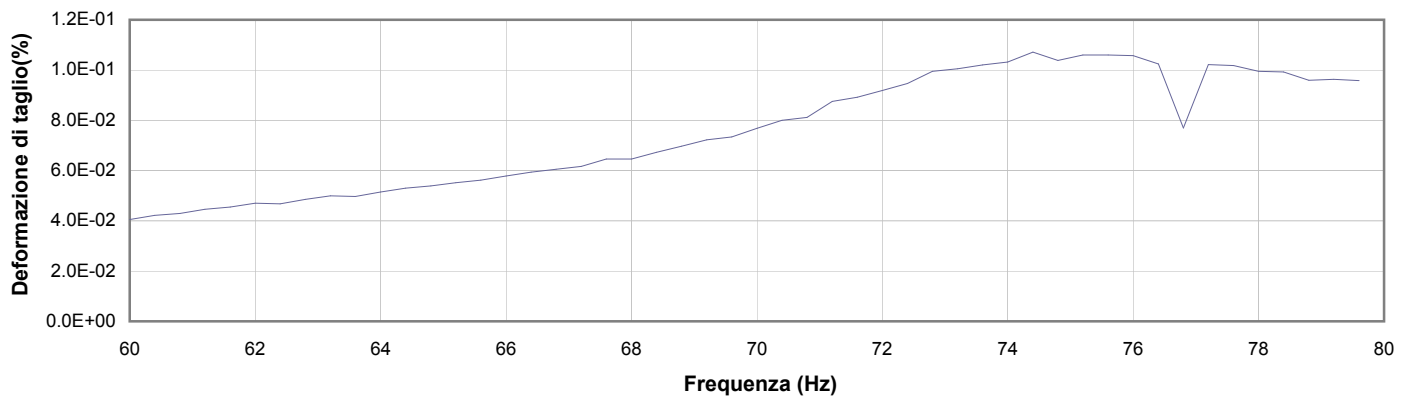
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 18



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 4

**Profondità (m):** 15.50 - 16.10

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

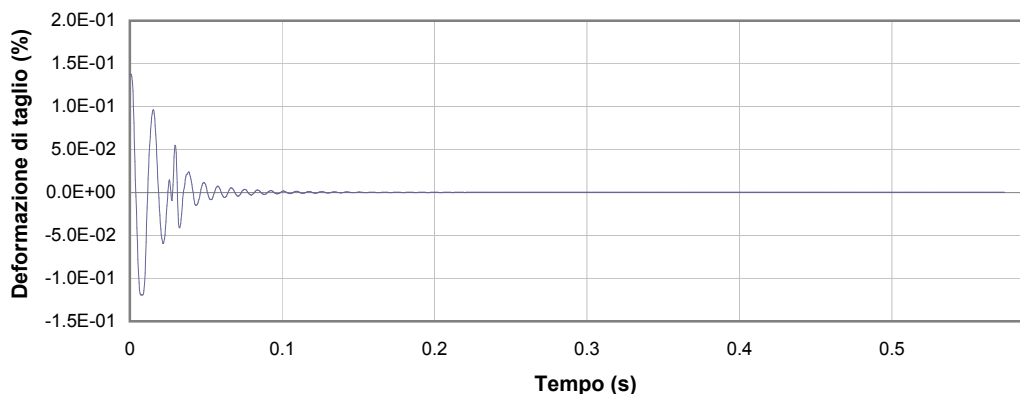
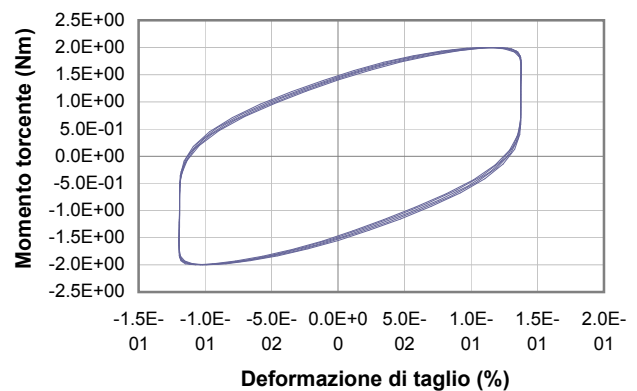
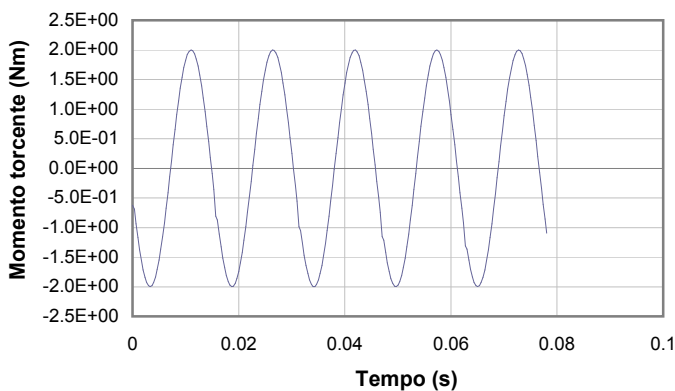
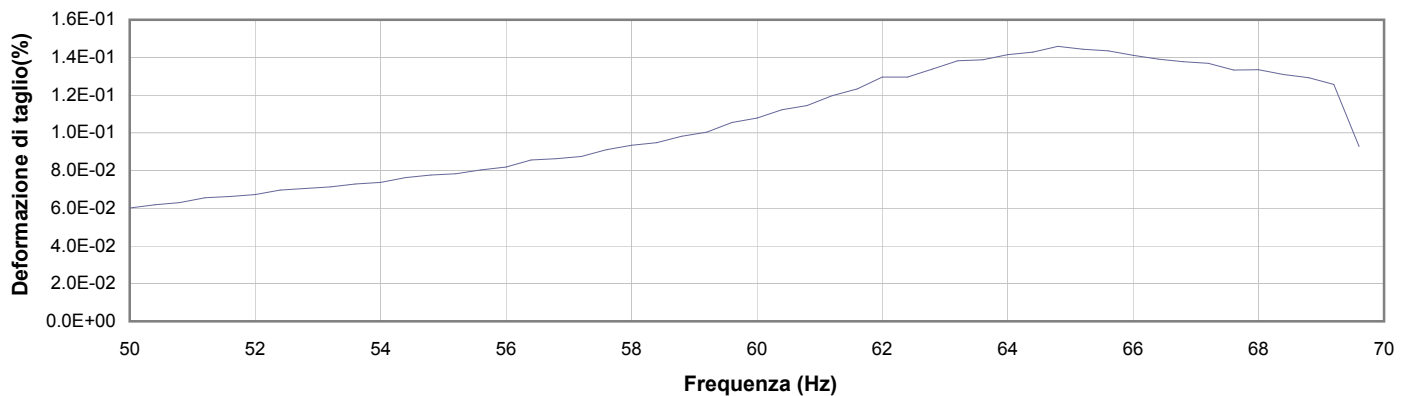
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 12/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 19



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**

CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**

CAMPIONE: **S1Ost5 m 29.00 - 29.60**

COMMESSA: **16636/17**

VERBALE ACC.: **256/17**

DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 29.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 43 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	110	54	DESCRIZIONE: Limo argilloso debolmente sabbioso grigio
			W naturale (%) 35.9 $\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> ) 1.82 $\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.34 $\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.84 porosità (%) 50 indice dei vuoti 1.02 grado di saturazione (%) 95 massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) (stimato) 2.700
			PROVE ESEGUITE Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto - Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante SI Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -
29.60 basso			

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli



## LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**

CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**

CAMPIONE: **S1Ost5 m 29.00 - 29.60**

COMMESSA: 16636/17 DURATA PROVE: 05 - 16/06/17

VERBALE ACC.: 256/17 DATA CONSEGNA: 23/05/17

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

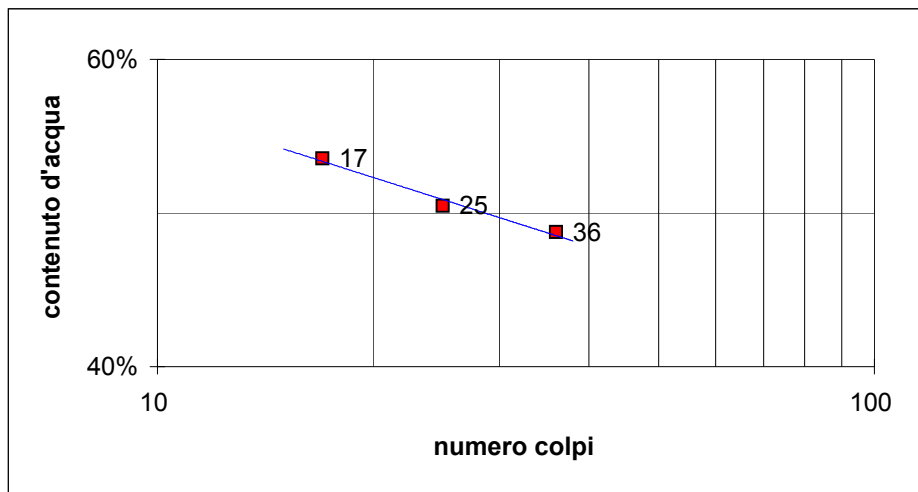
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo argilloso debolmente sabbioso grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	36	25	17			
massa umida+ tara (g)	21.08	23.01	24.61	13.68	12.95	396.41
massa secca+ tara (g)	14.93	16.03	16.78	11.11	10.54	328.64
acqua contenuta (g)	6.15	6.98	7.83	2.57	2.41	67.77
tara (g)	2.31	2.20	2.16	2.19	2.24	139.78
peso secco (g)	12.62	13.83	14.62	8.92	8.30	188.86
contenuto d'acqua	48.7%	50.5%	53.6%	28.8%	29.0%	35.9%

Umidità Naturale	Wn =	36%
Limite Liquido	LL =	51%
Limite Plastico	LP =	29%
Indice Plastico	IP =	22%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

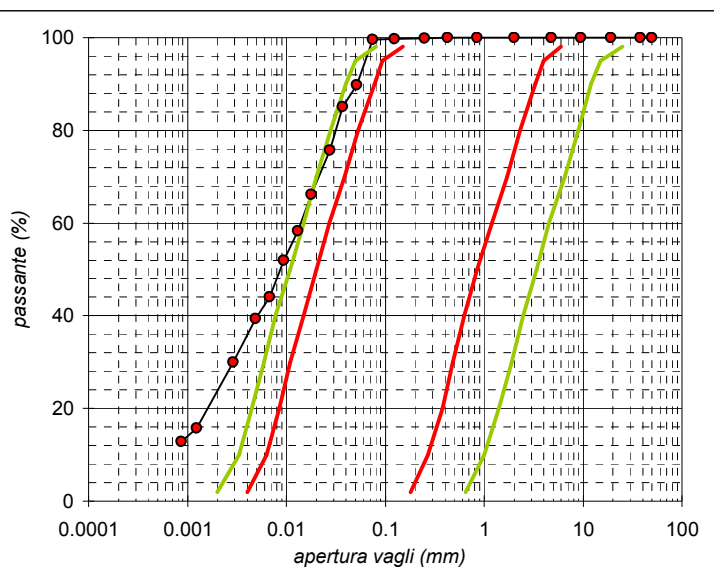
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S10st5 m 29.00 - 29.60		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Limo argilloso debolmente sabbioso grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	0.850	0.05	0.03	0.03	99.97
setaccio	0.425	0.07	0.04	0.06	99.94
setaccio	0.250	0.12	0.06	0.13	99.87
setaccio	0.125	0.17	0.09	0.22	99.78
setaccio	0.075	0.38	0.20	0.42	99.58
calcolato	0.0517	18.45	9.77	10.19	89.81
calcolato	0.0373	8.93	4.73	14.92	85.08
calcolato	0.0274	17.86	9.46	24.38	75.62
calcolato	0.0179	17.86	9.46	33.84	66.16
calcolato	0.0130	14.89	7.88	41.72	58.28
calcolato	0.0094	11.91	6.31	48.03	51.97
calcolato	0.0068	14.89	7.88	55.91	44.09
calcolato	0.0049	8.93	4.73	60.64	39.36
calcolato	0.0029	17.86	9.46	70.10	29.90
calcolato	0.0012	26.80	14.19	84.29	15.71
calcolato	0.0009	5.43	2.87	87.16	12.84
fondo		24.25	12.84	100.00	0.00
TOTALE		188.86			
				$\phi$ max (mm) =	1.03

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		50.01
t° C	Tempo (s)	Lettura
25.5	30	31
25.5	60	29.5
25.5	120	26.5
25.5	300	23.5
25.5	600	21
25.5	1200	19
25.5	2400	16.5
25.5	4800	15
25.5	14400	12
25.5	86400	7.5
26	172800	6.5
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm 0.0%	> 2,00 mm 0.0%
SABBIA	> 0,075 mm 0.4%	> 0,06 mm 6.3%
LIMO	> 2 $\mu$ 75.9%	> 2 $\mu$ 70.0%
ARGILLA	< 2 $\mu$ 23.7%	< 2 $\mu$ 23.7%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

<b>Committente:</b>	<b>dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara</b>	<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Località:</b>	<b>Comacchio (FE)</b>	<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>256/17</b>
<b>Cantiere:</b>	<b>Scuola Via Fattibello</b>	<b>Commessa:</b>	<b>16636/17</b>
<b>Sondaggio:</b>	<b>S1</b>	<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>23/05/17</b>
<b>Campione:</b>	<b>Ost 5</b>	<b>Data prova:</b>	<b>05/06/17</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>29,00 - 29,60</b>	<b>Data emissione certificato:</b>	

DATI INIZIALI		
Altezza:	100.00	mm
Diametro:	50.00	mm
Raggio eq.:	17.675	mm
Massa:	357.5	g
W:	35.9	%
γ:	17.86	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	13.14	-
e:	1.02	-

DATI DI PROVA		
	Limo argilloso debolmente sabbioso grigio	
Tipo di campione:		
Fattore Raggio Eq.:	0,707	-
Coefficiente B:	0.92	%
Pressione cella:	730	kPa
Contropressione:	450	kPa

DATI FINALI		
Altezza:	96.76	mm
Diametro:	48.30	mm
Raggio eq.:	17.075	mm
Massa:	338.4	g
W:	32.2	%
γ:	19.09	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	14.44	-
e:	0.87	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V <sub>s</sub> (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G <sub>0</sub>	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ <sup>3</sup>
Test 1*	111.20	0.0001	3.50E-05	212.43	80.10	1.000	1.12	0.000
Test 2	111.20	0.0002	7.20E-05	212.43	80.10	1.000	1.14	0.000
Test 3	111.20	0.0003	9.40E-05	212.43	80.10	1.000	1.16	0.000
Test 4	111.20	0.0010	3.15E-04	212.43	80.10	1.000	1.18	0.000
Test 5	109.60	0.0020	6.59E-04	209.38	77.81	0.971	1.31	0.000
Test 6	108.80	0.0028	8.95E-04	207.85	76.68	0.957	1.37	0.000
Test 7	104.60	0.0100	3.04E-03	199.82	70.87	0.885	1.60	0.000
Test 8	99.20	0.0400	1.08E-02	189.51	63.74	0.796	1.75	0.000
Test 9	95.80	0.0600	1.66E-02	183.01	59.45	0.742	1.85	0.000
Test 10	90.80	0.0998	2.63E-02	173.46	53.40	0.667	3.13	0.008
Test 11	85.80	0.1500	3.59E-02	163.91	47.69	0.595	4.76	0.013
Test 12	76.20	0.3000	6.49E-02	145.57	37.61	0.470	8.84	0.020
Test 13	65.00	0.4998	1.12E-01	124.17	27.37	0.342	11.04	0.040
Test 14	55.20	0.7500	1.82E-01	105.45	19.74	0.246	13.36	0.082
Test 15	45.80	1.0000	2.80E-01	87.50	13.59	0.170	15.95	0.143
Test 16	35.80	1.2994	4.69E-01	68.39	8.30	0.104	16.91	0.225
Test 17	25.40	1.5997	9.66E-01	48.52	4.18	0.052	18.48	0.343

\* Test 1 corrispondente al valore G<sub>0</sub>

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°: 256/17**

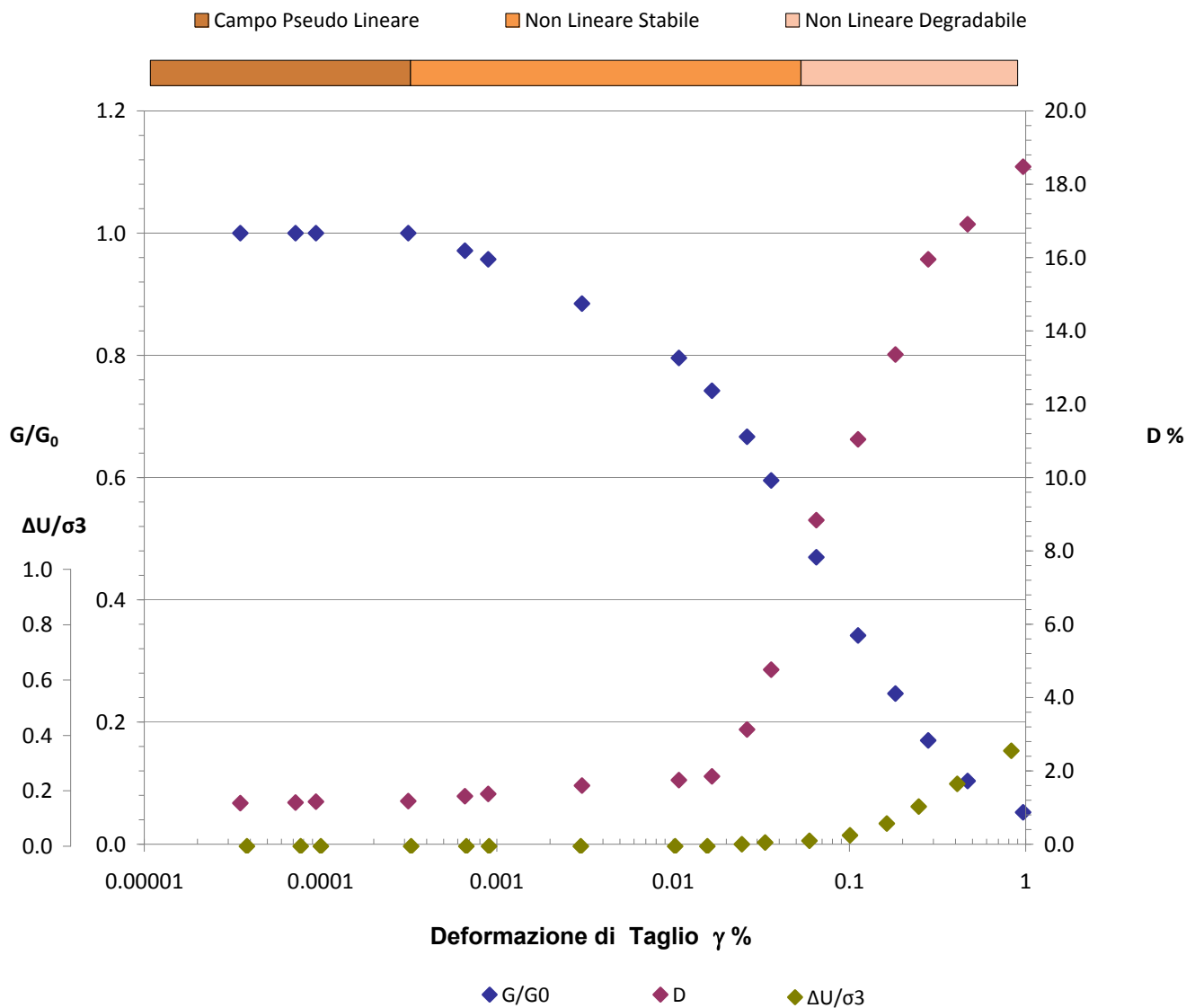
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

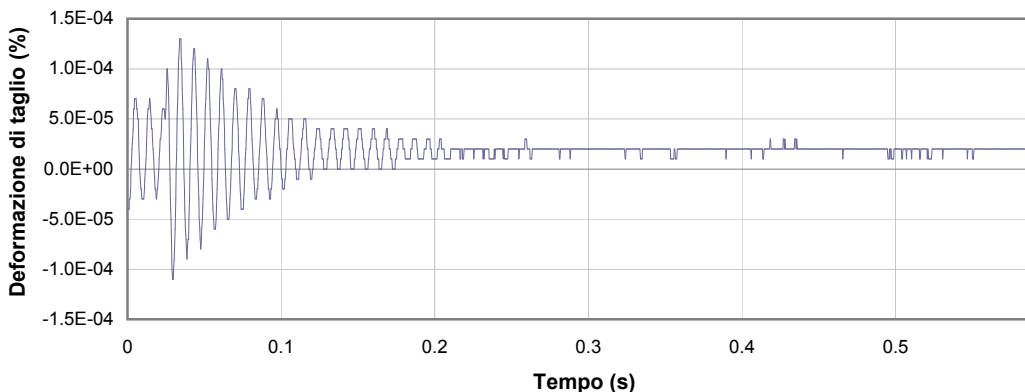
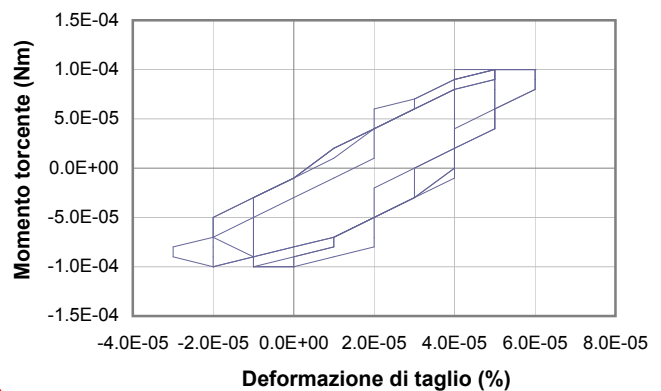
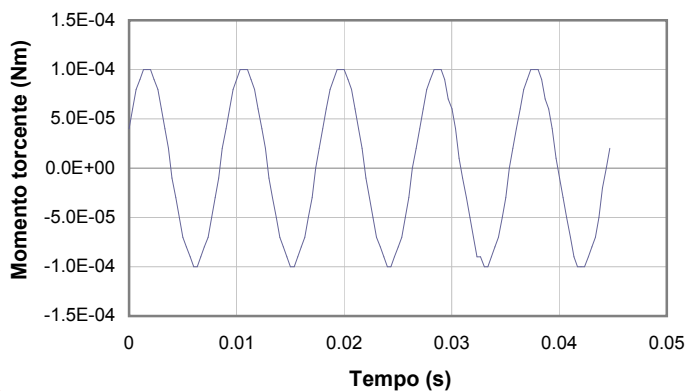
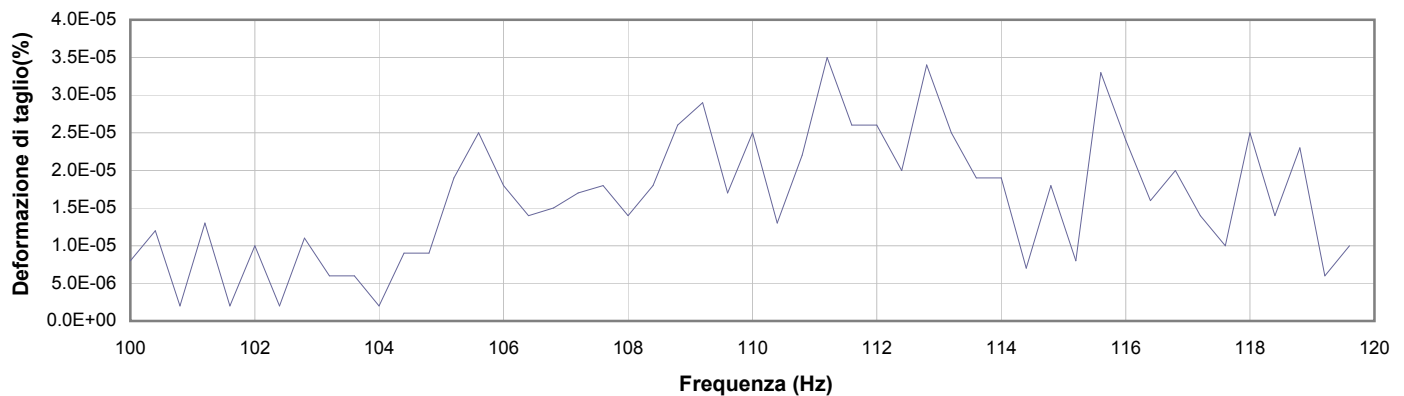
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 1



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

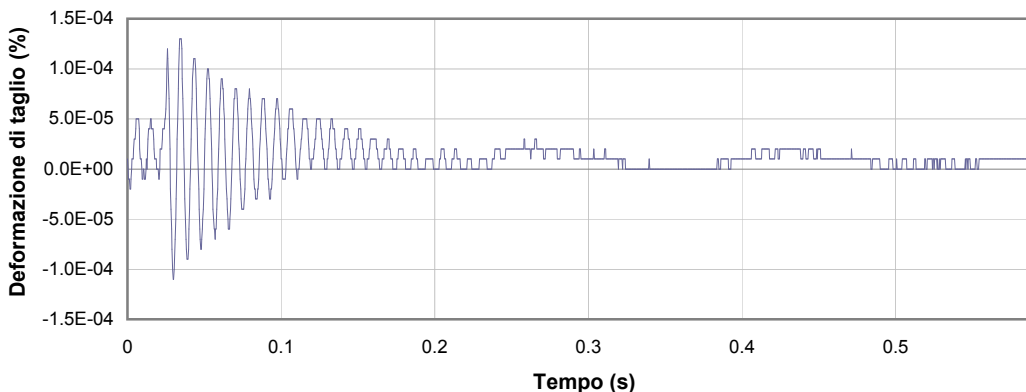
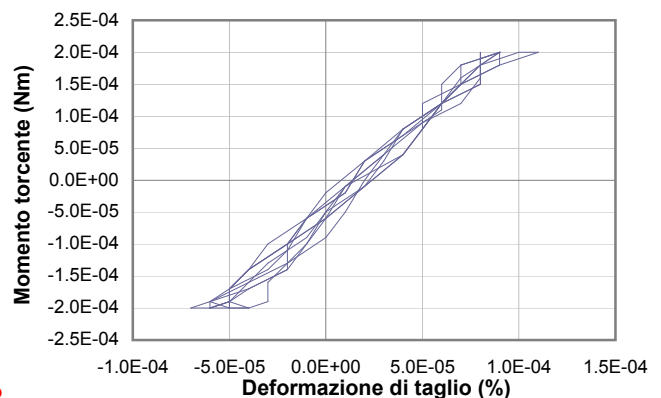
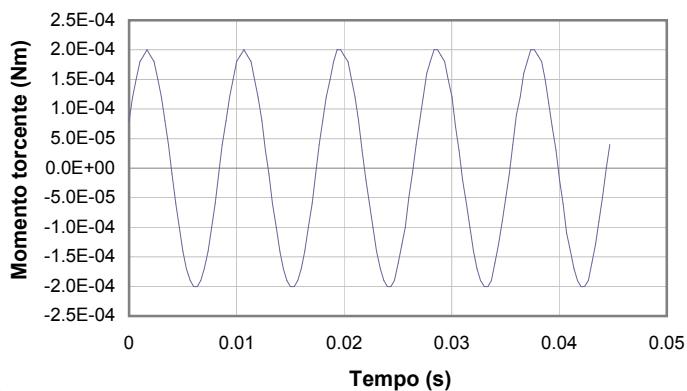
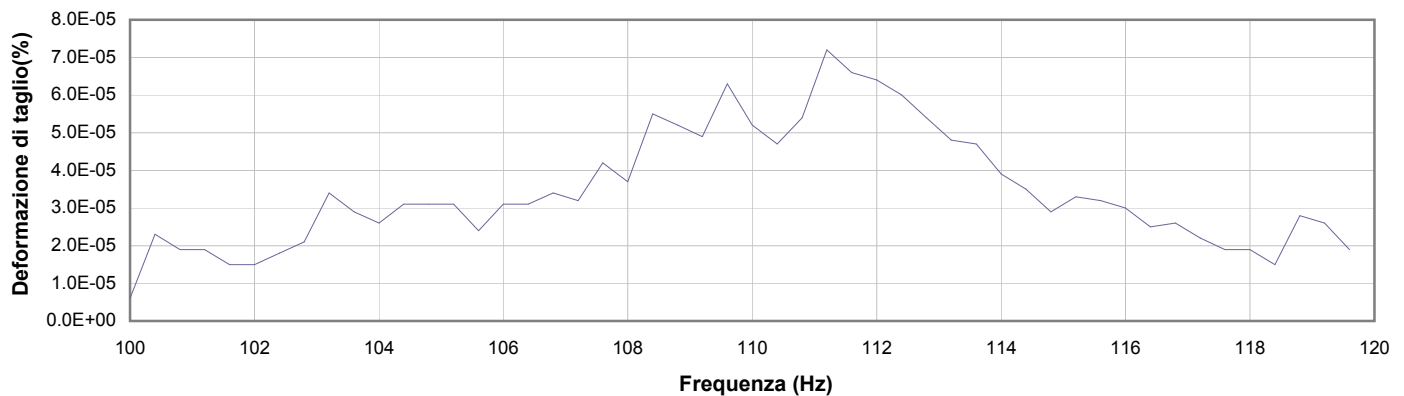
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 2



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

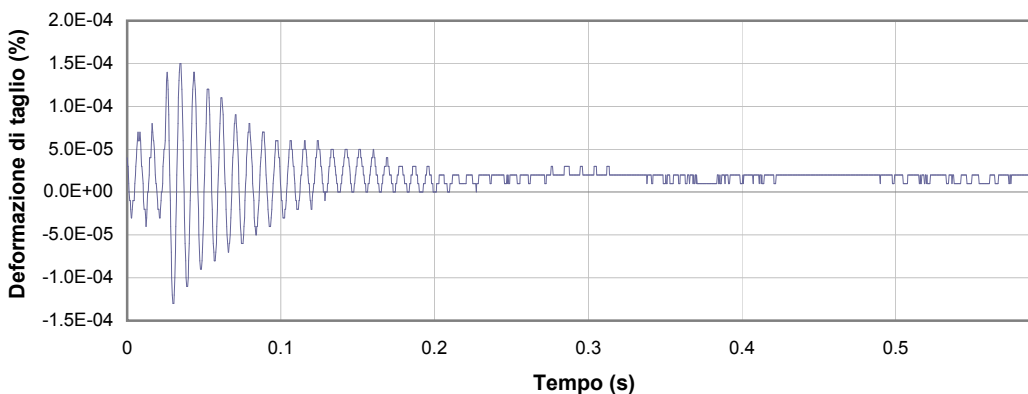
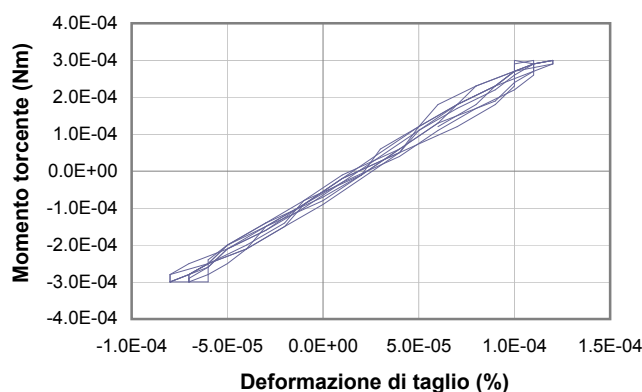
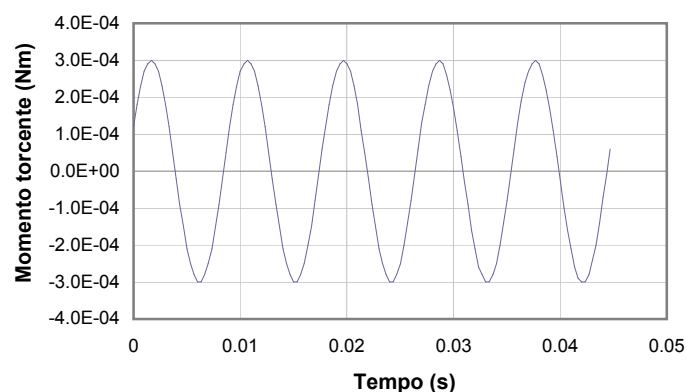
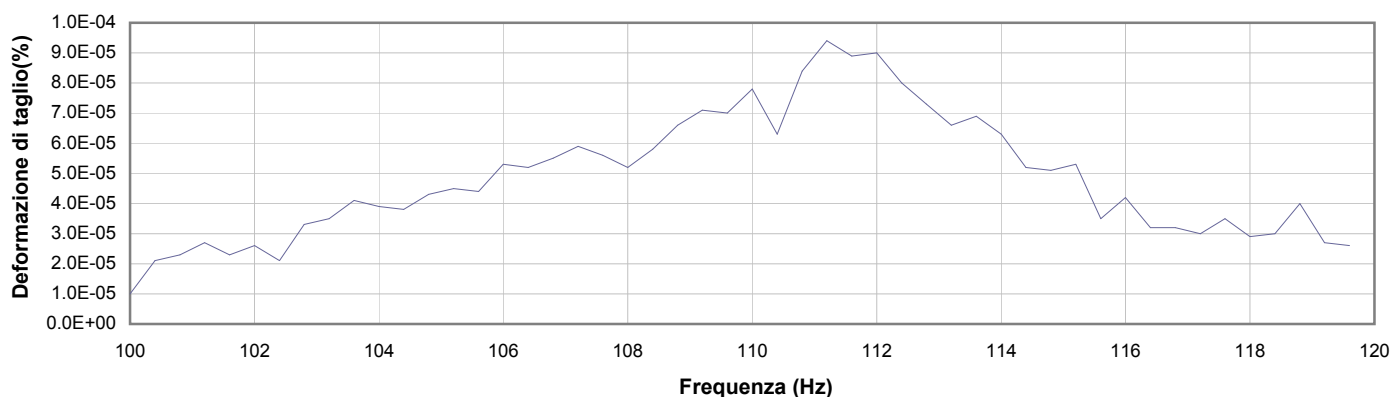
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 3



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

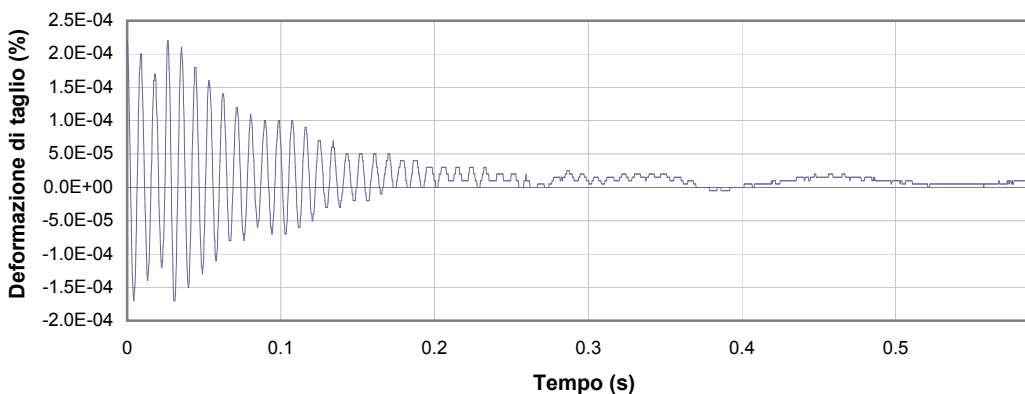
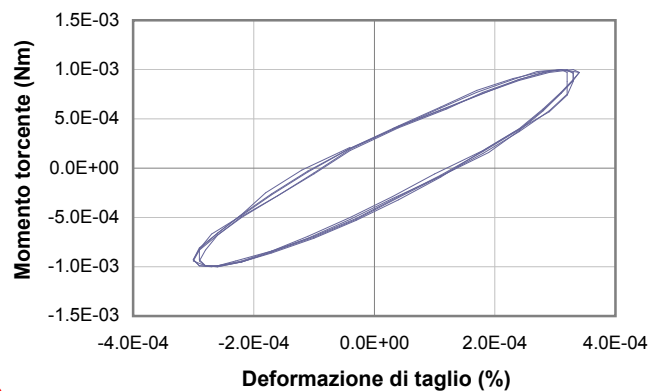
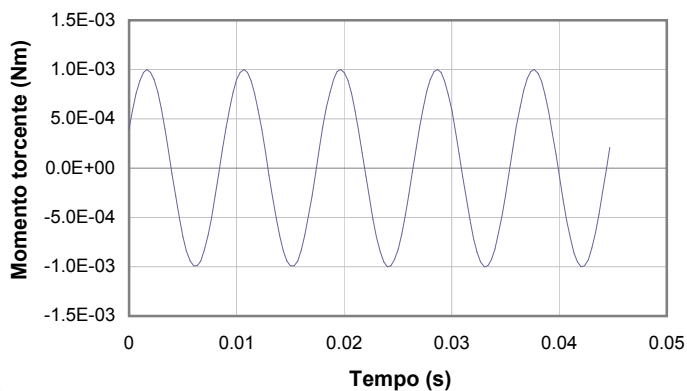
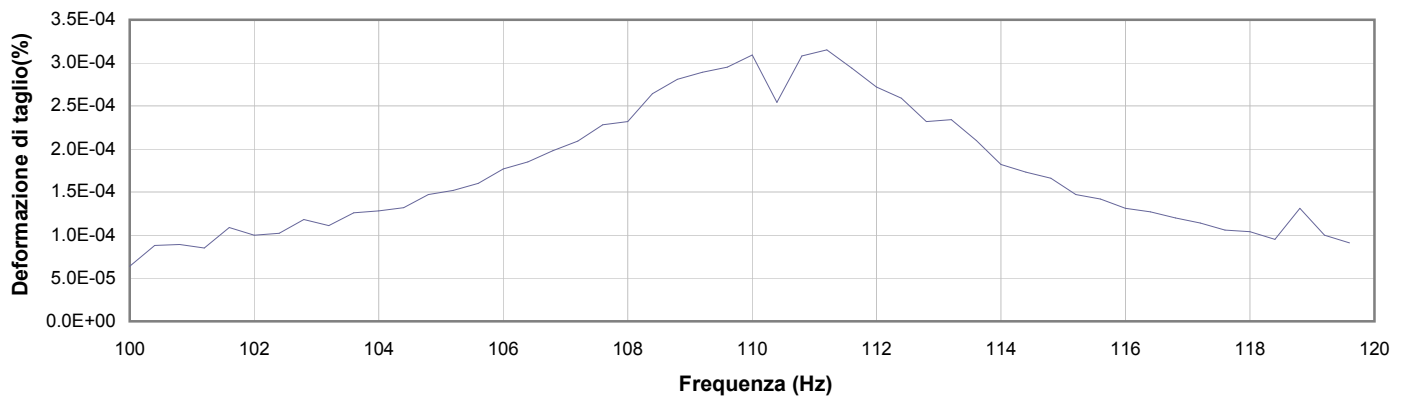
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 4



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

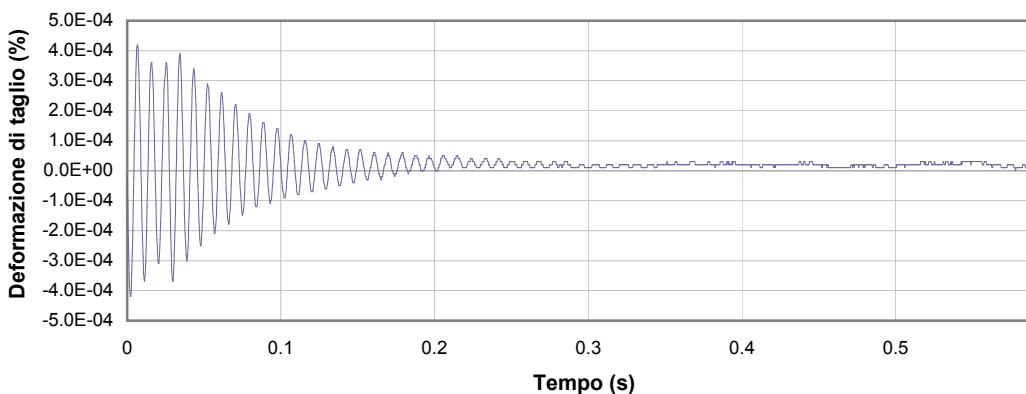
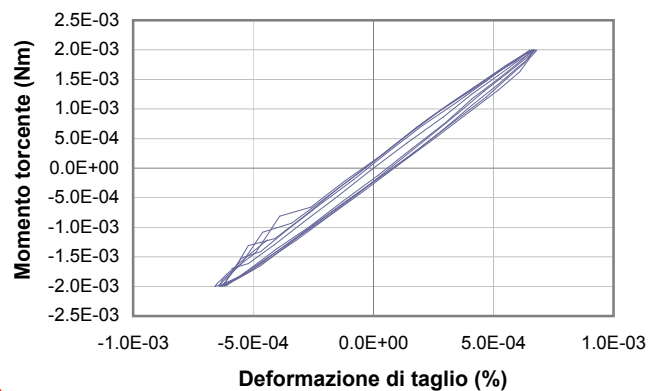
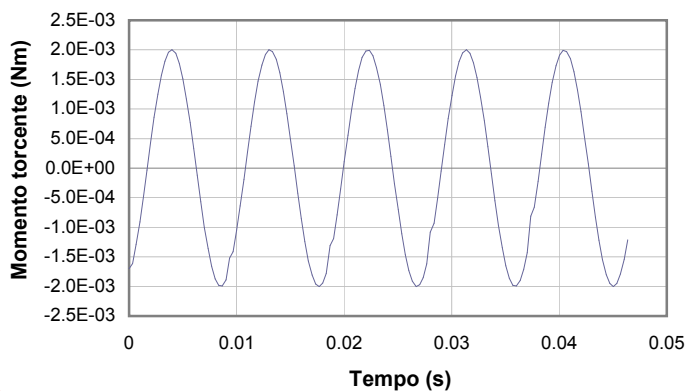
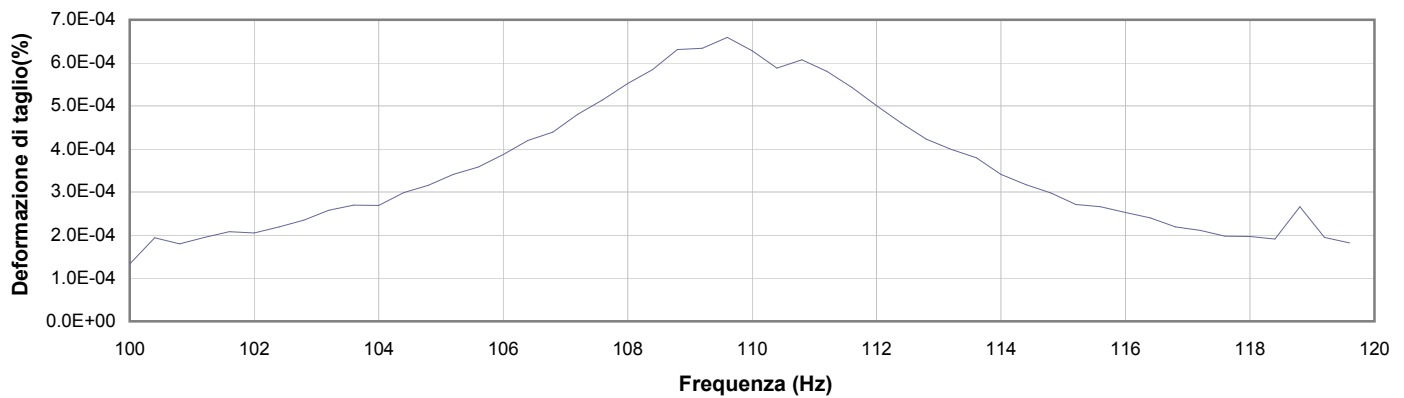
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 5



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

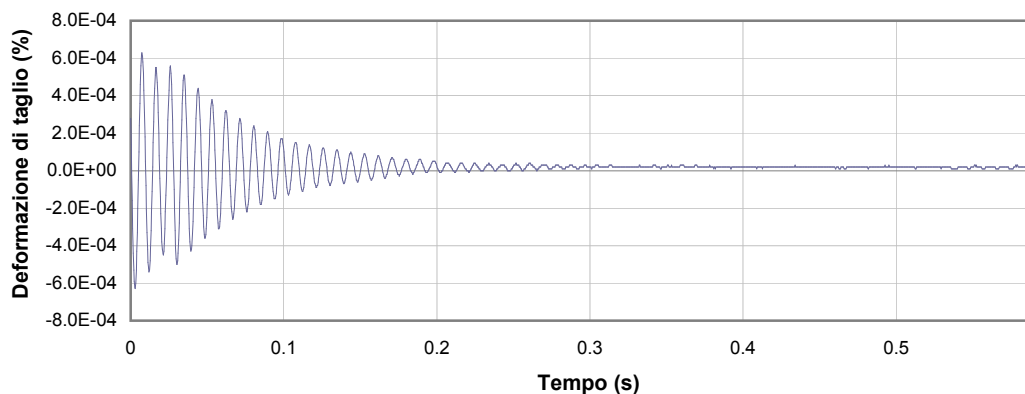
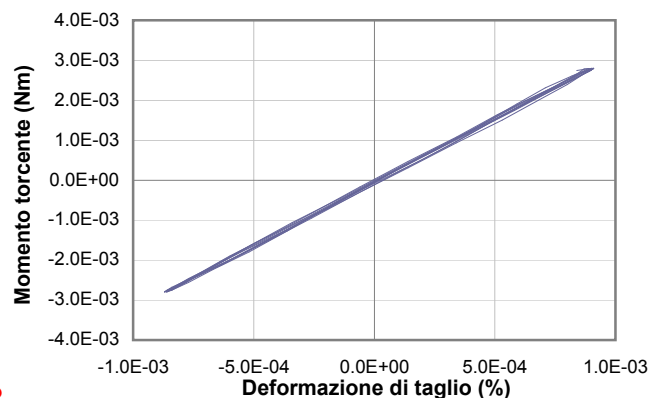
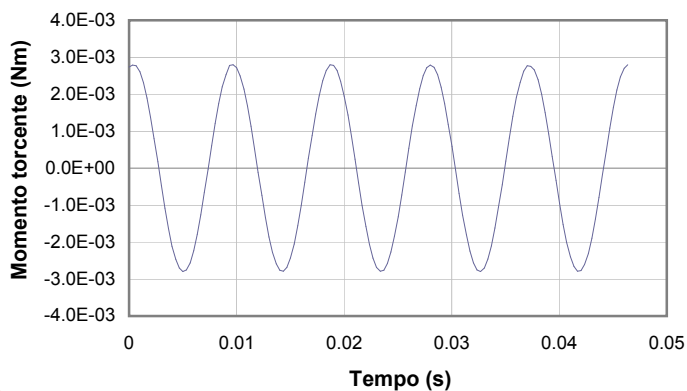
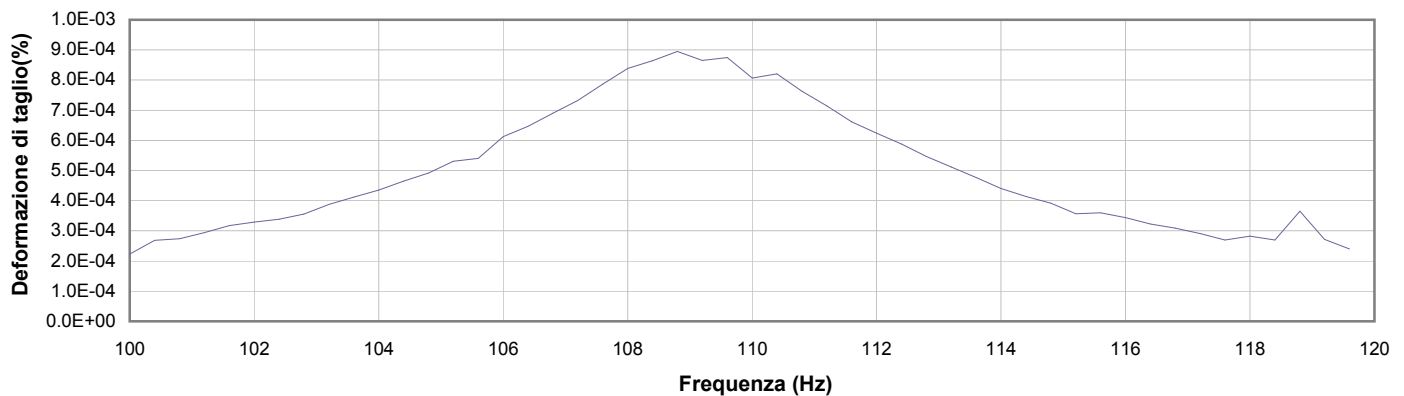
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 6



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

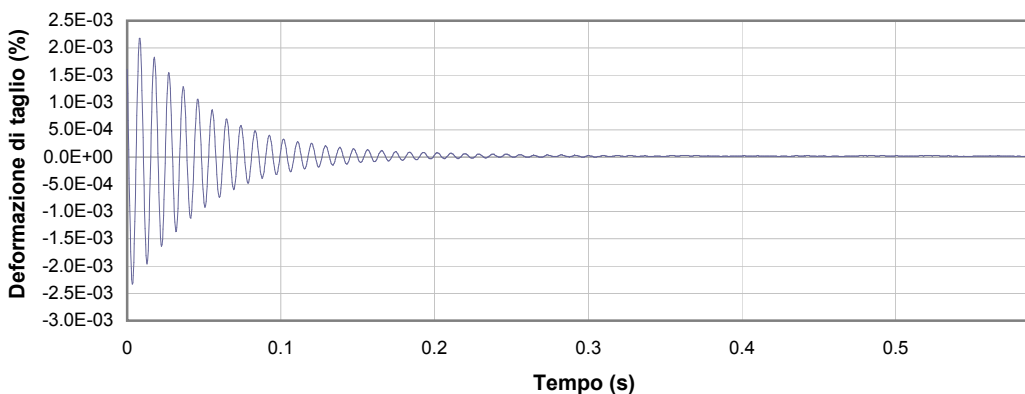
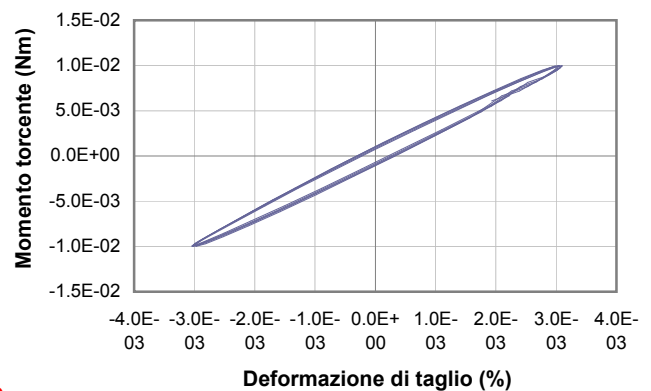
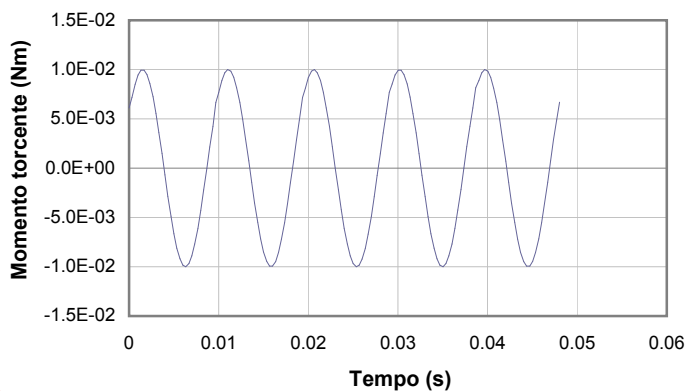
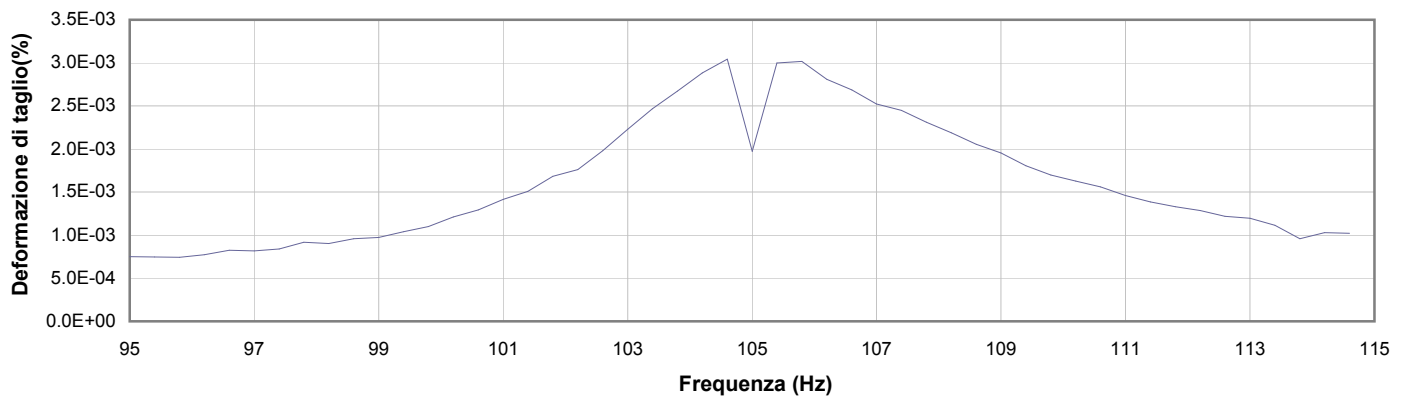
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 7



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

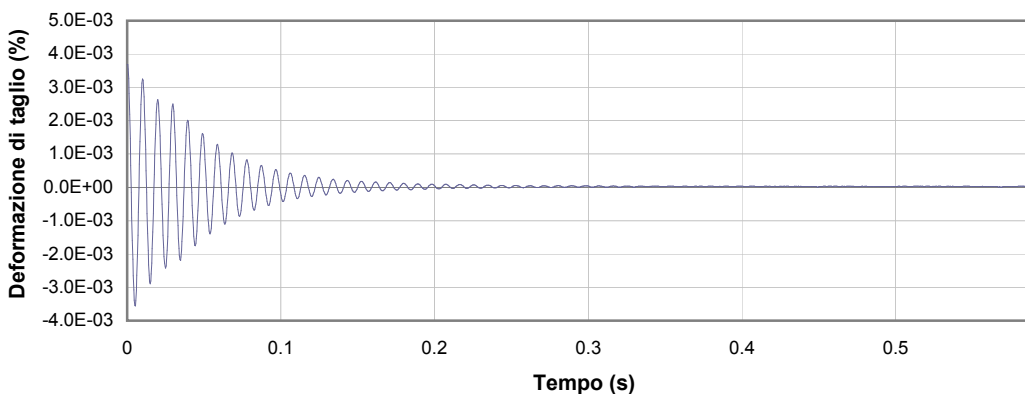
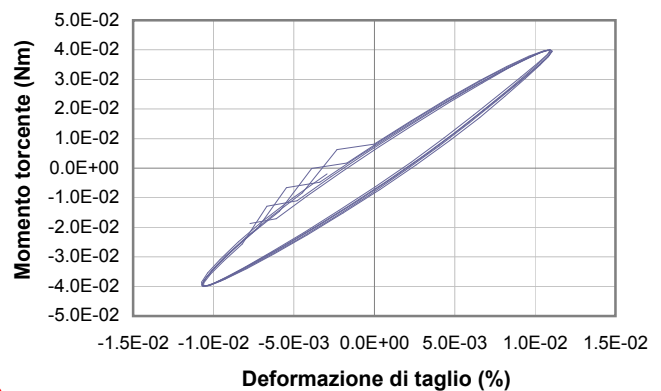
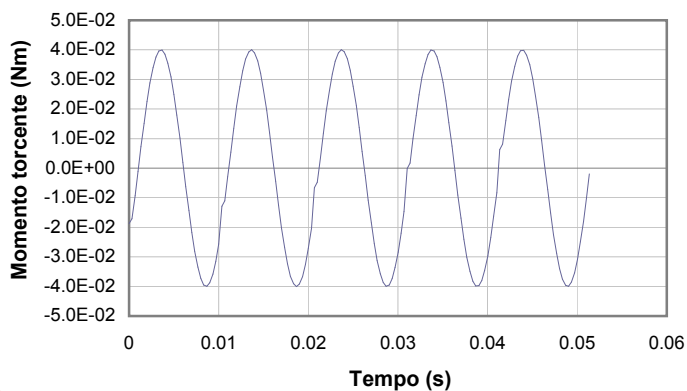
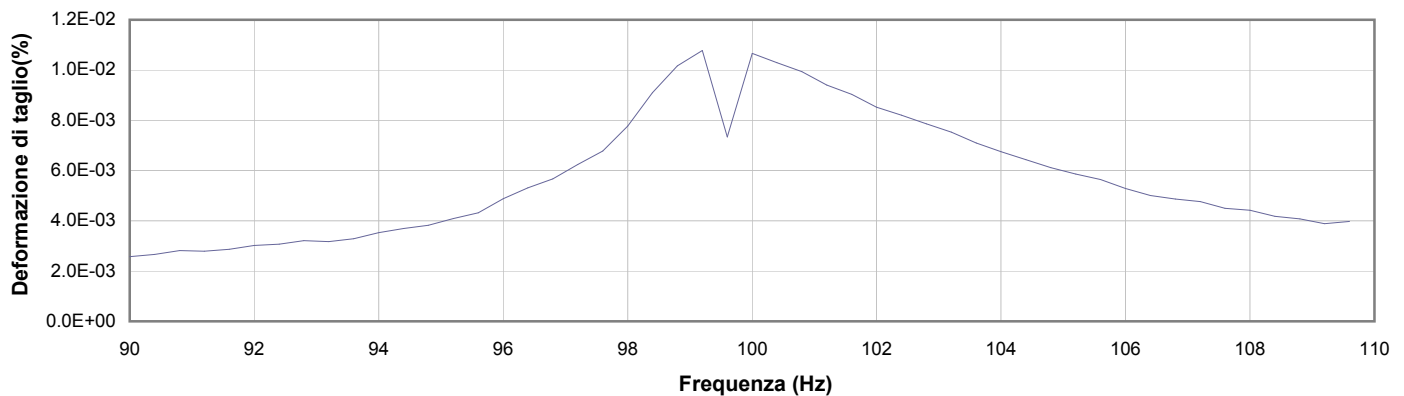
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 8



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

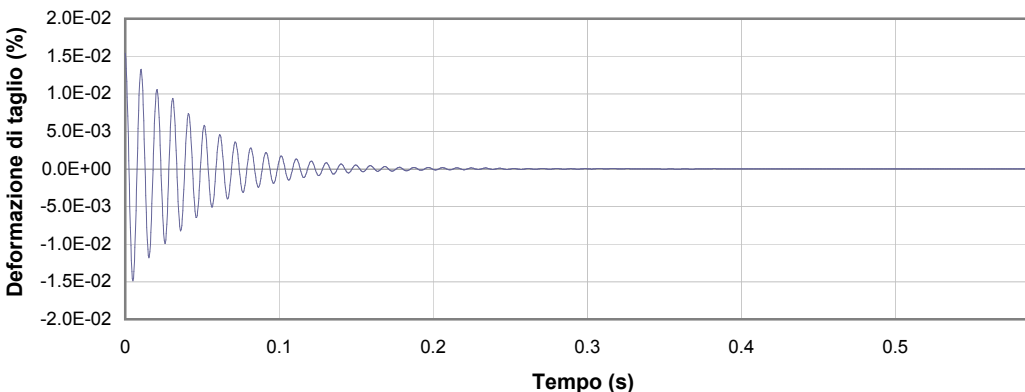
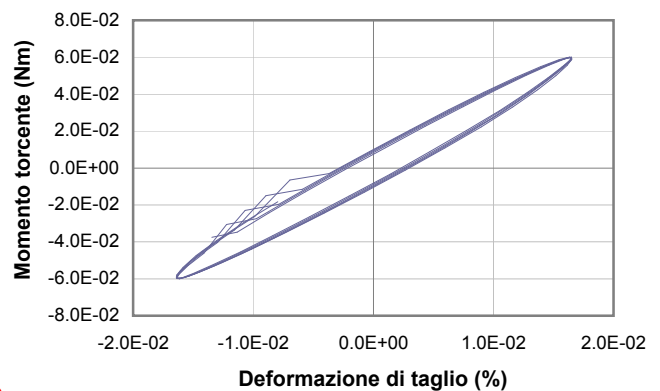
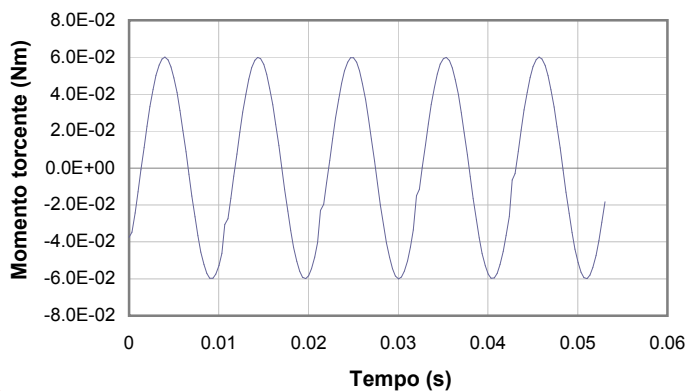
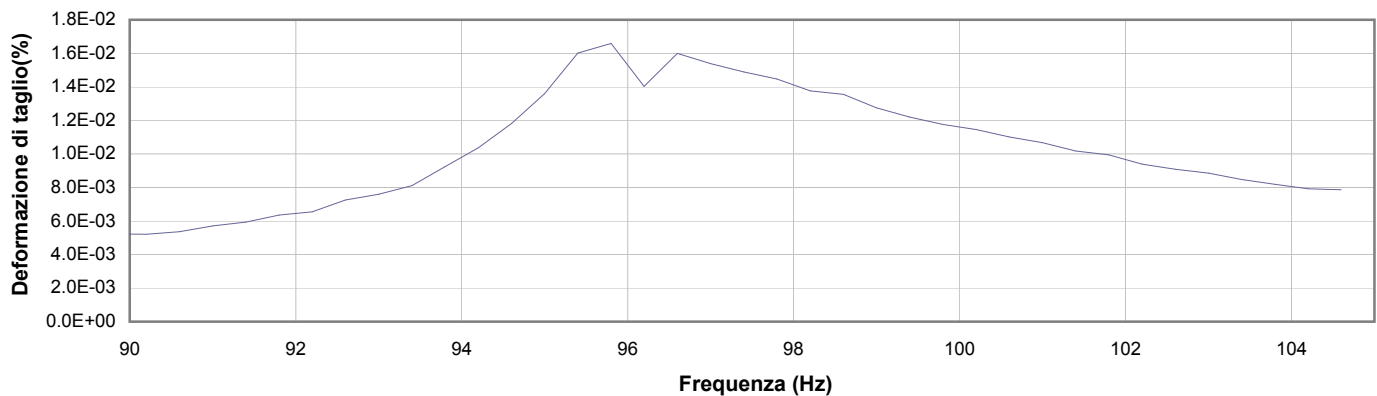
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 9



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

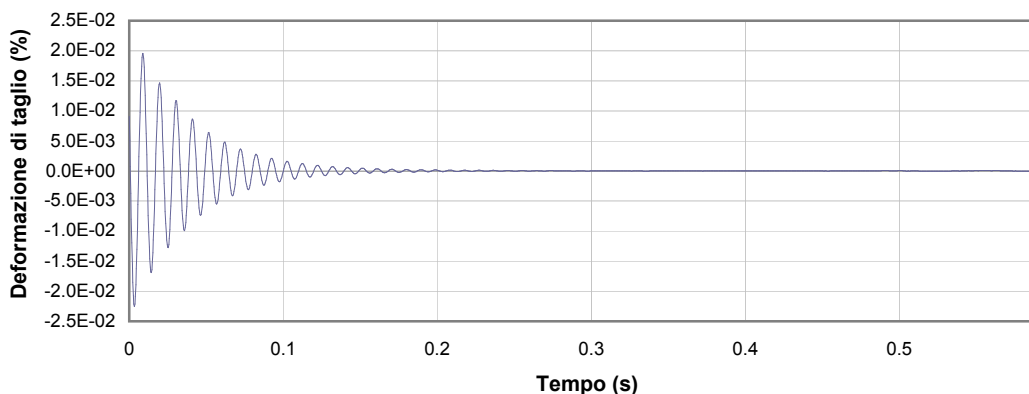
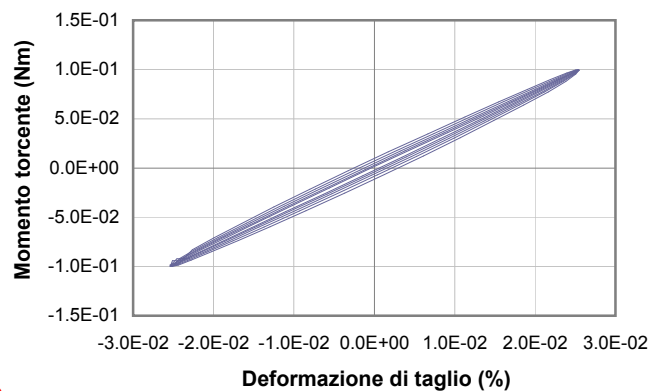
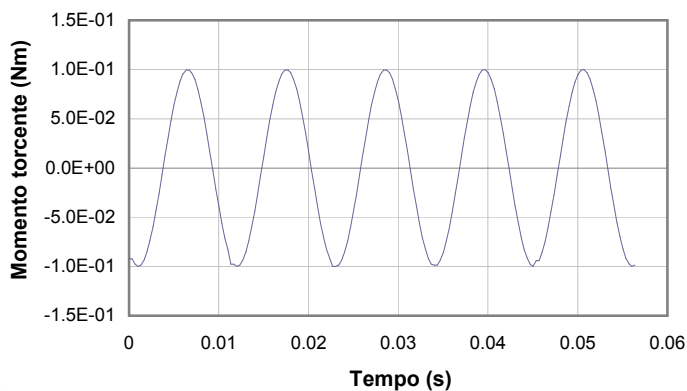
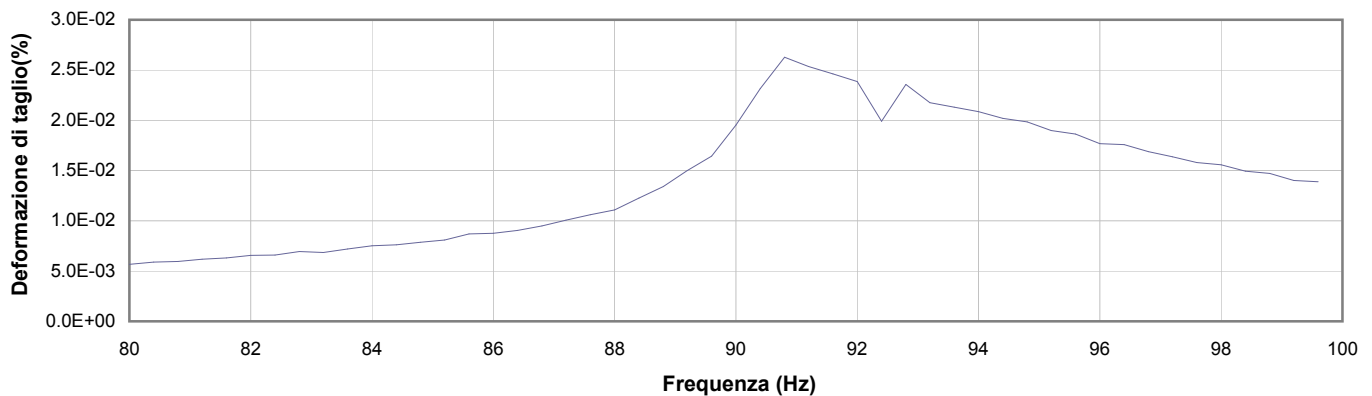
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 10



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

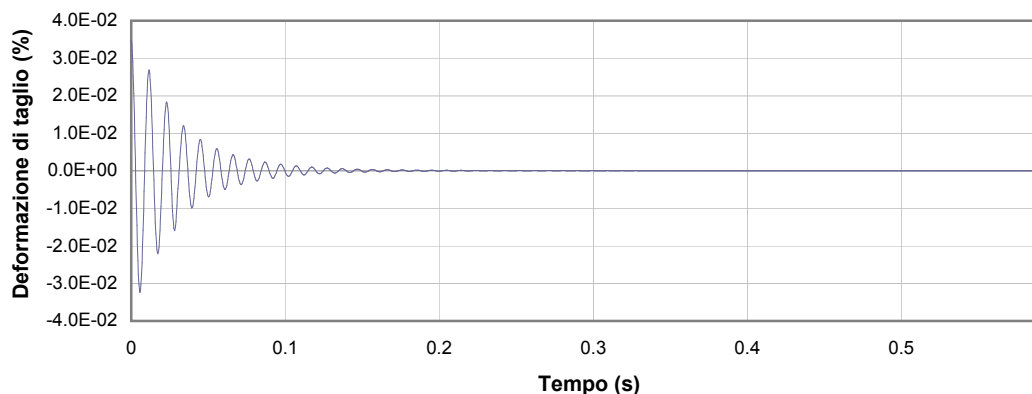
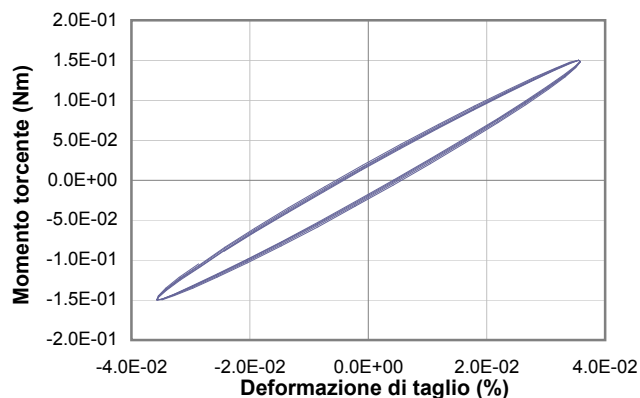
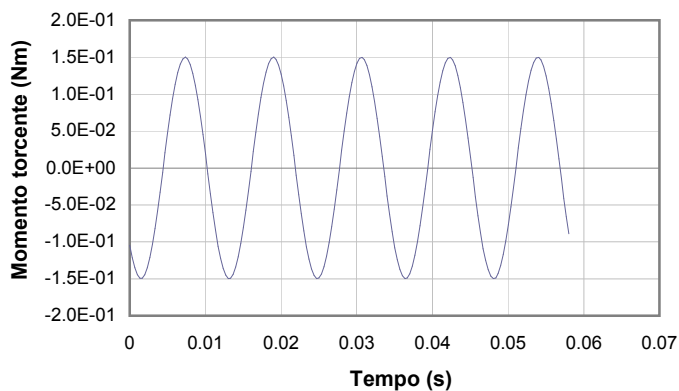
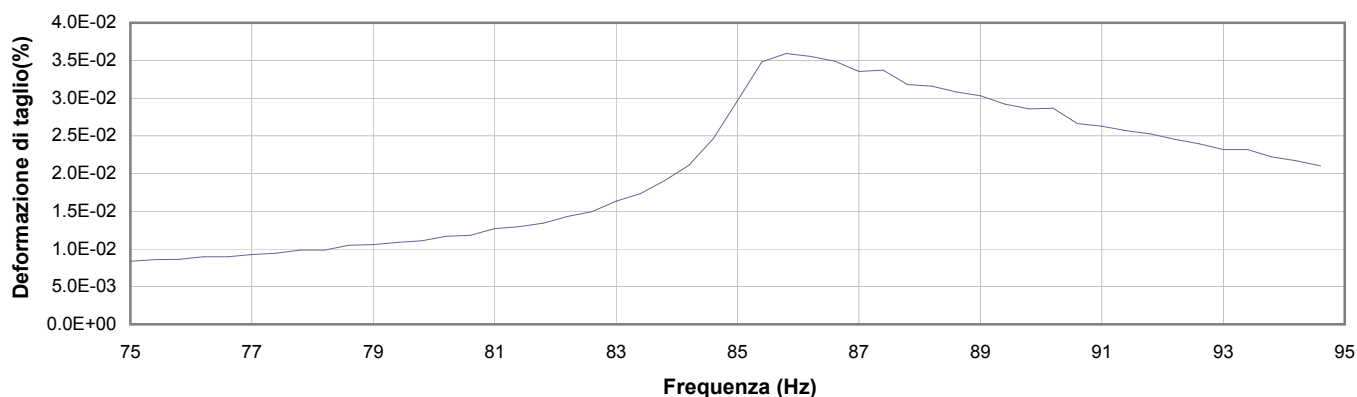
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 11



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

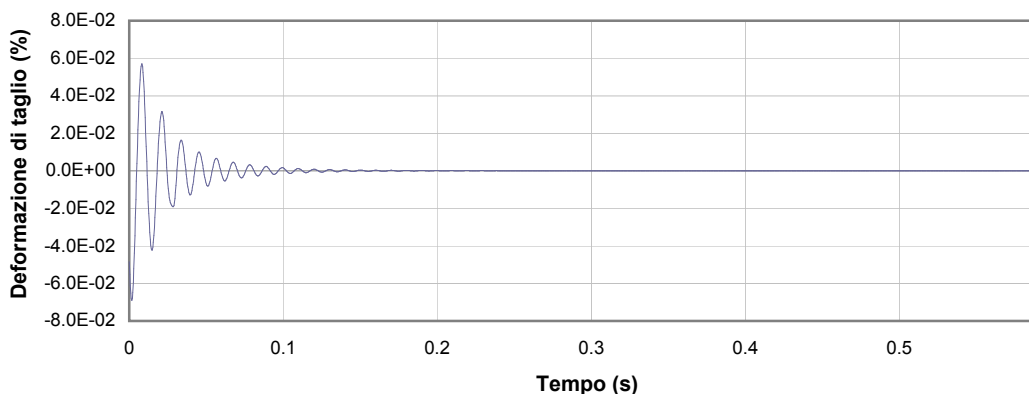
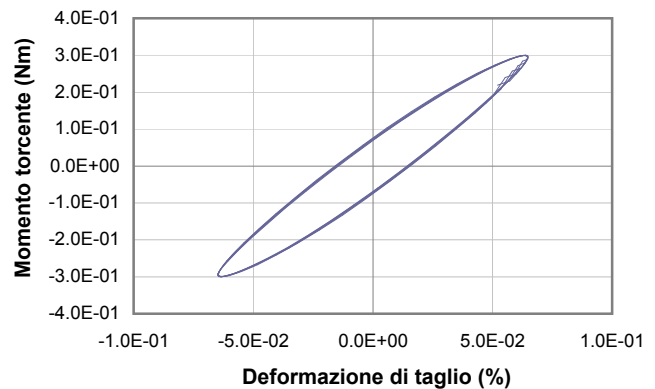
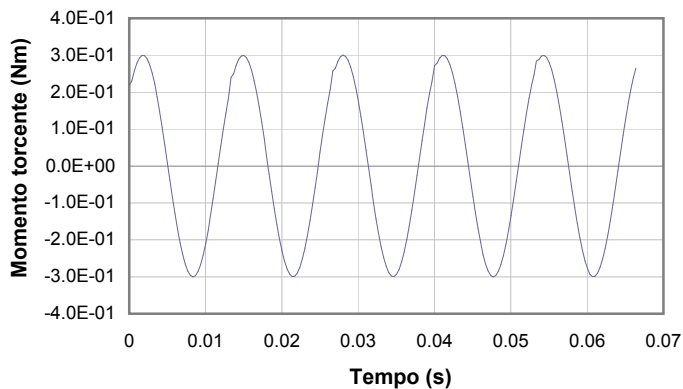
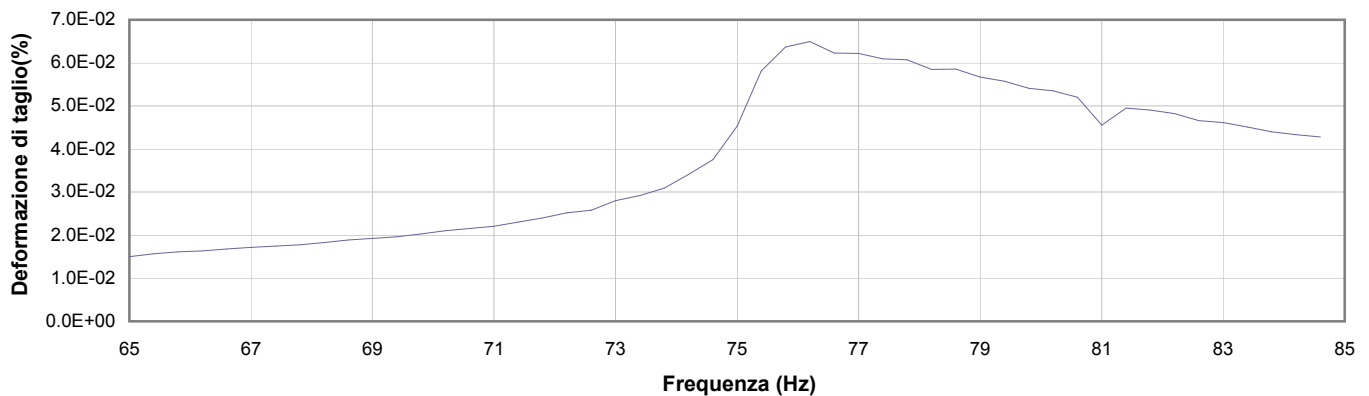
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 12



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

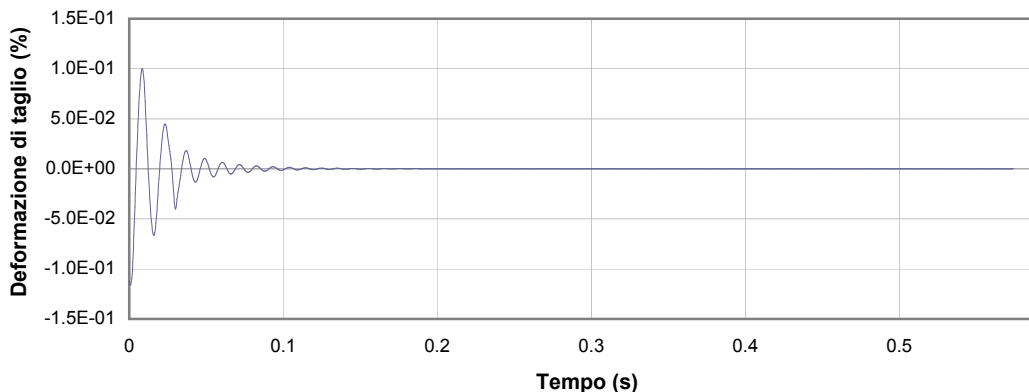
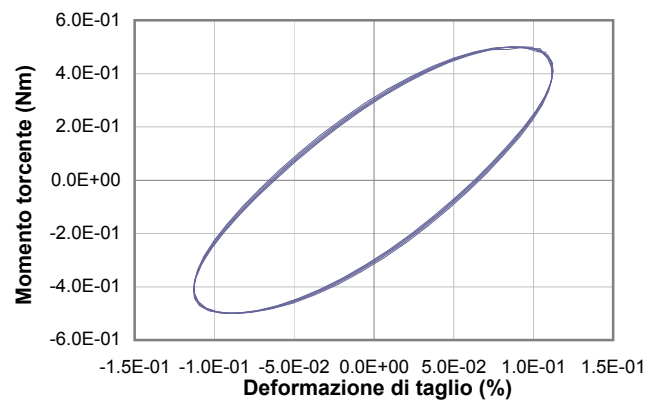
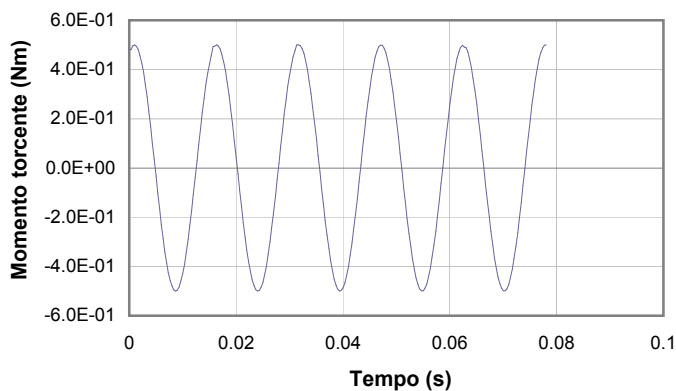
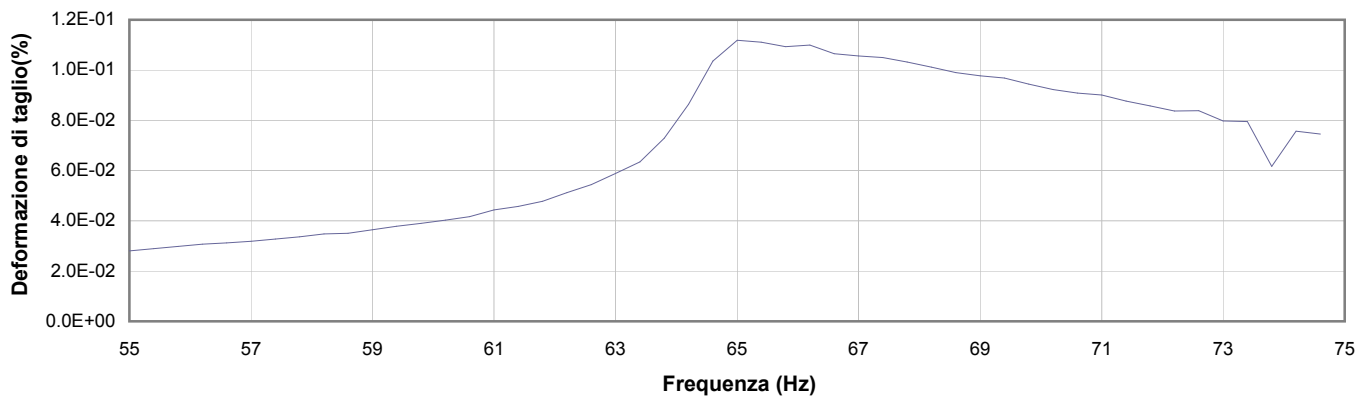
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 13



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

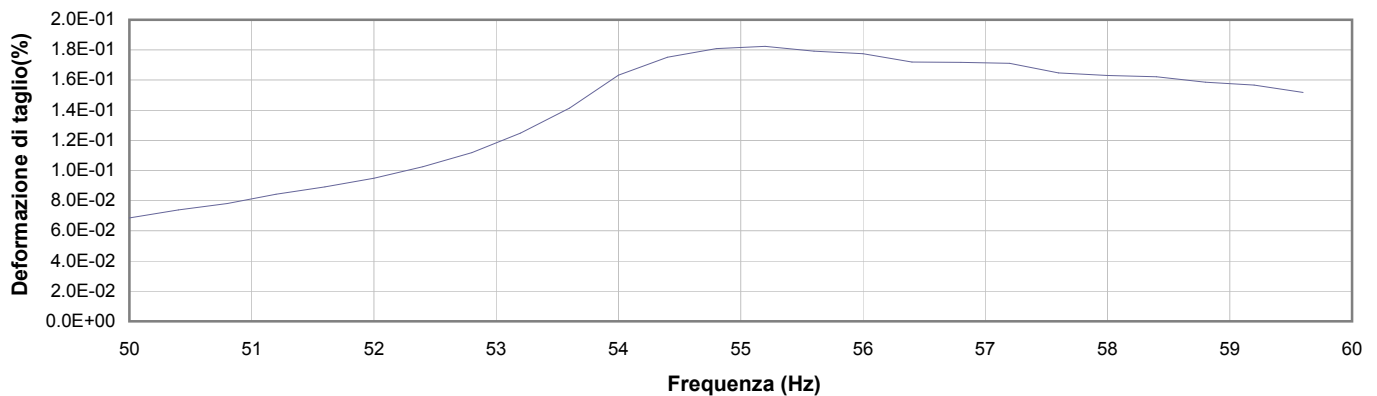
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

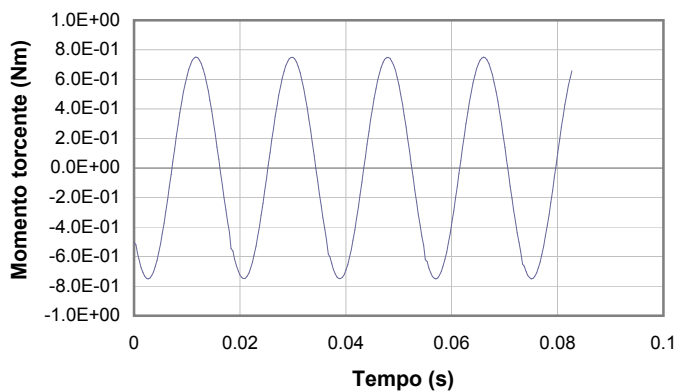
**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

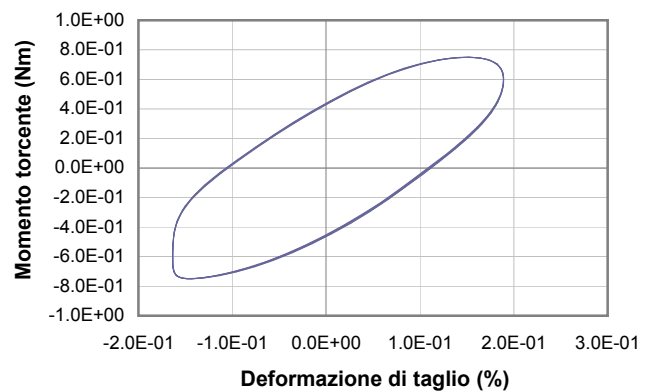
### Test 14



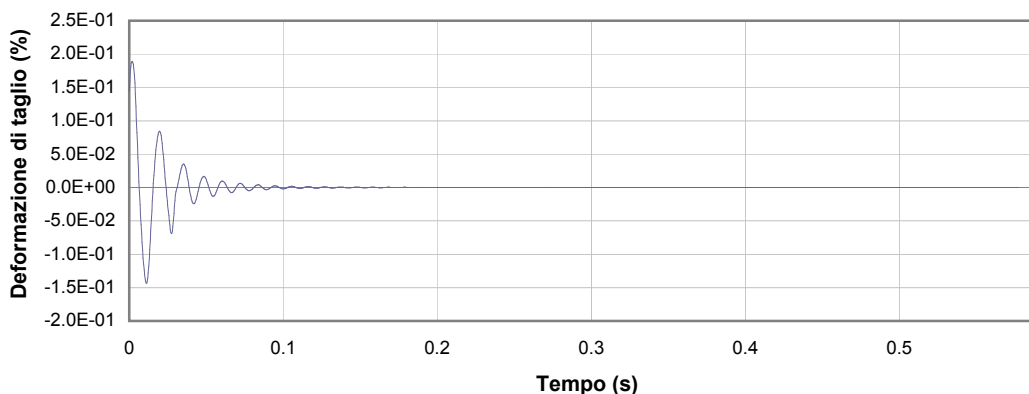
1



2



3



4

**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**



## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

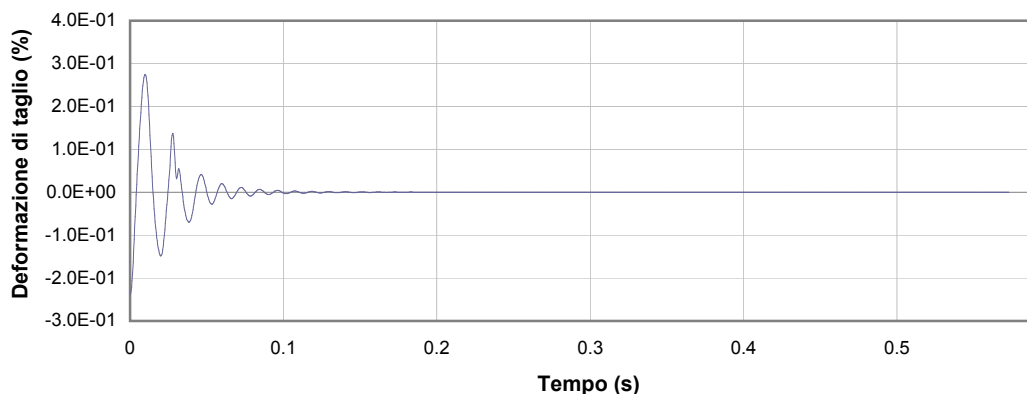
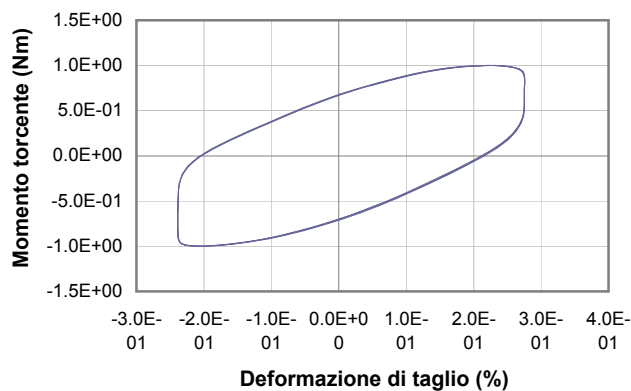
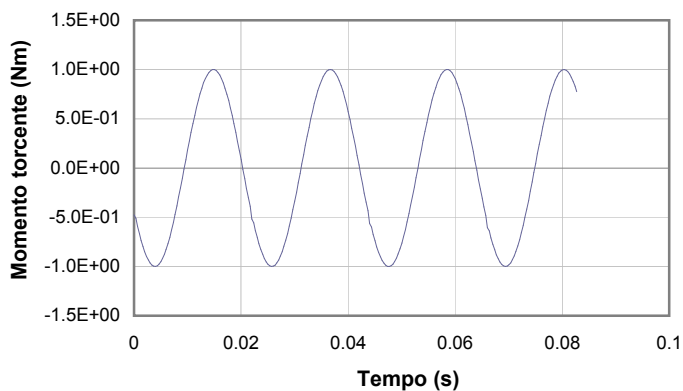
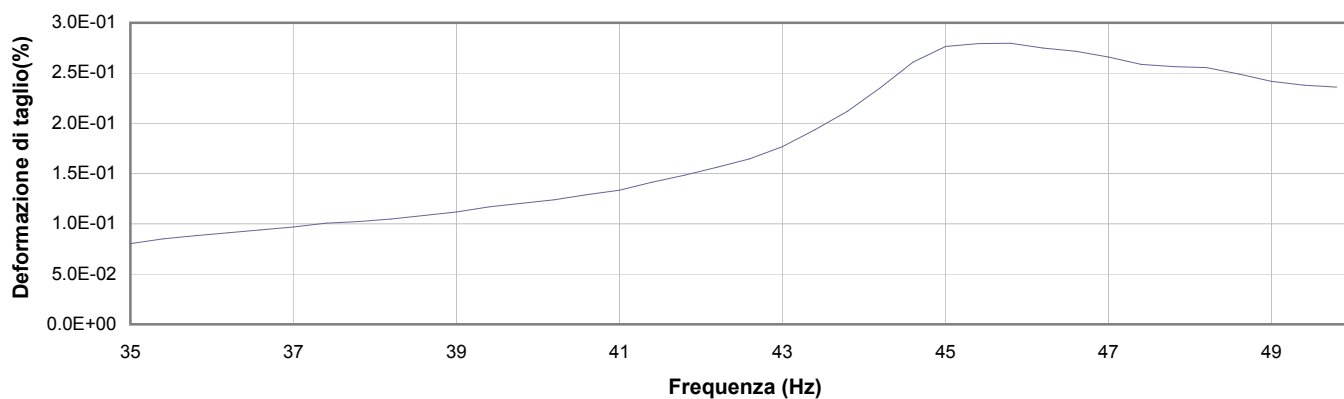
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 15



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

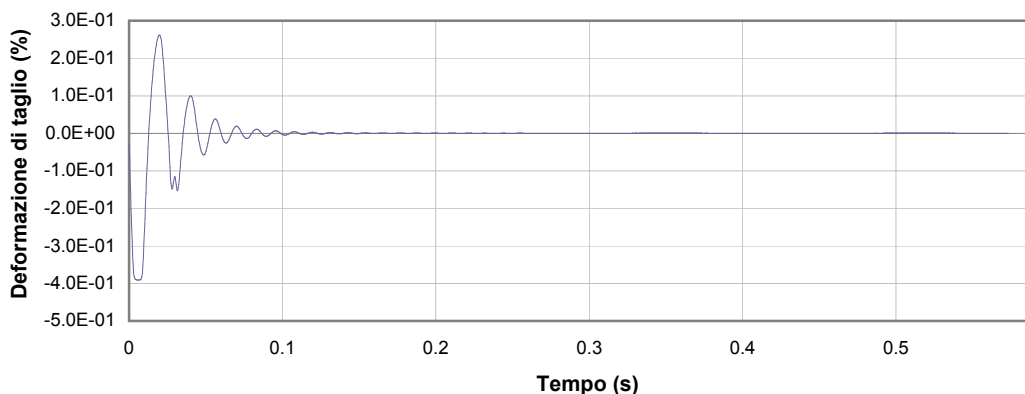
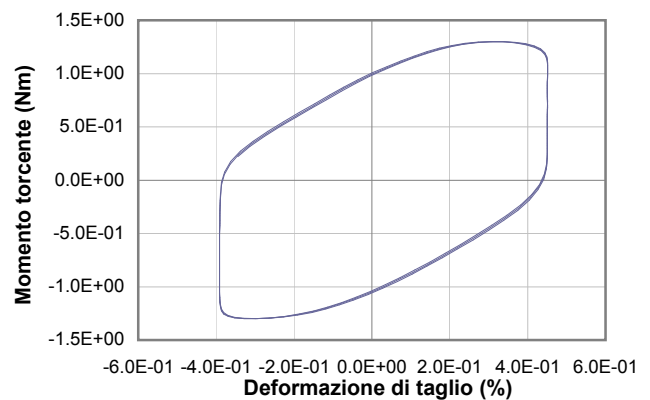
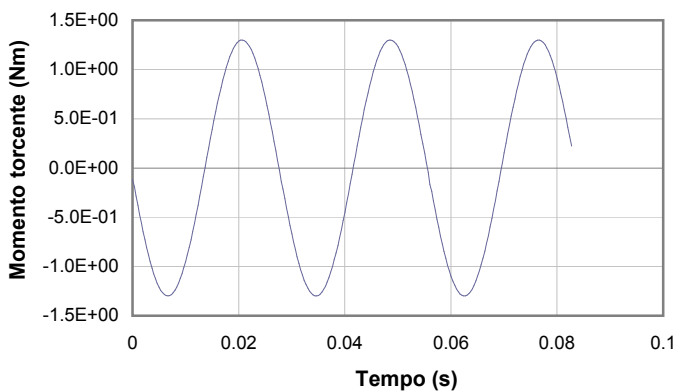
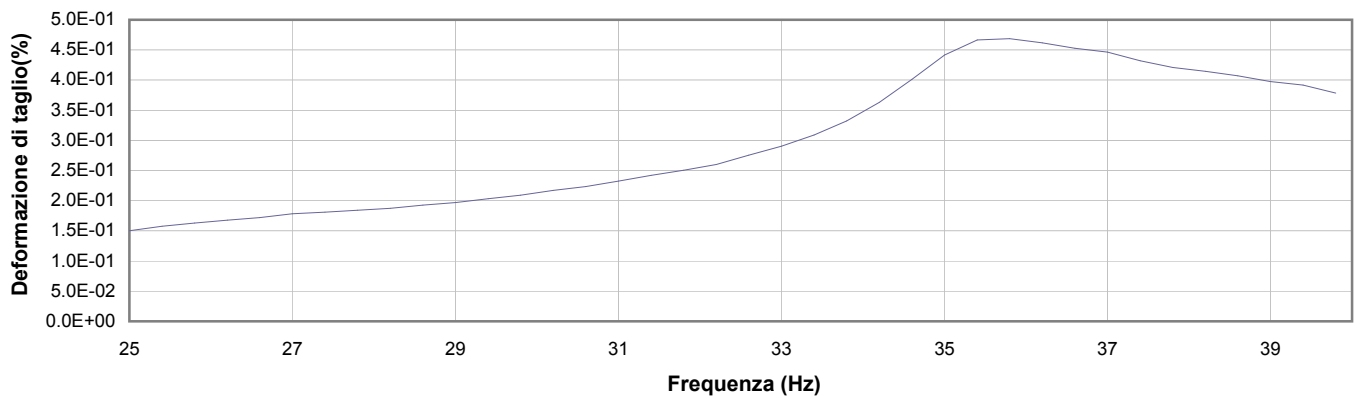
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 16



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

**Committente:** dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara

**Località:** Comacchio (FE)

**Cantiere:** Scuola Via Fattibello

**Sondaggio:** S1

**Campione:** Ost 5

**Profondità (m):** 29,00 - 29,60

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** 256/17

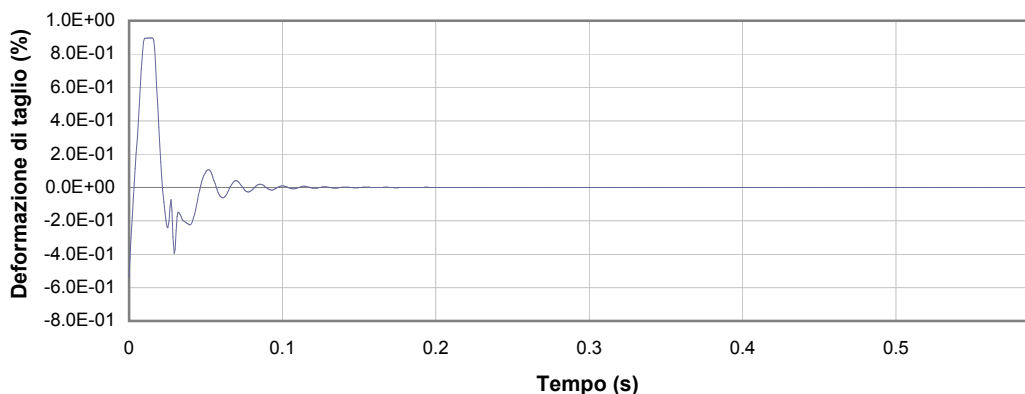
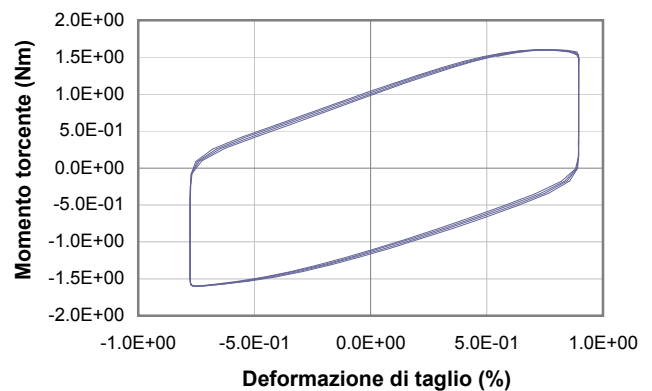
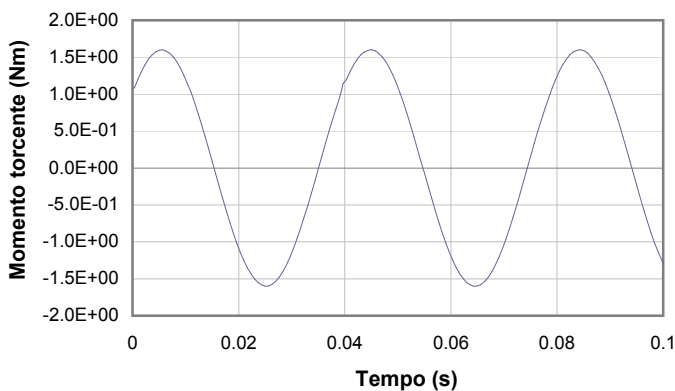
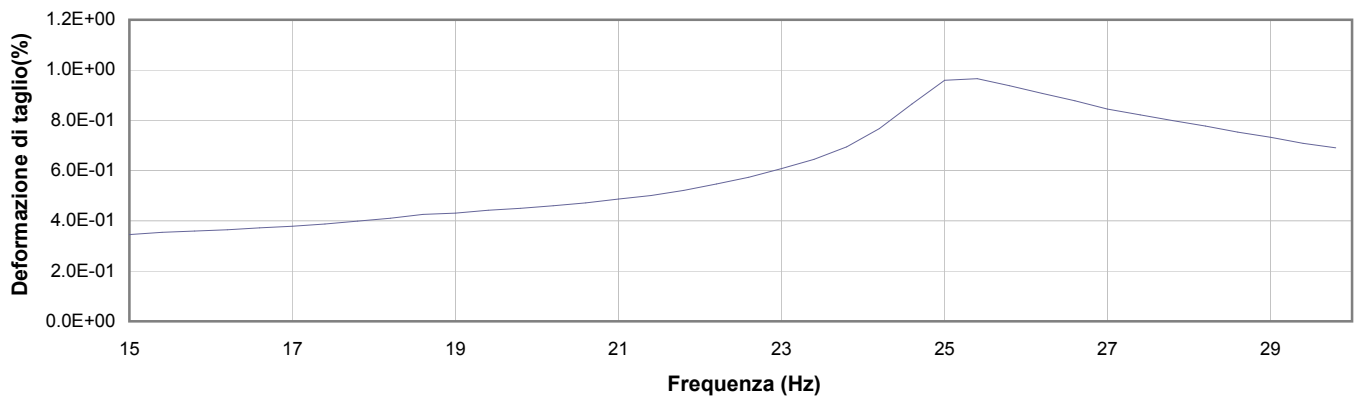
**Commessa:** 16636/17

**Data ricevimento campione:** 23/05/17

**Data prova:** 05/06/17

**Data emissione certificato:**

### Test 17



**1** Campo delle frequenze indagate

**2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

**3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

**4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE:	<b>dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara</b>		
CANTIERE:	<b>Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)</b>		
CAMPIONE:	<b>S1SPT1</b>	<b>m 2.10 - 2.55</b>	
COMMESSA:	16636/17		
VERBALE ACC.:	256/17		
DATA CONSEGNA:	23/05/17		

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

**alto**  
**2.10**

LUNGHEZZA (cm):	-		
GRADO DI QUALITA':	AGI Q3	EC 7-3	Q3

DESCRIZIONE:  
Sabbia medio fine limosa grigio



W naturale (%)	27.3
$\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> )	-
$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	-
$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	-
porosità (%)	-
indice dei vuoti	-
grado di saturazione (%)	-
massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> )	-

PROVE ESEGUITE

Umidità Naturale	-	Trassiale UU	-
Limiti Atterberg	-	Trassiale CIU	-
Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-
Gran. Sedimentazione	-	Taglio Diretto	-
Peso di Volume	-	Espansione L.L.	-
Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-
Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-
		Taglio Torsionale Cicl.	-

NOTE: -

**2.55**  
**basso**

lo Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S1SPT1 m 2.10 - 2.55		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

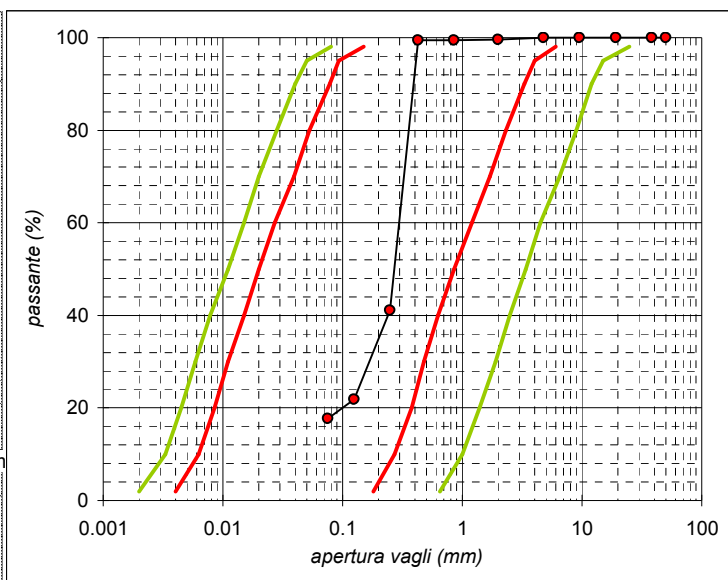
Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine limosa grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.80	0.37	0.37	99.63
setaccio	0.850	0.25	0.12	0.48	99.52
setaccio	0.425	0.12	0.06	0.54	99.46
setaccio	0.250	126.54	58.41	58.95	41.05
setaccio	0.125	41.59	19.20	78.15	21.85
setaccio	0.075	8.88	4.10	82.25	17.75
fondo		38.45	17.75	100.00	0.00
TOTALE		216.63			

 $\phi$  max (mm) = 2.88

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm > 2,00 mm	
	0.0%	0.4%
SABBIA	> 0,075 mm > 0,075 mm	
	82.3%	81.9%
LIMO + ARGILLA	<0,075 mm <0,075 mm	
	17.7%	17.7%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



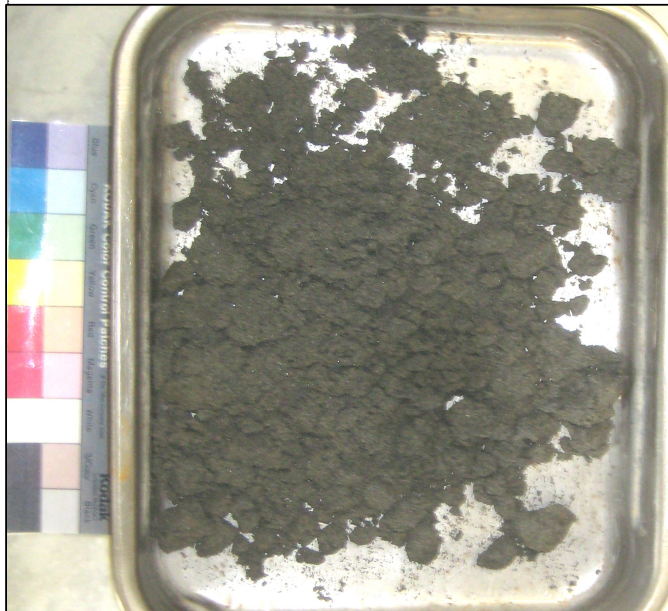
SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1SPT2 m 6.00 - 6.45**  
COMMESSA: 16636/17  
VERBALE ACC.: 256/17  
DATA CONSEGNA: 23/05/17

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

<b>alto</b> <b>6.00</b>	LUNGHEZZA (cm): - GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3 DESCRIZIONE: Sabbia medio fine limosa grigio
	W naturale (%) 23.8 $\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) - porosità (%) - indice dei vuoti - grado di saturazione (%) - massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) - PROVE ESEGUITE Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg - Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto - Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
<b>6.45</b> <b>basso</b>	NOTE: -

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli



**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S1SPT2 m 6.00 - 6.45		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

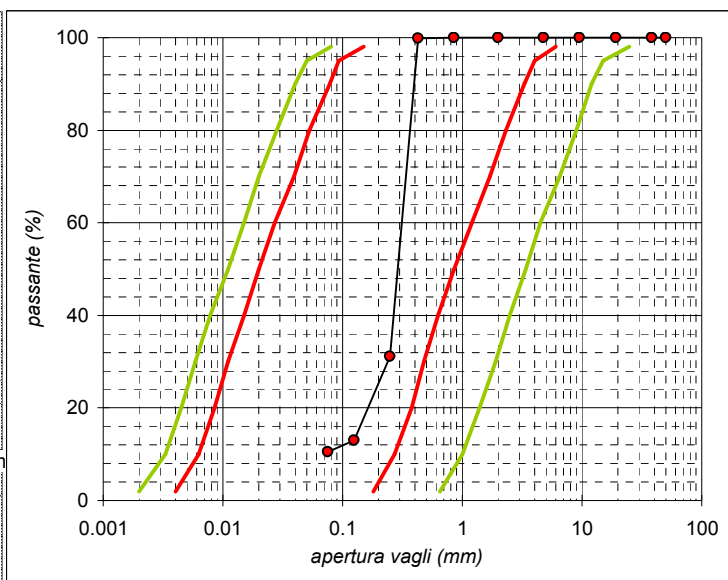
Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine limosa grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	0.850	0.07	0.03	0.03	99.97
setaccio	0.425	0.37	0.17	0.20	99.80
setaccio	0.250	150.93	68.70	68.90	31.10
setaccio	0.125	39.88	18.15	87.05	12.95
setaccio	0.075	5.43	2.47	89.53	10.47
fondo		23.01	10.47	100.00	0.00
TOTALE		219.69			

 $\phi$  max (mm) = 2.00

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,075 mm
	89.5%	89.5%
LIMO + ARGILLA	<0,075 mm	<0,075 mm
	10.5%	10.5%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli



**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1SPT3 m 7.50 - 7.95**  
COMMESSA: **16636/17**  
VERBALE ACC.: **256/17**  
DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

<b>alto</b> <b>7.50</b>	LUNGHEZZA (cm): - GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3
	DESCRIZIONE: Sabbia medio fine limosa grigio
	W naturale (%) 26.2
	$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	porosità (%) -
	indice dei vuoti -
	grado di saturazione (%) -
	massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	PROVE ESEGUITE
	Umidità Naturale - Trassiale UU -
	Limiti Atterberg - Trassiale CIU -
	Gran. Setacciatura SI Edometria -
	Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto -
	Peso di Volume - Espansione L.L. -
	Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. -
	Analisi Chimica - Colonna Risonante -
	Taglio Torsionale Cicl. -
	NOTE: -
<b>7.95</b> <b>basso</b>	

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

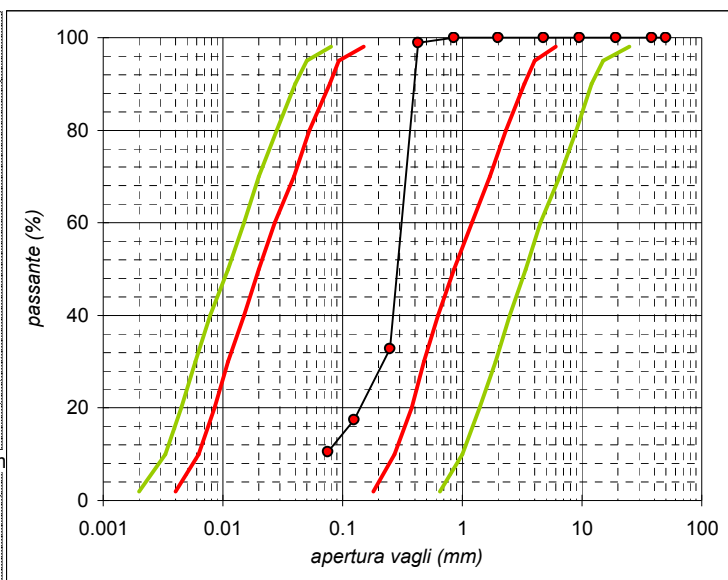
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S1SPT3 m 7.50 - 7.95		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine limosa grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	0.850	0.01	0.00	0.00	100.00
setaccio	0.425	2.17	1.08	1.09	98.91
setaccio	0.250	132.50	66.13	67.22	32.78
setaccio	0.125	30.76	15.35	82.58	17.42
setaccio	0.075	13.86	6.92	89.49	10.51
setaccio	fondo	21.05	10.51	100.00	0.00
TOTALE		200.35		$\phi$ max (mm) =	2.00

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,075 mm
	89.5%	89.5%
LIMO + ARGILLA	<0,075 mm	<0,075 mm
	10.5%	10.5%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli



**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007




SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1SPT4 m 9.00 - 9.45**  
COMMESSA: 16636/17  
VERBALE ACC.: 256/17  
DATA CONSEGNA: 23/05/17

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

<b>alto</b> <b>9.00</b>	LUNGHEZZA (cm): - GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3 DESCRIZIONE: Sabbia medio fine limosa grigio
	W naturale (%) 23.5 $\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) - porosità (%) - indice dei vuoti - grado di saturazione (%) - massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) - PROVE ESEGUITE Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg - Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto - Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
<b>9.45</b> <b>basso</b>	NOTE: -

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S1SPT4 m 9.00 - 9.45		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

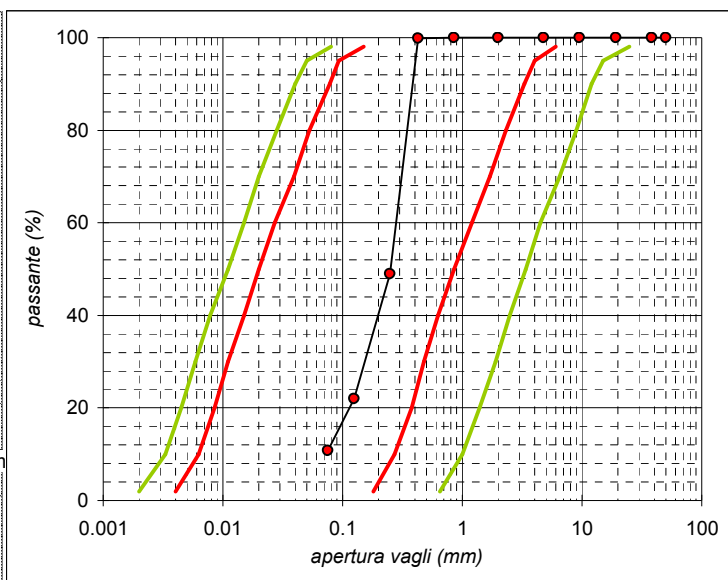
Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine limosa grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	0.850	0.01	0.01	0.01	99.99
setaccio	0.425	0.15	0.08	0.09	99.91
setaccio	0.250	94.03	50.93	51.02	48.98
setaccio	0.125	49.81	26.98	77.99	22.01
setaccio	0.075	20.70	11.21	89.21	10.79
fondo		19.93	10.79	100.00	0.00
TOTALE		184.63			

 $\phi$  max (mm) = 0.88

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,075 mm
	89.2%	89.2%
LIMO + ARGILLA	<0,075 mm	<0,075 mm
	10.8%	10.8%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli





**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1SPT5 m 10.50 - 10.95**  
COMMESSA: **16636/17**  
VERBALE ACC.: **256/17**  
DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

<b>alto</b> <b>10.50</b>	LUNGHEZZA (cm): - GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3
	DESCRIZIONE: Sabbia medio fine limosa grigio
	W naturale (%) 26.6
	$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	porosità (%) -
	indice dei vuoti -
	grado di saturazione (%) -
	massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	PROVE ESEGUITE
	<div> <div>Umidità Naturale</div> <div>-</div> <div>Trassiale UU</div> <div>-</div> </div> <div> <div>Limiti Atterberg</div> <div>-</div> <div>Trassiale CIU</div> <div>-</div> </div> <div> <div>Gran. Setacciatura</div> <div>SI</div> <div>Edometria</div> <div>-</div> </div> <div> <div>Gran. Sedimentazione</div> <div>-</div> <div>Taglio Diretto</div> <div>-</div> </div> <div> <div>Peso di Volume</div> <div>-</div> <div>Espansione L.L.</div> <div>-</div> </div> <div> <div>Peso Specifico</div> <div>-</div> <div>Trassiale Cicl. + C.M.</div> <div>-</div> </div> <div> <div>Analisi Chimica</div> <div>-</div> <div>Colonna Risonante</div> <div>-</div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div>Taglio Torsionale Cicl.</div> <div>-</div> </div>
	NOTE: -
<b>10.95</b> <b>basso</b>	

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli



**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

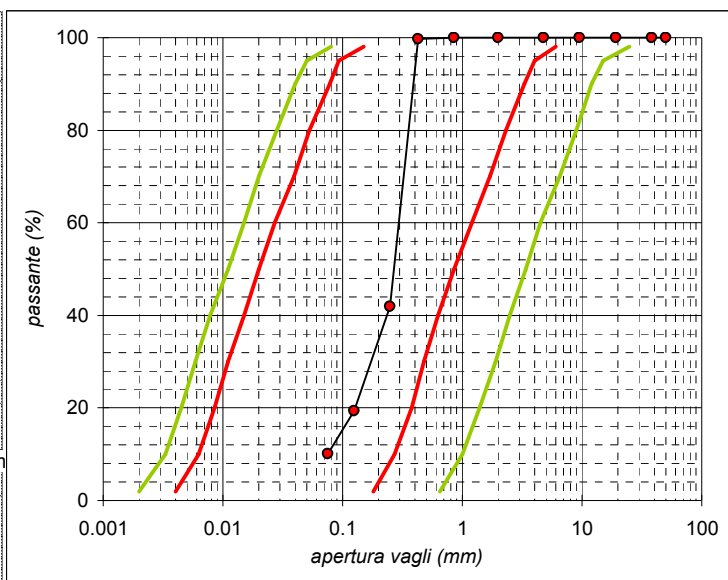
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S1SPT5 m 10.50 - 10.95		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine limosa grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	0.850	0.02	0.01	0.01	99.99
setaccio	0.425	0.50	0.25	0.26	99.74
setaccio	0.250	115.83	57.86	58.12	41.88
setaccio	0.125	44.98	22.47	80.59	19.41
setaccio	0.075	18.62	9.30	89.89	10.11
setaccio	fondo	20.24	10.11	100.00	0.00
TOTALE		200.19		$\phi$ max (mm) =	0.87

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,075 mm
	89.9%	89.9%
LIMO + ARGILLA	<0,075 mm	<0,075 mm
	10.1%	10.1%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli



**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007




SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1SPT6 m 12.00 - 12.45**  
COMMESSA: **16636/17**  
VERBALE ACC.: **256/17**  
DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

<b>alto</b> <b>12.00</b>	LUNGHEZZA (cm): - GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3
	DESCRIZIONE: Sabbia medio fine limosa grigio
	W naturale (%) 26.6 $\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) - porosità (%) - indice dei vuoti - grado di saturazione (%) - massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	<b>PROVE ESEGUITE</b> Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg - Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto - Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
	NOTE: -
<b>12.45</b> <b>basso</b>	

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

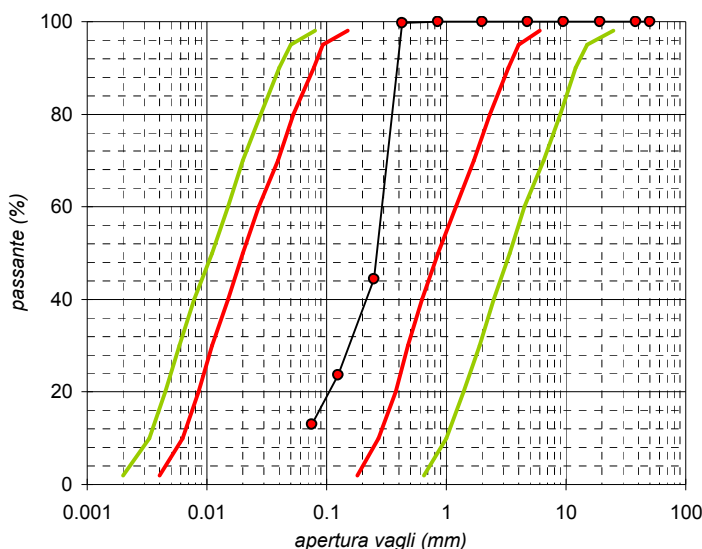
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S1SPT6 m 12.00 - 12.45		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine limosa grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.04	0.02	0.02	99.98
setaccio	0.850	0.05	0.02	0.04	99.96
setaccio	0.425	0.52	0.26	0.30	99.70
setaccio	0.250	110.72	55.31	55.61	44.39
setaccio	0.125	41.60	20.78	76.39	23.61
setaccio	0.075	21.31	10.64	87.04	12.96
setaccio	fondo	25.95	12.96	100.00	0.00
TOTALE		200.19		$\phi$ max (mm) =	2.51

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,075 mm
	87.0%	87.0%
LIMO + ARGILLA	<0,075 mm	<0,075 mm
	13.0%	13.0%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli



**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007




SISTEMI DI GESTIONE  
CERTIFICATI

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara**  
CANTIERE: **Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)**  
CAMPIONE: **S1SPT7 m 13.50 - 13.95**  
COMMESSA: **16636/17**  
VERBALE ACC.: **256/17**  
DATA CONSEGNA: **23/05/17**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 13.50	LUNGHEZZA (cm): - GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3
	DESCRIZIONE: Sabbia medio fine limosa grigio
	W naturale (%) 26.7 $\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) - $\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) - porosità (%) - indice dei vuoti - grado di saturazione (%) - massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) -
	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg - Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto - Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
	NOTE: -
	13.95 basso

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**ANALISI GRANULOMETRICA**
**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

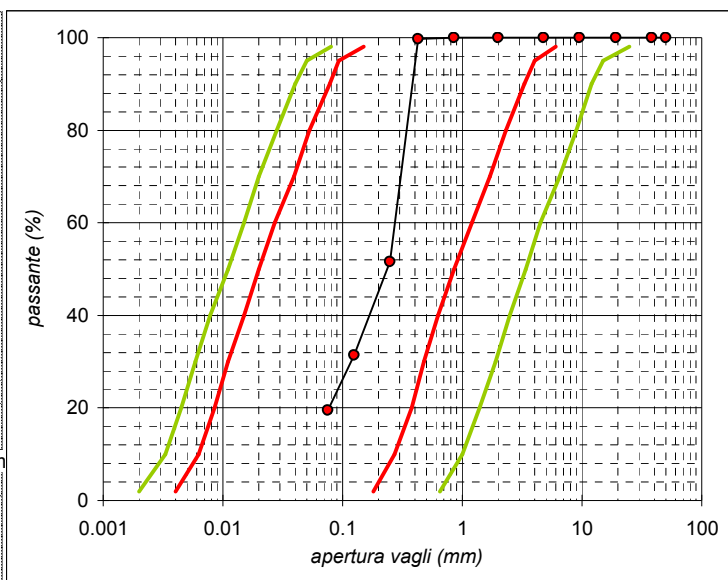
COMMITTENTE:	dott. geol. Thomas Veronese - via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara		
CANTIERE:	Scuola Via Fattibello - Comacchio (FE)		
CAMPIONE:	S1SPT7 m 13.50 - 13.95		
COMMESSA:	16636/17	DURATA PROVE:	05 - 16/06/17
VERBALE ACC.:	256/17	DATA CONSEGNA:	23/05/17
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

Codici strumentazione: 480, 419, 348, 432, 570, 571, 572, 573, 290, 291, 292, 293, 282, 283, 286

Aspetto del campione: **Sabbia medio fine limosa grigio**

TIPO VAGLIO	apertura (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
crivello	50	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
crivello	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
setaccio	2.0	0.01	0.01	0.01	99.99
setaccio	0.850	0.03	0.02	0.02	99.98
setaccio	0.425	0.36	0.19	0.21	99.79
setaccio	0.250	91.86	48.24	48.45	51.55
setaccio	0.125	38.44	20.19	68.64	31.36
setaccio	0.075	22.57	11.85	80.49	19.51
fondo		37.15	19.51	100.00	0.00
TOTALE		190.42		$\phi$ max (mm) =	2.29

Passante effettivo setaccio 0.075 (g)		
t° C	Tempo (s)	Lettura
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	AGI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,075 mm
	80.5%	80.5%
LIMO + ARGILLA	<0,075 mm	<0,075 mm
	19.5%	19.5%


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli