
	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. 1 di 50	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. 00	





## Sito Syndial di Ravenna – Area Ponticelle

### Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria Sub Comparto B – Ca' Ponticelle



## RELAZIONE GEOTECNICA

00	Emissione	Golder	Amendola/ Fagiani	Bini	10/06/2019
<b>Indice di Rev.</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>
Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.					

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. 2 di <b>50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	


Memorandum delle revisioni

Ind. Di Rev.	Data	Paragrafo	Descrizione sintetica revisione

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	<b>TITOLO</b> Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. 3 di <b>50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Descrizione degli interventi .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Descrizione delle opere di urbanizzazione primaria (PUA) .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Scopo del documento .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Documentazione di riferimento .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Normativa di riferimento .....</b>	<b>8</b>
<b>2. SINTESI DELL'INQUADRAMENTO DEL SITO.....</b>	<b>10</b>
<b>3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Prove geotecniche di laboratorio.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Unità SL – Prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Definizione dei parametri caratteristici .....</b>	<b>17</b>
<b>4. CONSIDERAZIONI SULLE TECNICHE DI FONDAZIONE .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Fondazioni dirette – dimensioni e carichi ridotti.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Rilevati stradali – analisi dei cedimenti.....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Rilevati stradali – stabilità delle scarpate .....</b>	<b>28</b>
<b>4.4 Muri di sostegno .....</b>	<b>37</b>
<b>5. CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE.....</b>	<b>48</b>
<b>6. CONCLUSIONI .....</b>	<b>49</b>

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>4di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

## INDICE DELLE FIGURE NEL TESTO

<i>Figura 1 – Ubicazione degli interventi in progetto con indicazione delle aree di proprietà Syndial</i> .....	5
<i>Figura 2 – Vista d'insieme delle opere in progetto</i> .....	6
<i>Figura 3 – PUA sub comparto B – Ca' Ponticelle</i> .....	7
<i>Figura 5 – stabilità scarpata 3/2 rilevato stradale – combinazione sismica</i> .....	33
<i>Figura 6 – stabilità scarpata 3/2 rilevato stradale – combinazione esercizio</i> .....	37

## ANNESSI

ANNESSO 1: Relazioni geologiche redatte a supporto del PUA



ANNESSO 2: Indagini geognostiche in area FORSU: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU (con prove dissipazione), Indagine georadar Prove sismiche in sito MASW e HVSr. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, marzo-aprile 2018)

ANNESSO 3: Indagini geognostiche: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU (con prove dissipazione), Indagine georadar Prove sismiche in sito MASW e HVSr. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, giugno-agosto 2018)

ANNESSO 4: Campagna di indagini giugno-agosto 2018

ANNESSO 5: Fondazioni superficiali isolate



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>5di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Descrizione degli interventi

Syndial S.p.a. ed Eni New Energy, entrambe società del Gruppo Eni, intendono proporre un progetto di riqualificazione produttiva del sito di Ponticelle che prevede la realizzazione di:



- **a cura Eni New Energy: impianto fotovoltaico grid-connected di potenza pari a 5,6 MWp con annesso storage lab della potenza di 1 MWh;**
- **a cura Syndial: piattaforma polifunzionale per la gestione di rifiuti solidi e liquidi e un centro tecnologico per le bonifiche (di seguito CTB).**

La piattaforma è localizzata tra il polo chimico di Ravenna e l'area artigianale Bassette, come indicato nell'immagine seguente, ove sono indicate anche le aree Syndial del polo di Ravenna.

L'area risulta affacciata a Via Canale Magni nel tratto fra Rotonda degli Scaricatori e Rotonda degli Ormeggiatori.





*Figura 1 – Ubicazione degli interventi in progetto con indicazione delle aree di proprietà Syndial*

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>6di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	



*Figura 2 – Vista d'insieme delle opere in progetto*



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. 7 di 50	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. 00	



*Figura 3 – PUA sub comparto B – Ca' Ponticelle*



Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica ai sensi della normativa vigente (NTC2018 e relativa Circolare Applicativa) del Progetto Esecutivo per l'Appalto degli interventi relativi alle opere di urbanizzazione primaria dell'Area Ponticelle.

## **1.2 Descrizione delle opere di urbanizzazione primaria (PUA)**

Il Piano Urbanistico Attuativo subcomparto B – Ca' Ponticelle a cui fa riferimento il presente documento, prevede opere di urbanizzazione primaria quali:

- realizzazione di una strada di accesso al nuovo comparto posta a margine ovest del sito;
- nuova rotatoria di ingresso su Via Canale Magni;
- nuovi parcheggi pubblici ubicati in parte in adiacenza del lotto dedicato alla piattaforma per trattamento rifiuti ed in parte in fondo all'area di comparto; entrambi i parcheggi risultano accessibili da una rotatoria più contenuta.

Nel Piano Urbanistico Attuativo è prevista anche un'area verde di mitigazione paesaggistica nella zona settentrionale del sito, con funzione di filtro tra i futuri impianti industriali e le importanti aree naturalistiche poste a nord, oltre Via Canale Magni. All'interno della fascia verde è realizzata una vasca per la laminazione delle acque di seconda pioggia delle aree pubbliche del comparto.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. 8 di <b>50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

### 1.3 Scopo del documento

La presente relazione ha lo scopo di definire e fornire le principali caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il sito in oggetto, nonché di riportare le calcolazioni preliminari di natura geotecnica finalizzate alla verifica delle principali opere presenti all'interno del PUA quali platee di fondazione (muri di sostegno), stabilità delle scarpate e cedimenti attesi dei rilevati.

Infatti, come si evince dalla documentazione relativa alla progettazione definitiva in essere e riportata ai paragrafi precedenti, l'ingegneria di progetto consta principalmente della realizzazione di rilevati stradali di spessore variabile sino ad un massimo di circa 200 cm costituiti da scarpate di inclinazione 3/2 e muri di sostegno in calcestruzzo armato, necessari per il contenimento del piano viabile.

Ai paragrafi seguenti sono riportate le calcolazioni preliminari.



### 1.4 Documentazione di riferimento

- [1] PUA ex Enichem Sub comparto B Ca' Ponticelle, Relazione geologica geotecnica (Studio Luoghi della Città, febbraio 2018);
- [2] PUA ex Enichem Sub comparto B Ca' Ponticelle, Relazione geologica geotecnica - integrazione (Studio Luoghi della Città, febbraio 2018);
- [3] Variante al "Progetto operativo di bonifica dei sedimenti e dei terreni della zona Ponticelle – Fase II – 2° stralcio" – Intervento di messa in sicurezza permanente, Revisione 2 (Montana, marzo 2018);
- [4] Indagini geognostiche in area FORSU: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU, Prove di dissipazione, Rilievo topografico. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, aprile 2018);
- [5] Specifica tecnica per l'esecuzione di indagini geotecniche/geofisiche in sito nell'area Ponticelle (Montana, maggio 2018).



Le relazioni geologiche redatte a supporto del PUA (Documenti [1] e [2]) sono riportate nell'Annesso 1. La relazione descrittiva delle indagini eseguite nell'area FORSU (Documento [4]) è riportata nell'Annesso 2.

### 1.5 Normativa di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018, suppl. ord. n. 8;
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 del 11 febbraio 2019: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- 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;

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>9</b> di <b>50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

- 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 l'apianificazione 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)".

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>10di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

## 2. SINTESI DELL'INQUADRAMENTO DEL SITO

Il sito in esame è ubicato all'interno dell'area industriale dello stabilimento multi societario di Ravenna, tra il Polo Chimico e l'area artigianale Bassette, nell'area definita da PRG del Comune di Ravenna come "Areadi ristrutturazione per attività industriali e produttive portuali" e occupa un'area sub pianeggiante di circa 26 ettari.

Il sottosuolo del sito ricade all'interno dell'unità di depositi olocenici dell'Unità di Modena (AES8a), costituita in prevalenza da depositi sabbiosi di cordone litorale, deposti in un ambiente di piana costiera e fronte deltizia. Tali depositi passano lateralmente e verticalmente ad argille limose, argille, torbe e limi argillosi, alternati a sabbie (depositi di prodelta, depositi di palude e laguna).

L'area in esame ricade interamente sul cordone sabbioso della pineta di San Vitale (S3) e quindi in una zona caratterizzata da depositi sabbiosi affioranti. Superficialmente è presente circa un metro di terreno sabbioso di riporto e quindi, fino a 13-14 m di profondità, un potente banco prevalentemente sabbioso (depositi costieri di spiaggia eduna e di mare basso), a cui possono essere intercalate lenti di limitato spessore di terreno argilloso-limoso. Al banco sabbioso segue, fino a circa 27 metri di profondità un terreno argilloso-limoso, circa normalconsolidato, con molte lenti di sabbia fine e sabbia limosa intercalate. Questo banco rappresenta i depositi di ambiente marino della fase di maggiore avanzata del mare durante l'ingressione olocenica, quando la linea di costa era molto più ad occidente dell'area in esame. Questo complesso di terreni olocenici poggia su un substrato di alluvioni del Pleistocene superiore. Tali alluvioni pleistoceniche sono costituite da depositi argilloso-limosi da mediamente consistenti a compatti (moderatamente sovraconsolidati) con intercalate lenti sabbioso-limose (Documento [1]).

Il Sito oggetto del presente documento è stato oggetto di diverse campagne di indagine geognostica, riassunte nella seguente **Tabella 1**, per i dettagli si rimanda alla Relazione Geologica del Progetto PUA.



*Tabella 1 Sintesi delle indagini geognostiche pregresse*

Documento	Anno	Tipo di indagine
Documento [1]	(1978-2012)	6 prove penetrometriche statiche (CPT) (1/78, 1/79, 8/89, 9/89, CPT2 e CPT3) e 1 sondaggio a carotaggio (4/89) eseguiti in prossimità del Comparto B
	2012	3 prove penetrometriche statiche (CPT) (1/12B, 2/12B e 3/12B)
Documento [4]	2018	3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo (BH_01, BH_02, BH_03), 32 prove SPT a punta aperta in foro e prelievo di 6 campioni indisturbati
	2018	7 prove CPTU (CPTU1 ÷ CPTU7) e 3 prove di dissipazione
	2018	Rilievo topografico

La relazione descrittiva delle indagini eseguite in area FORSU è riportata nell'Annesso 2.

Oltre alle indagini pregresse riportate in Tabella 1, nel periodo di giugno - agosto 2018 sono state eseguite in sito le seguenti indagini:

- n. 6 sondaggi geognostici (S01÷S06), ciascuno spinto fino a 35 m, integrati con l'esecuzione di prove SPT in foro per ciascun sondaggio, in avanzamento in fase di esecuzione del sondaggio con

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>11di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

passo 3 m. Nel complesso sono state eseguite 59 prove SPT, a punta aperta, con prelievo campioni rimaneggiati da destinare a prove di laboratorio geotecnico;



- prelievo di n. 4 campioni indisturbati da ciascun sondaggio per analisi geotecniche, per un totale di n. 24 campioni indisturbati;
- n. 8 prove in sito CPTU (CPTU1÷CPTU8) spinte fino a 35 m di profondità integrate con l'esecuzione di n. 5 prove di dissipazione per ciascuna verticale CPTU;
- n. 2 prove sismiche attive tipo MASW e n.3 prove sismiche passive tipo HVSR;
- n. 1 indagine georadar.

La relazione descrittiva di tali indagini è riportata nell'Annesso 3. L'ubicazione delle indagini descritte nel presente paragrafo è rappresentata nell'elaborato grafico *090001-ENG-E-ED-6326\_Stato del sito 2018 - Ubicazione indagini effettuate*.

L'assetto litostratigrafico locale del Sito può essere così descritto (dall'alto verso il basso stratigrafico):

- Terreno di riporto da sabbioso a ghiaioso, anche costituito da materiale inertizzato, con spessore variabile tra 0 e 1,5 m;
- Sabbia, da debolmente limosa a limosa, localmente con tracce di argilla, di colore grigio, con spessore tra 12 e 13 m. Nella porzione superiore di questo livello sabbioso sono stati localmente osservati livelli di argilla o torba, di spessore pluridecimetrico (depositi di spiaggia, duna e ambiente marino costiero);
- Limo da sabbioso ad argilloso poco consistente contenente intercalazioni da pluridecimetriche a plurimetriche di sabbia limosa, con spessore complessivo variabile tra 13 e 14.5 m (depositi di ambiente marino e palustre);
- Argilla limosa e limo argilloso mediamente consistente con presenza di torba, di colore grigio-nerastro, con spessore variabile tra 0 e 1,5 m (depositi di ambiente palustre);
- Sabbia medio-fine con intercalazioni di sabbia limosa, sciolta, di colore grigio-nocciola, con spessore variabile tra 4 e 7 m (depositi alluvionali pleistocenici). In corrispondenza dei sondaggi S01, S05 e S06 tale orizzonte è stato intercettato fino alla massima profondità indagata, pari a 35 m da p.c.;
- Argilla, argilla limosa e limo argilloso, da mediamente consistente a consistente, con presenza di torba, di colore da grigio a grigio nerastro (depositi alluvionali pleistocenici). Tale orizzonte è stato intercettato nella parte terminale dei sondaggi S\_02, S\_03, S\_04, BH\_01, BH\_02 e BH\_03 fino alla massima profondità indagata, per un intervallo di lunghezza compreso tra 1 e 3 m.

La falda superficiale presenta una soggiacenza variabile tra 1 e 2 m da p.c., di conseguenza ai fini della caratterizzazione geotecnica del Sito tutti i depositi indagati sono da considerare saturi. Per dettagli in merito all'assetto idrogeologico, si rimanda alla relazione geologica-idrogeologica del Progetto PUA.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>12di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

Dal punto di vista sismico il Sito è caratterizzato dalla presenza di sabbie limose suscettibili di amplificazione e cedimenti, con valori di  $V_{s,eq}^1$  compresi tra 188 m/s e 190 m/s, prossimi al limite inferiore dell'intervallo di velocità relativo alla categoria di suolo "C".

Le valutazioni circa la liquefazione ed i cedimenti post sismici riportate nella Relazione Geologica-Idrogeologica segnalano presenza di orizzonti liquefacibili con rischio di liquefazione medio variabile da alto a molto alto e cedimenti post-sismici di ordine decimetrico (11cm - 24 cm).



L'entità dei cedimenti post-sismici che si verificherebbero in corrispondenza dell'evento sismico di progetto non è tale da indurre rotazioni incompatibili con la sicurezza strutturale. Come sopra indicato, il sito mostra un unico assetto stratigrafico, con spessori non eccessivamente disomogenei; i potenziali cedimenti post-sismici che si potrebbero generare vanno conseguentemente intesi come distribuiti indistintamente sull'intero sito. In generale, si ritiene quindi che il rischio di liquefazione possa essere mitigato ricorrendo a fondazioni legate o continue.

Tuttavia, essendo in presenza di strati liquefacibili, si ritiene opportuno che il calcolo delle azioni sismiche di progetto sia condotto dal progettista delle strutture attraverso una analisi specifica della risposta sismica locale, che possa tenere in considerazione con maggiore accuratezza degli effetti di amplificazione/smorzamento locale, in relazione alla tipologia di fondazione e della struttura da realizzare. Tale analisi possono essere condotte utilizzando le indagini sismiche sito-specifiche già disponibili, eseguite in occasione della campagna geognostica giugno-agosto 2018 e allegate alla relazione geologica idrogeologica.

---

<sup>1</sup> La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ .



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>13di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO

L'intervento di messa in sicurezza permanente del Sito di Ca' Ponticelle non prevede interventi tali da richiedere informazioni sulle unità geotecniche più profonde, in quanto le attività previste in progetto (rilevati stradali, muri di sostegno al piano viabile, piccoli basamenti superficiali) interagiscono solo con le unità superficiali. Tuttavia, anche nell'ambito della progettazione definitiva delle opere di urbanizzazione primaria dell'Area Ponticelle, la caratterizzazione geotecnica del sito è stata redatta con l'obiettivo di descrivere, le proprietà meccaniche di resistenza al taglio e di deformabilità di un volume di suolo significativo per l'interazione suolo-struttura delle nuove opere che interesseranno l'area Ponticelle. Definizione delle unità geotecniche di riferimento

Le unità geotecniche di riferimento, delineate in maniera efficace dai risultati delle varie verticali CPT e CPTu a disposizione, coincidono con i principali orizzonti geologici individuati nel corso delle varie indagini svolte sul Sito:

- Unità 1 (TR): Terreno di riporto da sabbioso a ghiaioso, con spessore variabile tra 0 e 1.5 m;
- Unità 2 (SL): Sabbia, localmente da debolmente limosa a limosa, di colore grigio, con spessore tra 12 e 13 m;
- Unità 3 (AL): Argilla limosa e limo argilloso-sabbioso poco consistenti con intercalazioni di sabbia limosa, con spessore tra 13 e 14 m (depositi di ambiente marino e palustre, olocene);
- Unità 4 (ALC):
  - ALC-a: Argilla limosa e limo argilloso prevalenti, con potenza di circa 1.5m-2m.
  - ALC-s: Sabbia e sabbia fine limosa prevalenti, fino a circa 35 m da p.c., localmente a prevalenza limosa-argillosa da 32-34 m a fine sondaggio (35 m)



Le unità geotecniche individuate sono state rinvenute in tutte le indagini eseguite, con un'elevata correlabilità tra le diverse verticali: i parametri geotecnici caratteristici sono stati determinati in base all'analisi ed all'integrazione delle informazioni raccolte nelle varie campagne, in particolare mediante tecniche di indagine dirette (penetrometrie statiche e dinamiche): i dati di laboratorio a disposizione sono stati usati come taratura delle correlazioni empiriche che permettono di derivare le grandezze di interesse ingegneristico dai dati misurati direttamente (resistenza alla penetrazione degli utensili di prova e pressioni neutre).

#### 3.1 Prove geotecniche di laboratorio

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici eseguiti nel periodo di giugno - agosto 2018 (Annesso 3) sono stati prelevati 24 campioni indisturbati da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio. Tali campioni sono stati prelevati principalmente all'interno dei materiali relativi alle unità geotecniche AL e ALC. La sintesi delle prove geotecniche eseguite sui campioni di terreno indisturbato è riportata in Tabella 2.




Nel corso delle prove penetrometriche dinamiche descritte nel seguente paragrafo, sono stati prelevati 59 campioni disturbati. La sintesi delle prove geotecniche eseguite sui campioni di terreno disturbato è riportata in Tabella 3.

I risultati delle prove geotecniche di laboratorio della campagna di indagini eseguita nel periodo di giugno - agosto 2018 (Annesso 3) sono riportati in una tabella sinottica nell'Annesso 4.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	<b>TITOLO</b> Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>14di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	



**Tabella 2 Sintesi delle prove geotecniche eseguite sui campioni di terreno indisturbato**

Campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)	Unità geotecnica	Prove eseguite								
			Umidità naturale	Limiti di Atterberg	Granulometria setacciatura	Granulometria sedimentazione	Peso di volume	Peso specifico	Triassiale UU	Edometria	Taglio diretto
S01 C01	14,0-15,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S01 C02	18,0-18,5	AL	X	X	X	X	X	X		X	X
S01 C03	28,5-29,0	ALCa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S01 C04	34,5-35,0	ALCs	X	X	X	X	X	X			X
S02 C01	13,5-14,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S02 C02	18,0-18,5	AL	X	X	X	X	X	X			X
S02 C03	26,0-26,5	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S02 C04	34,0-34,5	ALCa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S03 C01	13,0-13,5	AL	X	X	X	X	X	X		X	X
S03 C02	16,0-16,5	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S03 C03	21,5-22,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S03 C04	28,0-28,5	ALCa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S04 C01	13,5-14,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S04 C02	16,5-17,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S04 C03	26,5-27,0	ALCs	X	X	X	X	X	X			X
S04 C04	33,0-33,5	ALCa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S05 C01	14,5-15,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S05 C02	19,0-19,5	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S05 C03	28,5-29,0	ALCa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S05 C04	32,5-33,0	ALCa	X		X	X	X	X		X	X
S06 C01	13,5-14,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S06 C02	19,5-20,0	AL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S06 C03	30,5-31,0	ALCa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S06 C04	34,5-35,0	ALCs	X	X	X	X	X	X			X

		SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO				
	Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle			Pag. <b>15</b> di <b>50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>		

**Tabella 3 Sintesi delle prove geotecniche eseguite sui campioni di terreno disturbato**

Campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)	Unità geotecnica	Prove eseguite						Campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)	Unità geotecnica	Prove eseguite					
			Umidità naturale	Limiti di Atterberg	Granulometria setacciatura	Granulometria sedimentazione	Peso di volume	Peso specifico				Umidità naturale	Limiti di Atterberg	Granulometria setacciatura	Granulometria sedimentazione	Peso di volume	Peso specifico
S01 SPT01	3,00-3,45	SL	X	X	X	X		X	S04 SPT01	3,00-3,45	SL	X	X		X		X
S01 SPT02	6,00-6,45	SL	X	X	X	X		X	S04 SPT02	6,00-6,45	SL	X	X		X		X
S01 SPT03	9,00-9,45	SL	X	X		X		X	S04 SPT03	9,00-9,45	SL	X	X		X		X
S01 SPT04	12,00-12,45	SL	X	X	X	X		X	S04 SPT04	12,00-12,45	SL	X	X		X		X
S01 SPT05	15,00-15,45	AL	X	X	X	X		X	S04 SPT05	15,00-15,45	AL	X	X	X	X		X
S01 SPT06	21,00-21,45	AL	X	X	X	X		X	S04 SPT06	18,00-18,45	AL	X	X	X	X		X
S01 SPT07	24,00-24,45	AL	X	X	X	X		X	S04 SPT07	21,00-21,45	AL	X	X	X	X		X
S01 SPT08	27,00-27,45	AL	X	X	X	X		X	S04 SPT08	24,00-24,45	ALCa	X	X	X	X		X
S01 SPT09	33,00-33,45	ALCs	X	X		X		X	S04 SPT09	27,00-27,45	ALCa	X	X	X	X		X
S02 SPT01	3,00-3,45	SL	X	X	X			X	S04 SPT10	30,00-30,45	ALCs	X	X	X	X		X
S02 SPT02	6,00-6,45	SL	X	X	X			X	S05 SPT01	3,00-3,45	SL	X		X			X
S02 SPT03	9,00-9,45	SL	X	X	X	X	X	X	S05 SPT02	6,00-6,45	SL	X		X			X
S02 SPT05	15,00-15,45	AL	X	X	X	X		X	S05 SPT03	9,00-9,45	SL	X		X			X
S02 SPT06	18,00-18,45	AL	X	X	X	X		X	S05 SPT04	12,00-12,45	SL	X		X	X		X
S02 SPT07	21,00-21,45	AL	X	X	X	X		X	S05 SPT06	18,00-18,45	AL	X		X	X		X
S02 SPT08	24,00-24,45	AL	X	X	X	X		X	S05 SPT07	21,00-21,45	AL	X	X		X		X
S02 SPT09	27,00-27,45	ALCa	X	X	X	X		X	S05 SPT08	24,00-24,45	AL	X	X	X	X		X
S02 SPT10	30,00-30,45	ALCs	X	X	X	X		X	S05 SPT10	30,00-30,45	ALCs	X		X			X
S02 SPT11	33,00-33,45	ALCs	X	X	X			X	S05 SPT11	33,00-33,45	ALCs	X		X			X
S03 SPT01	3,00-3,45	SL	X		X			X	S06 SPT01	3,00-3,45	SL						
S03 SPT02	6,00-6,45	SL	X		X			X	S06 SPT02	6,00-6,45	SL						
S03 SPT03	9,00-9,45	SL	X		X			X	S06 SPT03	9,00-9,45	SL						
S03 SPT04	12,00-12,45	SL	X		X	X		X	S06 SPT04	12,00-12,45	SL						
S03 SPT05	15,00-15,45	AL	X		X			X	S06 SPT05	15,00-15,45	AL						
S03 SPT06	18,00-18,45	AL	X		X	X		X	S06 SPT07	21,00-21,45	AL						
S03 SPT07	21,00-21,45	AL	X		X	X		X	S06 SPT08	24,00-24,45	AL						
S03 SPT08	24,00-24,45	AL	X		X	X		X	S06 SPT09	27,00-27,45	ALCa						
S03 SPT09	27,00-27,45	ALCa	X	X	X	X		X	S06 SPT10	30,00-30,45	ALCa						
S03 SPT10	30,00-30,45	ALCs	X		X	X		X	S06 SPT11	33,00-33,45	ALCs						
S03 SPT11	33,00-33,45	ALCs	X		X	X		X									

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>16di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

### 3.2 Unità SL – Prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test)

L'unità a sabbie prevalenti SL è stata indagata mediante prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) nel corso delle varie campagne geognostiche. Tali prove consistono nell'infissione per battitura di un tubo campionario standard a fondo foro. La battitura viene effettuata lasciando cadere un maglio del peso di 63,5 kg da un'altezza di 760 mm su una testa di battuta fissata alla sommità della batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il tubo campionario (o una punta conica in caso di attraversamento di terreni a granulometria grossolana con ghiaia e ciottoli).

La procedura operativa consiste nel misurare il numero di colpi di maglio necessari a far avanzare la punta per tre intervalli di profondità consecutivi, ciascuno della lunghezza di 15 cm. Il numero di colpi necessario a ottenere una penetrazione del tubo di 300 mm, successivamente alla sua penetrazione statica per effetto del peso e previa infissione dinamica di 150 mm per il superamento della zona di maggior disturbo, viene assunto come resistenza penetrometrica ( $N_{SPT}$ ).

In funzione del numero di colpi  $N_{SPT}$  misurato nelle diverse prove (qualora non sia stato raggiunto il limite di rifiuto), normalizzato attraverso i coefficienti di Skempton ( $N'_{60}$ ) per tener conto degli effetti dell'attrito laterale e del peso della colonna di aste di perforazione sul terreno, tenendo conto delle caratteristiche granulometriche evidenziate dalle prove di classificazione, sono state applicate le seguenti correlazioni interpretative:

- per il calcolo dell'angolo di resistenza al taglio efficace ( $\phi'$ ) è stato applicato il metodo di Mayne (2001)<sup>(2)</sup>, previo utilizzo della correlazione indiretta proposta da Schmertmann, (1977)<sup>(3)</sup>, tra  $N'_{60}$ <sup>(4)</sup> e la densità relativa ( $D_r$ );
- per il calcolo delle caratteristiche di deformabilità del terreno è stata utilizzata la correlazione di D'Appolonia (1970) che restituisce il valore del modulo di elasticità di Young.



Le seguenti tabelle riportano i valori minimi, massimi e medi ricavati dalle prove SPT eseguite nell'unità SL (prove BH: Annesso 2, prove S: Annesso 3):

BH01	$N_{SPT}(30)$	$D_r$ (%)	$\phi'$ (°)	E (Mpa)	BH02	$N_{SPT}(30)$	$D_r$ (%)	$\phi'$ (°)	E (Mpa)
min	0	0	0	0	min	0	0	0	0
medio	19	58	37	18	medio	17	58	37	17
max	26	64	39	19	max	21	62	38	18

<sup>(2)</sup>Mayne, P.W. (2001), "Geotechnical site characterization using Cone, piezocone, SPTu, and VST", Civil and Environmental Engineering Department, Georgia Institute of Technology

<sup>(3)</sup> Schmertmann (1977), *Interpreting the dynamics of the standard penetration test*, University of Florida, Gainesville (USA).

<sup>(4)</sup>Il valore di  $N'_{SPT}$  normalizzato ( $N'_{60}$ ), corrisponde al valore di  $N_{SPT}$  corretto in funzione dei coefficienti di Skempton. Tale correzione è stata eseguita per eliminare il contributo legato all'attrito ed al peso della colonna di aste di perforazione sul terreno. I coefficienti di correzione sono stati ricavati da Skempton A.W. (1986) *Standard Penetration Test Procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particles size, ageing and overconsolidation*, Geotechnique 36, n° 2.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>17di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

BH03	N <sub>SP1</sub> (30)	Dr (%)	φ' (°)	E (Mpa)	S01	N <sub>SP1</sub> (30)	Dr (%)	φ' (°)	E (Mpa)
min	0	0	0	0	min	0	0	0	0
medio	15	57	37	17	medio	14	54	36	17
max	21	66	39	18	max	18	61	38	18


S02	N <sub>SP1</sub> (30)	Dr (%)	φ' (°)	E (Mpa)	S03	N <sub>SP1</sub> (30)	Dr (%)	φ' (°)	E (Mpa)
min	0	0	0	0	min	11	48	34	16
medio	13	54	36	16	medio	21	55	36	18
max	16	58	37	17	max	26	63	38	19

S04	N <sub>SP1</sub> (30)	Dr (%)	φ' (°)	E (Mpa)	S05	N <sub>SP1</sub> (30)	Dr (%)	φ' (°)	E (Mpa)
min	0	0	0	0	min	0	0	0	0
medio	20	61	38	18	medio	14	54	36	17
max	26	64	38	19	max	16	60	38	17

### 3.3 Definizione dei parametri caratteristici



La seguente tabella riporta i parametri caratteristici delle unità geotecniche definiti in base alla banca dati disponibile per l'area Ponticelle ed estendibili all'area di sedime delle opere di urbanizzazione primaria (PUA)

		Resistenza al taglio				Deformabilità			
		Peso di vol.	Coesione non drenata	Coesione Efficace	Angolo d'attrito Efficace	Modulo di Young	Modulo Edometrico	Coefficiente di consolidazione primaria	Coefficiente di consolidazione secondaria
Spessore [m]	Descrizione	γ' [t/m³]	C <sub>u</sub> [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]	E <sub>y</sub> [Mpa]	E <sub>ed</sub> [Mpa]	C <sub>v</sub> [cm²/s]	C <sub>α</sub> [%]
1.5	Terreno di riporto (TR)	1.9	7	12	32	6	-	-	-
13	Sabbia Limosa (SL)	1.85	-	-	31	13	-	-	-
14	Argilla Limosa (AL Olocene)	1.86	37	8	26	-	3.45	8.62E-03	2.40E-03
2	Argilla limosa e limo argilloso prevalenti (ALCa Pleistocene)	1.9	61	12	28	-	6.1	6.18E-03	3.55E-03
Fino a f.s.	Sabbia e sabbia limosa prevalenti (ALCs Pleistocene)	1.9	-	3	33	22	-	-	-

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>18di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

La seguente tabella riporta i valori medi di conducibilità idraulica (K) stimati per le unità geotecniche sulla base dei risultati delle prove CPTU:

		Conducibilità idraulica
Spessore [m]	Descrizione	K [m/s]
1.5	Terreno di riporto (TR)	$2.59 \times 10^{-6}$
13	Sabbia Limosa (SL)	$7.56 \times 10^{-5}$
14	Argilla Limosa (AL Olocene)	$1.39 \times 10^{-5}$
2	Argilla limosa e limo argilloso prevalenti (ALCa Pleistocene)	$6.8 \times 10^{-8}$
Fino a f.s.	Sabbia e sabbia limosa prevalenti (ALCs Pleistocene)	$9.81 \times 10^{-6}$

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>19di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### 4. CONSIDERAZIONI SULLE TECNICHE DI FONDAZIONE

Il presente capitolo fornisce alcune considerazioni di carattere geotecnico relative agli interventi da realizzarsi nell'ambito della progettazione delle opere di urbanizzazione primaria del sub Comparto B – Ca' Ponticelle, sulla base dei parametri geotecnici caratteristici dell'area.

Le analisi condotte vanno intese come uno screening preliminare di stima di capacità portante (muri di sostegno) ed entità dei cedimenti presunti (nuovi rilevati stradali), assumendo delle configurazioni tipologiche

Nell'ambito generale della trattazione si riscontra che la maggiore criticità che emerge, e relativa alle caratteristiche delle unità geotecniche, è legata alla compressibilità dell'unità 3 (AL) che, unita alla variabilità spaziale intrinseca delle formazioni sedimentarie, può determinare cedimenti assoluti e differenziali non trascurabili e dilazionati nel tempo, che devono essere tenuti in considerazione nell'ambito della progettazione in essere. Più in generale, tutte le unità geotecniche da questo punto di vista sono poco addensate e, seppure in maniera differente, compressibili.

In particolare per quanto concerne le opere previste nel PUA vengono riportati nel seguito le seguenti analisi:

- Fondazioni dirette di dimensioni ridotte e carichi ridotti (plinti isolati per strutture minori);
- Stabilità delle scarpate dei nuovi rilevati;
- Analisi dei cedimenti dei rilevati.

I metodi di calcolo ed risultati delle valutazioni effettuate sono descritti nei paragrafi successivi.

##### 4.1 Fondazioni dirette – dimensioni e carichi ridotti

Vista la tipologia di materiale presente nel sottosuolo del Sito si è scelto di utilizzare il metodo di calcolo della capacità portante proposto da Brinch-Hansen (1970):

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



nel quale:

$q_{lim}$  = portata limite;

$\gamma'$  = peso di volume efficace;

$B'$  = lato minore della fondazione efficace equivalente<sup>5</sup>;

<sup>5</sup> L'area della fondazione efficace di progetto è intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>20di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

$N_\gamma, N_c, N_q$  = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  (Stagg et al., 1968);

$S_\gamma, S_c, S_q$  = fattori di forma (De Beer, 1967);

$d_\gamma, d_c, d_q$  = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa (Brinch Hansen, 1970);

$i_\gamma, i_c, i_q$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico. (Vesic, 1975);

$b_\gamma, b_c, b_q$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione (Brinch-Hansen, 1970);

$g_\gamma, g_c, g_q$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna (Brinch-Hansen, 1970).

Il calcolo è stato eseguito facendo riferimento al metodo di calcolo agli stati limite, secondo quanto disposto dal DM 17/01/2018 “*Norme tecniche sulle costruzioni*” (NTC 2018).

Per il calcolo della resistenza di calcolo  $R_d$  del terreno, l'approccio prevede la riduzione dei parametri caratteristici del terreno secondo due gruppi di coefficienti parziali (M1 e M2), a seconda che il calcolo venga eseguito in combinazione 1 (più severa nei confronti degli elementi strutturali) o in combinazione 2 (più severa nei confronti degli sforzi e delle deformazioni indotti nel terreno).

Il valore della resistenza di progetto del terreno ( $R_d$ ) è pari al valore di  $q_{lim}$  della formula di Brinch-Hansen ridotto mediante l'applicazione dei coefficienti parziali sulle resistenze (coefficienti R) riportati nella normativa.

Il calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali di entità minore è stato eseguito utilizzando la teoria dell'elasticità secondo la soluzione proposta da Janbu et al. (1956) <sup>(6)</sup>, in quanto si può ipotizzare che fondazioni di ridotte dimensioni non coinvolgano gli strati profondi a frazione fine prevalenti e non inneschino quindi significativi cedimenti per consolidazione.

L'espressione utilizzata nel calcolo è la seguente:



$$s_{lim} = \frac{q_{lim} \cdot B}{E'} \cdot C_D \cdot C_T$$

essendo:

$s_{lim}$  = cedimento elastico immediato;

<sup>(6)</sup> Janbu, N., Bjerrum, L., and Kjaernsli, B. (1956). *Soil mechanics applied to some engineering problems*. Norwegian Geotechnical Institute, Publication 16



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>21di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

- $q_{lim}$  = pressione verticale limite stimata con la formula di Brinch Hansen;  
 $B$  = dimensione minore della fondazione reale;  
 $L$  = dimensione maggiore della fondazione reale;  
 $E'$  = modulo di Young del terreno, medio per una profondità pari a circa  $2 \cdot B$  ovvero fino al tetto dello strato incompressibile;  
 $C_D, C_T$  = coefficienti correttivi dipendenti dalla forma e dalla profondità della fondazione, nonché dallo spessore dello strato compressibile ( $H$ ) al di sotto della stessa (Janbu, 1956, e Christian e Carrier, 1976).

Per tenere in considerazione le diverse geometrie previste per le fondazioni in progetto, sono stati esaminati i seguenti intervalli di valori:

Fondazione	da	a
Lato minore [m]	0,5	4
Rapporto di forma (L/B)	1	2
Profondità piano di posa [m]	1	
Inclinazione del carico [H/N]	0	

Gli abachi progettuali relativi ai cedimenti limite previsti, ossia quelli attesi per condizioni di carico pari alla capacità portante limite, secondo l'Approccio 1 Combinazioni 1 e 2 e l'Approccio 2, sono riportati nell'Annesso 5.

Il calcolo è stato eseguito nei seguenti scenari:

- ipotizzando che il volume di fondazione sia completamente drenato ed il piano di fondazione interrato a circa 1 m da p.c. Questo scenario è rappresentativo delle fondazioni costruite sui nuovi rilevati o a sostegno dei medesimi.

In entrambi i casi la coesione efficace è stata ipotizzata nulla.



Per stimare i cedimenti  $c$  attesi per un carico  $q$  inferiore alla capacità portante  $q_{lim}$  è sufficiente scalare linearmente i cedimenti limite  $c_{lim}$ , applicando la relazione:

$$c = q \cdot c_{lim} / q_{lim}$$

A titolo di esempio si riportano nella seguente tabella alcuni casi con fondazioni-tipo ed i relativi cedimenti elastici previsti per carichi pari al 40% ed al 70% del valore limite.

Tabella 6.1 – Stima dei cedimenti per carichi in fondazione inferiori al carico limite

	Carico Limite A1-2	Cedimento elastico a carico limite	Carico di esercizio 35%	Carico di esercizio 70%	Cedimento 35%	Cedimento 70%
	kPa	mm	kPa	kPa	mm	mm
Plinto 3x3 m, carico centrato, terreno drenato	300	90	105	210	31.5	63

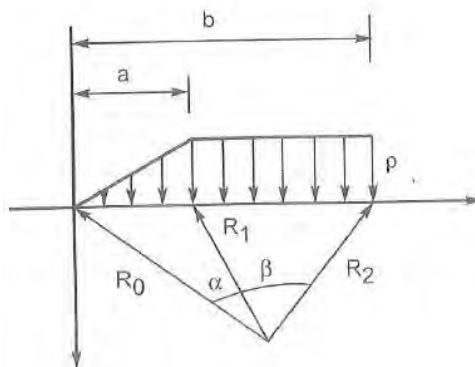
	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>22di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### 4.2 Rilevati stradali – analisi dei cedimenti

La valutazione dei cedimenti dei nuovi rilevati da realizzarsi nell'ambito del progetto definitivo delle opere di urbanizzazione primaria dell'area definita Sub Comparto B – Ca' Ponticelle è effettuata attraverso l'utilizzo della teoria dell'elasticità.

Facendo ricorso alla teoria del semispazio elastico omogeneo ed isotropo, è possibile definire in ogni punto del sottosuolo e per il previsto schema di carico e con valore costante sull'impronta di fondazione, i valori delle corrispondenti tensioni indotte.

Il corpo di carico del rilevato viene ad essere suddiviso in corpi di carico riconducibili a quelli riportati nella figura seguente e che consentono di determinare le tensioni indotte in forma analitica chiusa.



*Figura 4 – corpi di carico del rilevato*

Con tale modello le espressioni delle tensioni indotte, dal singolo corpo di carico, sono:

$$\Delta\sigma_z = p/\pi [\beta + x\alpha/a - z/R_2^2 (x - b)]$$

$$\Delta\sigma_x = p/\pi [\beta + x\alpha/a + z/R_2^2 (x - b) + 2z/a \log R_1/R_0]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_z)$$

Ricavati ad ogni profondità  $z$  il corrispondente valore di  $\Delta\sigma_x$ ,  $\Delta\sigma_y$ ,  $\Delta\sigma_z$  dovuto alla sovrapposizione degli effetti dei singoli corpi di carico, è possibile ricavare il corrispondente valore della  $\varepsilon_z$  attraverso l'espressione:

$$\varepsilon_z = \Delta\sigma_z - \nu (\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)/E$$



noti i valori del modulo di deformabilità  $E$  ed il coefficiente di Poisson  $\nu$ .

Suddividendo il terreno al di sotto della fondazione in strati di spessore  $\Delta z_i$ , è possibile valutare il valore del cedimento dello strato  $i$ -esimo attraverso l'espressione:

$$\delta z_i = \Delta z_i [\Delta\sigma_{zi} - \nu (\Delta\sigma_{yi} + \Delta\sigma_{xi})/E_i]$$

il cedimento complessivo sarà pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati e quindi pari a:

$$\delta z_j = \sum_i \delta z_i = \sum_i \Delta z_i [\Delta\sigma_{zi} - \nu (\Delta\sigma_{yi} + \Delta\sigma_{xi})/E_i]$$


	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>23di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

Se il sottosuolo sul quale è collocato il rilevato è costituito da n strati, il cedimento complessivo è pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati.

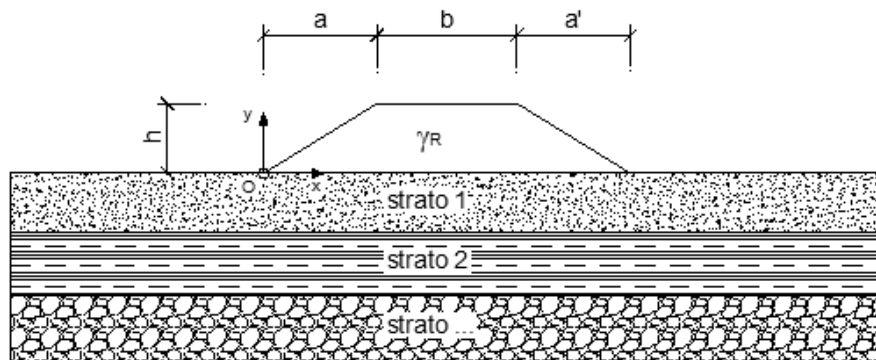
$$\delta_{\text{tot}} = \delta z_j$$

Nel seguito il calcolo del cedimento del corpo del rilevato considerando uno spessore del medesimo di circa 2.00 m. Sono calcolate due sezioni rappresentative del corpo del rilevato:

- sezione di ampiezza del coronamento del rilevato pari a 30.00 m (sez. 14-14' doc. n. 090001-ENG-D-DG-6348);
- sezione di ampiezza del coronamento del rilevato pari a 10.00 m (sez. 6-6' doc. n. 090001-ENG-D-DG-6348).

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>24di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

**LAVORO:** PUA PONTICELLE - SEZIONE b = 30,00 m



#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	2,20	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	0,00	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	3,30	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	30,00	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	18,00	(kN/m <sup>3</sup> )

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO



n (numero degli strati) (max 5):	5	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	1	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Zw (Profondità della falda):	1,50	(m)

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z_i$ (m)	E (Mpa)	$\nu$ (-)	$\phi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0,00	1,50	1,50	1,0	6,0	0,32	32,0	19,00	Terreno di riporto
2	1,50	14,50	13,00	1,0	13,0	0,33	31,0	18,50	Sabbia Limosa
3	14,50	28,50	14,00	1,0	3,5	0,50	26,0	18,60	Argilla Limosa
4	28,50	30,50	2,00	1,0	6,1	0,40	28,0	19,00	Argilla con limo argilloso prev.
5	30,50	50,00	19,50	1,0	22,0	0,32	33,0	19,00	Sabbia e sabbia limosa

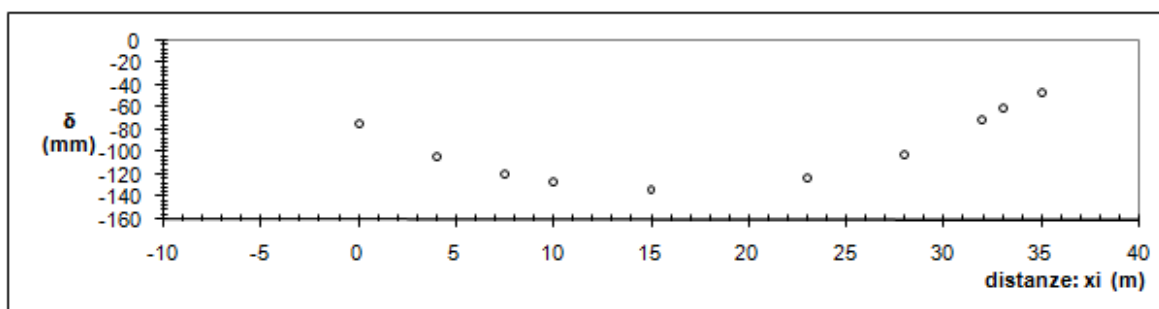
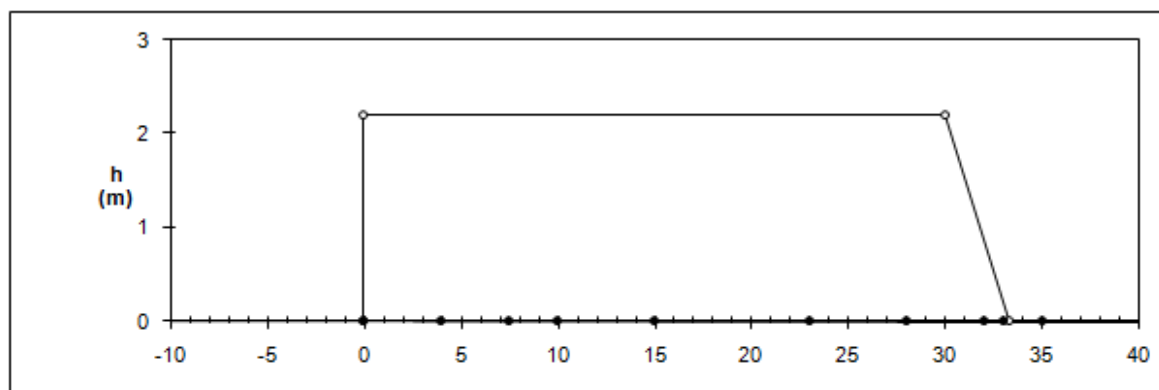
#### ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	15,00	22,50	30,00	31,65	33,30	34,95
0,00	0	4	7,5	10	15	23	28	32	33	35

(automatico)  
(manuale)

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>25di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

### RISULTATI DELLE ANALISI





### ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0,00	0,00	4,00	7,50	10,00	15,00	23,00	28,00	32,00	33,30	35,00

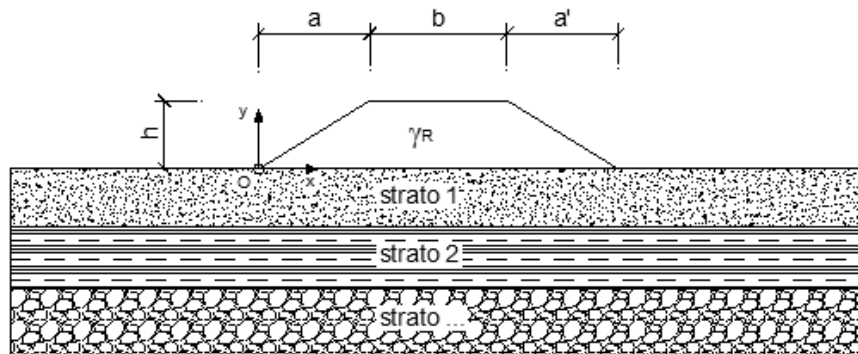
### CEDIMENTI

s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )
-7,32	-7,32	-10,37	-11,95	-12,69	-13,35	-12,31	-10,15	-6,98	-6,02	-4,59

Si nota dalle calcolazioni che la scarpata di sinistra risulta verticale essendo il rilevato ammorsato ad una stratigrafia esistente. Inoltre il cedimento massimo determinato è pari a 13.35 cm nella mezzzeria del nuovo rilevato, con un differenziale tra il centro ed il bordo (inizio scarpata) pari a circa 6 cm.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>26di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

**LAVORO:** PUA PONTICELLE - SEZIONE b = 10,00 m



#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	2,20	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	3,30	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	3,30	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	10,00	(m)
γ <sub>R</sub> (peso di unità di volume del rilevato):	18,00	(kN/m <sup>3</sup> )



#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	5	(-)
Δσ <sub>m</sub> /σ <sub>m0</sub> :	1	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Z <sub>w</sub> (Profondità della falda):	1,50	(m)

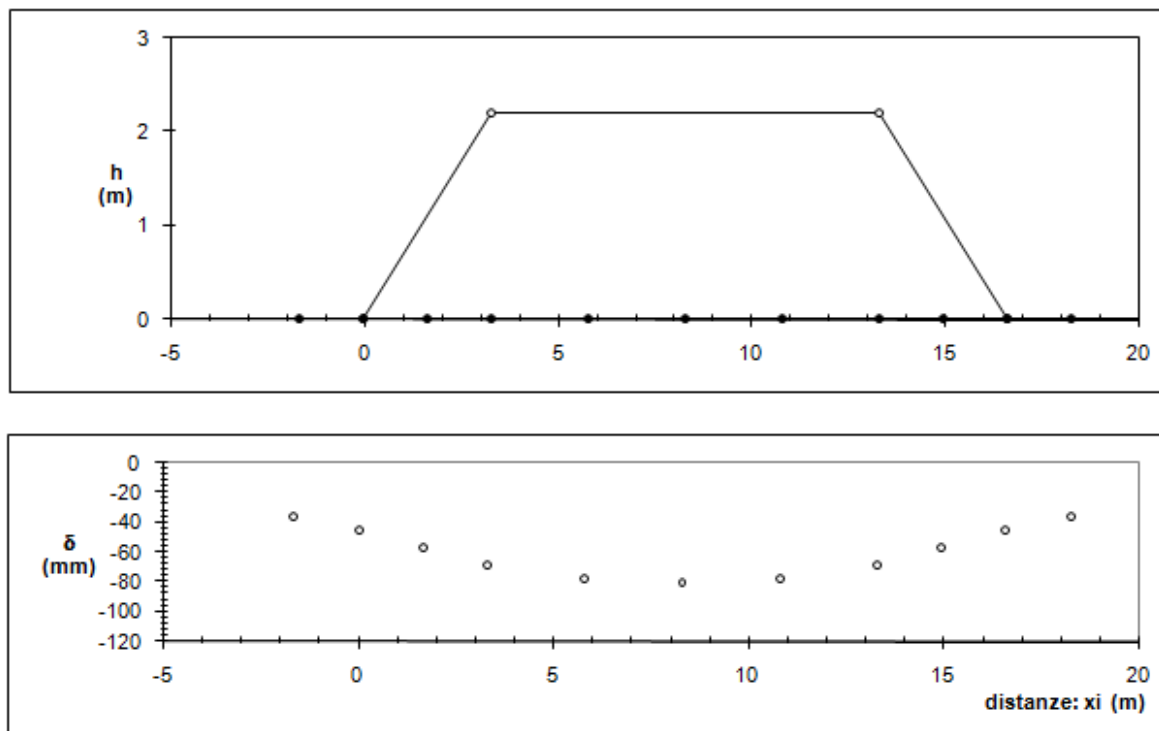
Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	Δz <sub>i</sub> (m)	E (Mpa)	ν (-)	φ° (°)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0,00	1,50	1,50	1,0	6,0	0,32	32,0	19,00	Terreno di riporto
2	1,50	14,50	13,00	1,0	13,0	0,33	31,0	18,50	Sabbia Limosa
3	14,50	28,50	14,00	1,0	3,5	0,50	26,0	18,60	Argilla Limosa
4	28,50	30,50	2,00	1,0	6,1	0,40	28,0	19,00	Argilla con limo argilloso prev.
5	30,50	50,00	19,50	1,0	22,0	0,32	33,0	19,00	Sabbia e sabbia limosa

#### ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
-1,65	0,00	1,65	3,30	5,80	8,30	10,80	13,30	14,95	16,60	18,25	(automatico)
											(manuale)

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>27di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

### RISULTATI DELLE ANALISI




### ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-1,65	0,00	1,65	3,30	5,80	8,30	10,80	13,30	14,95	16,60	18,25

### CEDIMENTI

$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\delta_{10}$	$\delta_{11}$
( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )
-3,60	-4,48	-5,68	-6,82	-7,75	-8,02	-7,75	-6,82	-5,68	-4,48	-3,60

il cedimento massimo determinato è pari a 8.02 cm nella mezzeria del nuovo rilevato, con un differenziale tra il centro ed il bordo (inizio scarpata) pari a circa 3 cm.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>28di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

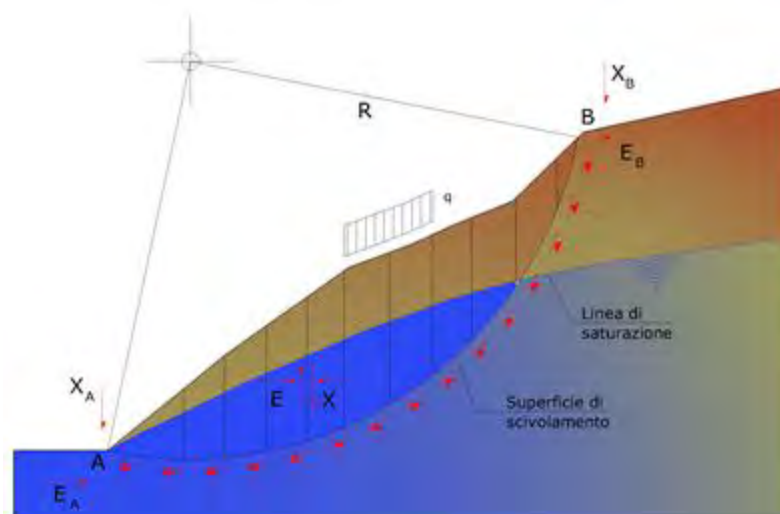
#### 4.3 Rilevati stradali – stabilità delle scarpate

L'analisi viene sviluppata secondo il metodo dell'equilibrio limite (LEM) che consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito da un pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



#### METODO DEI CONCI



La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n, il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- (n-1) forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- (n-1) forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- (n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F.

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	<b>TITOLO</b> Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		<b>Pag. 29di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	<b>INDICE DI REV.</b> <b>00</b>	

- equazioni di equilibrio dei momenti n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n;
- equazioni relative al criterio di rottura n.

Totale numero di equazioni 4n.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

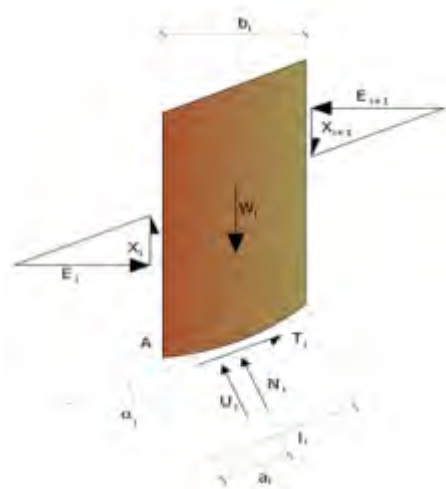
#### METODO DI BISHOP

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.





La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>30di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

Essendo:

- $F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- $W$  peso concio;
- $K_x$  coefficiente sismico orizzontale;
- $K_y$  coefficiente sismico verticale.

#### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

#### Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico applicate nella presente modellazione ai sensi della Normativa vigente (NTC2018 par. 6.8.2) comportano l'adozione della Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto che il coefficiente parziale per le verifiche di sicurezza (R2), è pari a 1.1 (tab. 6.8.I). La stabilità del rilevato è analizzata sia durante l'evento sismico di progetto, sia in esercizio con carico stradale uniformemente distribuito sul piano viario pari a 20 kN/mq.


#### Condizione 1 – Stabilità del rilevato in presenza di sisma

#### **Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

=====	
Zona	RAVENNA
Normativa	[A2+M2+R2]
Numero di strati	6,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

#### **Maglia dei Centri**

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-2,89 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	73,38 m
Ascissa vertice destro superiore xs	4,67 m
Ordinata vertice destro superiore ys	85,66 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>31di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

Numero di celle lungo y

10,0

### Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,005

Coefficiente azione sismica verticale

0,003

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-8,0	72,0
2	7,0	72,0
3	10,3	74,2
4	20,3	74,2
5	23,6	72,0
6	33,3	72,0

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-8,0	71,0
2	16,0	71,0
3	33,6	71,0

#### Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	72,0
2	16,0	72,0
3	33,3	72,0

#### Vertici strato .....2



N	X (m)	y (m)
1	-8,0	70,5
2	16,0	70,5
3	33,3	70,5

#### Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	57,5
2	16,0	57,5
3	33,3	57,5

#### Vertici strato .....4

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	43,5
2	16,0	43,5
3	33,3	43,5

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>32di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### Vertici strato .....5

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	41,5
2	16,0	41,5
3	33,3	41,5

#### Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si



#### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	32	1800	2000	RILEVATO
2	0.12	0.07	32	1900	2100	Terreno riporto [TR]
3	0	0	31	1850	2100	Sabbia Limosa [SL]
4	0.08	0.37	26	1860	2100	Argilla Limosa [AL]
5	0.12	0.61	28	1900	2100	Argilla Limosa [ALCa]
6	0.03	0	33	1900	2100	Sabbia [ALCs]

#### Risultati analisi pendio [[A2+M2+R2]]

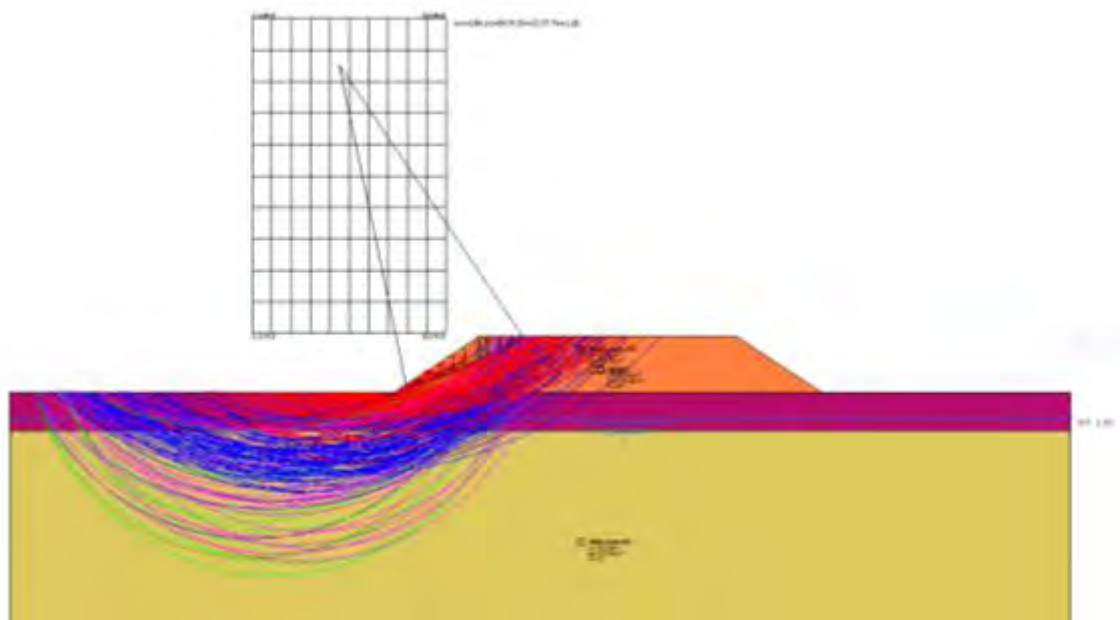
Fs minimo individuato	1,18
Ascissa centro superficie	4,84 m
Ordinata centro superficie	84,74 m
Raggio superficie	12,72 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>33di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

**xc = 4,844 yc = 84,738 Rc = 12,721 Fs=1,177**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,45	12,7	0,47	83,88	0,42	0,25	0,0	29,3	0,0	78,3	33,9
2	0,45	14,8	0,47	240,78	1,2	0,72	0,0	29,3	0,0	223,5	96,7
3	0,45	17,0	0,48	382,94	1,91	1,15	0,0	29,3	0,0	353,7	153,0
4	0,45	19,1	0,48	509,86	2,55	1,53	0,0	29,3	0,0	469,2	203,0
5	0,45	21,3	0,49	620,98	3,1	1,86	0,0	29,3	0,0	570,3	246,7
6	0,6	23,9	0,66	969,53	4,85	2,91	0,0	29,3	0,0	889,9	385,0
7	0,31	26,2	0,34	483,56	2,42	1,45	0,0	29,3	0,0	444,3	192,2
8	0,45	28,1	0,52	561,2	2,81	1,68	0,0	29,3	0,0	516,8	223,6
9	0,45	30,4	0,53	352,53	1,76	1,06	0,0	29,3	0,0	326,0	141,0
10	0,45	32,8	0,54	123,05	0,62	0,37	0,0	29,3	0,0	114,5	49,5



**Figura 5 – stabilità scarpata 3/2 rilevato stradale – combinazione sismica**

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>34di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

## Condizione 2 – Stabilità del rilevato in esercizio

### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	RAVENNA
Normativa	[A2+M2+R2]
Numero di strati	6,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1,44 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	74,3 m
Ascissa vertice destro superiore xs	9,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	86,58 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

### Vertici profilo



Nr	X (m)	y (m)
1	-8,0	72,0
2	7,0	72,0
3	10,3	74,2
4	20,3	74,2
5	23,6	72,0
6	33,3	72,0

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-8,0	71,0
2	16,0	71,0
3	33,6	71,0

### Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	72,0
2	16,0	72,0
3	33,3	72,0

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>35di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	70,5
2	16,0	70,5
3	33,3	70,5

#### Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	57,5
2	16,0	57,5
3	33,3	57,5

#### Vertici strato .....4

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	43,5
2	16,0	43,5
3	33,3	43,5

#### Vertici strato .....5

N	X (m)	y (m)
1	-8,0	41,5
2	16,0	41,5
3	33,3	41,5

#### Coefficienti parziali azioni



Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

#### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0	0	32	1800	2000	RILEVATO	
2	0.12	0.07	32	1900	2100	Terreno riporto [TR]	
3	0	0	31	1850	2100	Sabbia Limosa [SL]	
4	0.08	0.37	26	1860	2100	Argilla Limosa [AL]	
5	0.12	0.61	28	1900	2100	Argilla Limosa [ALCa]	

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>36di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

6	0.03	0	33	1900	2100	Sabbia [ALCs]
---	------	---	----	------	------	---------------

#### Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	11,3	74,2	19,3	74,2	0,2

#### Risultati analisi pendio [[A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,13
Ascissa centro superficie	4,84 m
Ordinata centro superficie	84,74 m
Raggio superficie	12,72 m



B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

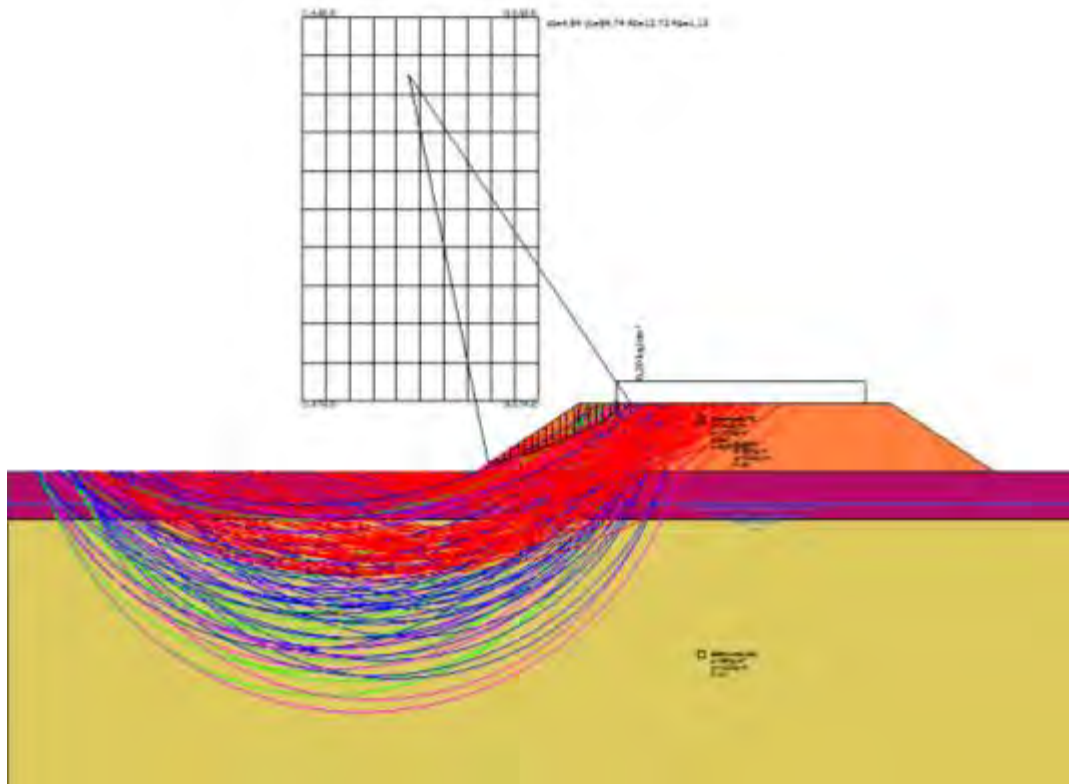
**xc = 4,844 yc = 84,738 Rc = 12,721 Fs=1,127**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,23	12,2	0,23	21,19	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	19,7	9,1
2	0,23	13,3	0,23	62,23	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	57,7	26,6
3	0,23	14,3	0,23	101,46	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	93,7	43,3
4	0,23	15,4	0,24	138,86	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	127,8	59,0
5	0,23	16,4	0,24	174,4	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	160,0	73,9
6	0,23	17,5	0,24	208,06	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	190,4	88,0
7	0,23	18,6	0,24	239,79	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	219,0	101,1
8	0,23	19,7	0,24	269,57	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	245,7	113,5
9	0,23	20,8	0,24	297,36	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	270,6	125,0
10	0,23	21,9	0,25	323,1	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	293,7	135,7
11	0,23	23,0	0,25	346,77	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	315,0	145,5
12	0,23	24,1	0,25	368,3	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	334,4	154,5
13	0,15	25,0	0,17	252,97	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	229,7	106,1
14	0,31	26,2	0,34	483,56	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	439,1	202,8
15	0,23	27,5	0,26	305,14	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	277,3	128,1
16	0,23	28,7	0,26	255,45	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	232,4	107,4
17	0,23	29,8	0,26	203,29	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	185,3	85,6
18	0,23	31,0	0,27	578,75	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	528,5	244,1
19	0,23	32,2	0,27	546,14	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	500,0	231,0
20	0,23	33,5	0,27	286,03	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	262,7	121,3

Da quanto sopra risulta soddisfatta la verifica di stabilità della scarpata in progetto.





	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>37di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

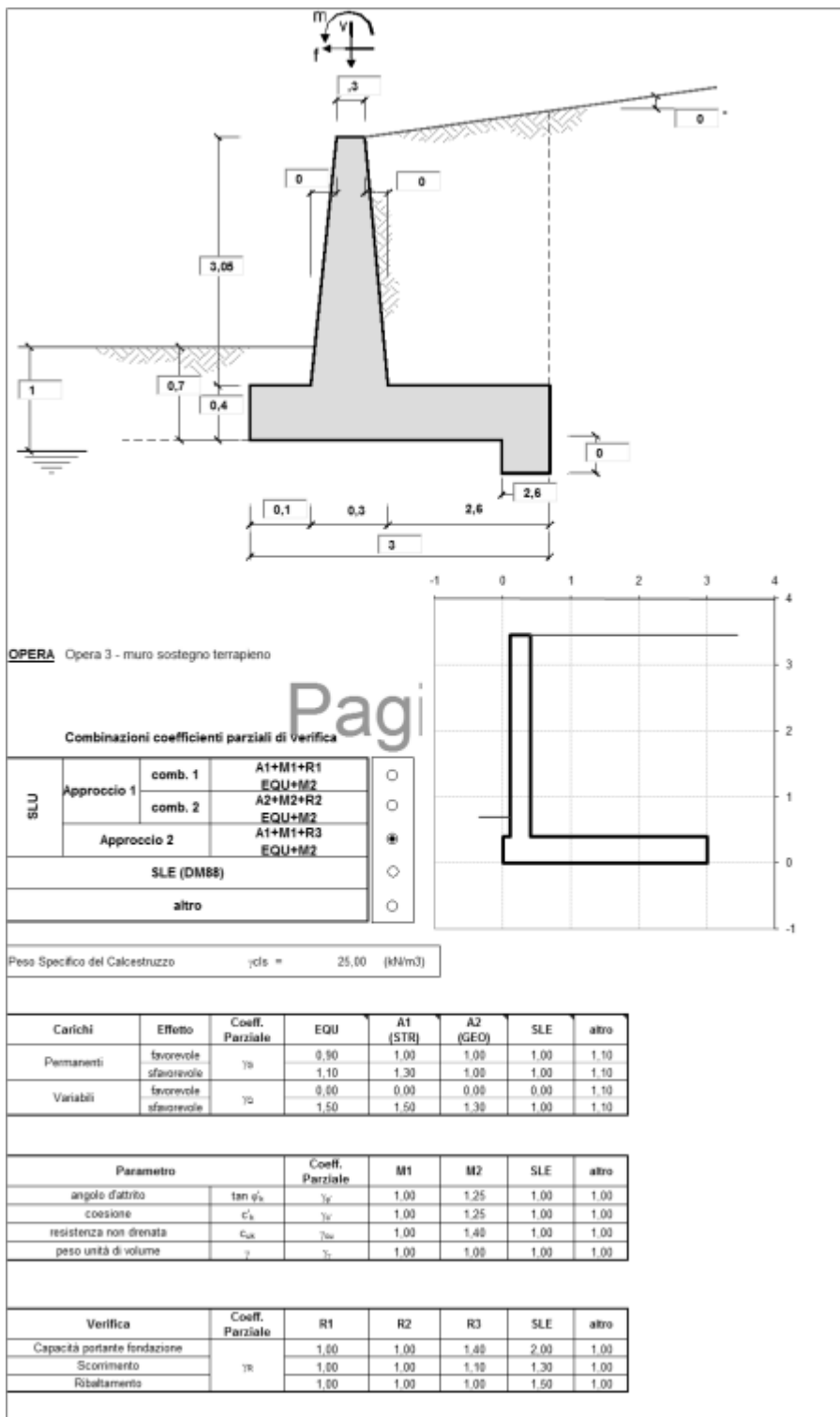




*Figura 6 – stabilità scarpata 3/2 rilevato stradale – combinazione esercizio*

#### 4.4 Muri di sostegno

All'interno delle opere di urbanizzazione primaria del Comparto B – Ca' Ponticelle sono previste opere d'arte minori per il contenimento dei rilevati in progetto. In particolare trattasi principalmente di muri ad U senza problematiche geotecniche di ribaltamento e/o scorrimento (spinta contrastata ed in equilibrio fra le pareti) e muri di sostegno di scaparte con carichi stradali non applicati direttamente sul paramento. Per le verifiche strutturali e di capacità portante delle principali opere si rimanda all'elaborato 090001-ENG-R-RV-6305, mentre nel seguito si riportano le verifiche geotecniche del muro di sostegno definito "Opera 3 – Strada di accesso al canale di scolo". In particolare viene analizzato il concio 3 con ciabatta di fondazione a contenimento del terreno e senza carico stradale in spinta sul paramento verticale. Si considera l'altezza di spinta del terreno pari a 2.95 m. Per le analisi geotecniche (scorrimento, ribaltamento, capacità portante), ai sensi della Normativa vigente (NTC 2018 e relativa circolare esplicativa), è stata adottata la combinazione A1+M1+R3 (par. 6.5.3.1.1. "Muro di sostegno" NTC 2018).

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>38di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	





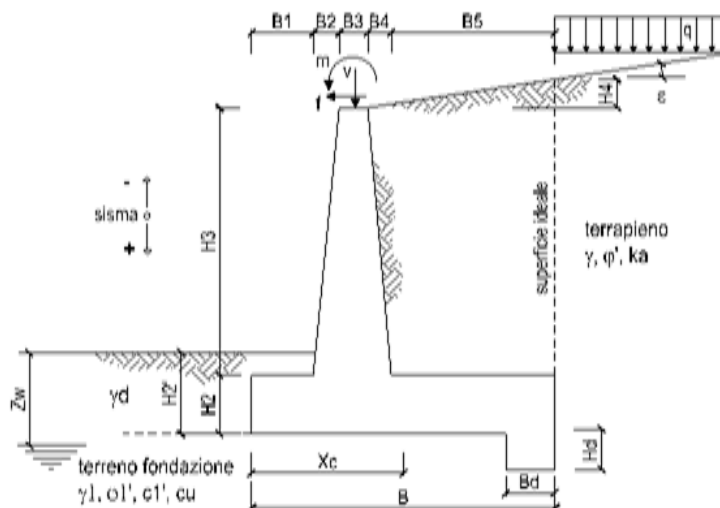
	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>39</b> di <b>50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

<b>Dati Geotecnici</b>			valori caratteristici SLE	valori di progetto	
				STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno (*)	$\varphi'$	32,00	32,00	26,56
	Peso Unità di Volume del terrapieno (kN/m³)	$\gamma'$	18,00	18,00	18,00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale (*)	$\delta$	0,67	0,67	0,56
Dati Terreno Fondazione	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate			
	Coesione Terreno di Fondazione (kPa)	$c_1'$	0,00	0,00	0,00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione (*)	$\phi_1'$	31,00	31,00	25,67
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione (kN/m³)	$\gamma_1$	18,50	18,50	18,50
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione (kN/m³)	$\gamma_d$	18,50	18,50	18,50
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) (m)	Hs	6,00		
	Modulo di deformazione (kN/m²)	E	150000		
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	0,162	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	$S_g$	1,45	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Topografico	$S_T$	1	(-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_s$	0,38	(-)	
	Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0,089262	(-)	
	Coefficiente sismico verticale	$k_v$	0,0446	(-)	
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no			
Coefficienti di Spinta			SLE	STR/GEO	EQU
	Coeff. di Spinta Attiva Statico ka	0,305		0,305	0,380
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + kas+	0,356		0,356	0,437
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - kas-	0,362		0,362	0,443
	Coeff. Di Spinta Passiva kp	3,124		3,124	2,529
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + kps+	2,969		2,969	2,388
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - kps-	2,954		2,954	2,375
<b>Carichi Agenti</b>			valori caratteristici SLE - sisma	valori di progetto	
				STR/GEO	EQU
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente (kN/m²)	$q_p$	0,00	0,00	0,00
	Sovraccarico su zattera di monte <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no				
	Forza Orizzontale in Testa permanente (kN/m)	$f_p$	0,00	0,00	0,00
	Forza Verticale in Testa permanente (kN/m)	$v_p$	0,00	0,00	0,00
Condizioni Statiche	Momento in Testa permanente (kNm/m)	$m_p$	0,00	0,00	0,00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche (kN/m²)	$q$	0,00	0,00	0,00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche (kN/m)	$f$	0,00	0,00	0,00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche (kN/m)	$v$	0,00	0,00	0,00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche (kNm/m)	$m$	0,00	0,00	0,00
Condizioni Sismiche	Coefficienti di combinazione condizione frequente $\Psi_1$	0,75	condizione quasi permanente $\Psi_2$	0,00	
	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche (kN/m²)	$q_s$	0,00		
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche (kN/m)	$f_s$	0,00		
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche (kN/m)	$v_s$	0,00		
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche (kNm/m)	$m_s$	0,00		

### Coefficienti di sicurezza

	<u>Scorrimento</u>	<u>Ribaltamento</u>	<u>Carico limite</u>
<b>Statico</b>	<b>2,77</b>	<b>5,26</b>	<b>4,00</b>
<b>Sismico</b>	<b>2,07</b>	<b>3,16</b>	<b>2,70</b>

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>40di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	



OPERA Esempio

DATI DI PROGETTO:

#### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	3,05	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0,00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0,30	(m)
Aggetto monte	B4 =	0,00	(m)

#### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	3,00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0,40	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0,10	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2,60	(m)
Altezza dente	Hd =	0,00	(m)
Larghezza dente	Bd =	2,60	(m)
Mezzzeria Sezione	Xc =	1,50	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γcls =	25,00	(kN/m³)
---------------------------------	--------	-------	---------



#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

		SLE	STR/GEO	EQU
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	22,88	22,88
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	30,00	30,00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	(kN/m)	52,88	52,88

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	(kN/m)	142,74	142,74
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	(kN/m)	0,00	0,00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	(kN/m)	0,00	0,00
Sovr =	$q_p \cdot (B4 + B5)$	(kN/m)	0,00	0,00
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$	(kN/m)	142,74	142,74

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>41di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat $q \cdot (B_4+B_5)$	(kN/m)	0	0
Sovr acc. Sism $q_s \cdot (B_4+B_5)$	(kN/m)	0	

#### MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

Muro (Mm)		SLE	STR/GEO	EQU
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B_1+2/3 \cdot B_2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B_1+B_2+0,5 \cdot B_3)$	(kNm/m)	5,72	5,72
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B_1+B_2+B_3+1/3 \cdot B_4)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	45,00	45,00
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - B_d/2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	(kNm/m)	50,72	50,72

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B_1+B_2+B_3+B_4+0,5 \cdot B_5)$	(kNm/m)	242,66	242,66
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B_1+B_2+B_3+2/3 \cdot (B_4+B_5))$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B_1+B_2+B_3+2/3 \cdot B_4)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Msovr =	$Sovr \cdot (B_1+B_2+B_3+1/2 \cdot (B_4+B_5))$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kNm/m)	242,66	242,66

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat $q \cdot (B_1+B_2+B_3+1/2 \cdot (B_4+B_5))$	(kNm/m)	0	0
Sovr acc. Sism $q_s \cdot (B_1+B_2+B_3+1/2 \cdot (B_4+B_5))$	(kNm/m)	0	

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

$Ps_h = Pm \cdot kh$	(kN/m)	4,72
$Ps_v = Pm \cdot kv$	(kN/m)	2,36

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$Pts_h = Pt \cdot kh$	(kN/m)	12,74
$Pts_v = Pt \cdot kv$	(kN/m)	6,37

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

$MPs1_h = kh \cdot Pm1 \cdot (H_2+H_3/3)$	(kNm/m)	0,00
$MPs2_h = kh \cdot Pm2 \cdot (H_2 + H_3/2)$	(kNm/m)	3,93
$MPs3_h = kh \cdot Pm3 \cdot (H_2+H_3/3)$	(kNm/m)	0,00
$MPs4_h = kh \cdot Pm4 \cdot (H_2/2)$	(kNm/m)	0,54
$MPs5_h = -kh \cdot Pm5 \cdot (H_d/2)$	(kNm/m)	0,00
$MPs_h = MPs1_h + MPs2_h + MPs3_h + MPs4_h + MPs5_h$	(kNm/m)	4,47

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)



$MPs1_v = kv \cdot Pm1 \cdot (B_1+2/3 \cdot B_2)$	(kNm/m)	0,00
$MPs2_v = kv \cdot Pm2 \cdot (B_1+B_2+B_3/2)$	(kNm/m)	0,26
$MPs3_v = kv \cdot Pm3 \cdot (B_1+B_2+B_3+B_4/3)$	(kNm/m)	0,00
$MPs4_v = kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	2,01
$MPs5_v = kv \cdot Pm5 \cdot (B-B_d/2)$	(kNm/m)	0,00
$MPs_v = MPs1_v + MPs2_v + MPs3_v + MPs4_v + MPs5_v$	(kNm/m)	2,26

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

$MPts1_h = kh \cdot Pt1 \cdot (H_2 + H_3/2)$	(kNm/m)	24,53
$MPts2_h = kh \cdot Pt2 \cdot (H_2 + H_3 + H_4/3)$	(kNm/m)	0,00
$MPts3_h = kh \cdot Pt3 \cdot (H_2+H_3^2/3)$	(kNm/m)	0,00
$MPts_h = MPts1_h + MPts2_h + MPts3_h$	(kNm/m)	24,53

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

$MPts1_v = kv \cdot Pt1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0,5)$	(kNm/m)	10,83
$MPts2_v = kv \cdot Pt2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0,5)$	(kNm/m)	0,00
$MPts3_v = kv \cdot Pt3 \cdot ((H_2+H_3^2/3) - (B_1+B_2+B_3+2/3 \cdot B_4) \cdot 0,5)$	(kNm/m)	0,00
$MPts_v = MPts1_v + MPts2_v + MPts3_v$	(kNm/m)	10,83

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>42di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### CONDIZIONE STATICA

##### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO	EQU
- Spinta totale condizione statica				
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m) 32,71	42,52	44,75
Sq perm =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	(kN/m) 0,00	0,00	0,00
Sq acc =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	(kN/m) 0,00	0,00	0,00
- Componente orizzontale condizione statica				
Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m) 32,70	42,51	44,75
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0,00	0,00	0,00
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0,00	0,00	0,00
- Componente verticale condizione statica				
Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,38	0,50	0,43
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00	0,00
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00	0,00
- Spinta passiva sul dente				
Sp =	$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H_d^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_d^2) \cdot H_d$	(kN/m) 0,00	0,00	0,00

##### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO	EQU
MSt1 =	$Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$	(kNm/m) 37,61	48,89	51,46
MSt2 =	$Stv \cdot B$	(kNm/m) 1,15	1,49	1,30
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00
MSP =	$\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_d^2) \cdot H_d / 2$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00
MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE				
Mfext1 =	$m_p + m$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00
Mfext2 =	$(f_p + f) \cdot (H_3 + H_2)$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00
Mfext3 =	$(v_p + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$	(kNm/m) 0,00	0,00	0,00



#### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)				
N =	$P_m + P_t + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	196,11	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$Sth + Sqh + f$	42,51	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)				
f =	$\tan \phi_1'$	0,60	(-)	
<b>Fs scorr.</b>	<b>(N*f + Sp) / T</b>	<b>2,77</b>	<b>&gt;</b>	<b>1,1</b>

#### VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)				
Ms =	$M_m + M_t + Mfext3$	264,04	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)				
Mr =	$MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSP$	50,16	(kNm/m)	
<b>Fs ribaltamento</b>	<b>Ms / Mr</b>	<b>5,26</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>43di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)	Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr acc)$	196,11	196,11	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
$T = S_{th} + S_{qh} + f - Sp$	42,51	42,51	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)			
$MM = \Sigma M$	245,98	245,98	( kNm/m )
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)			
$M = X_c \cdot N - MM$	48,19	48,19	( kNm/m )

#### Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00	(kPa)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	31,00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	9,50	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12,95	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,25	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,51	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\phi') \cdot \tan(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	20,63	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$	(2+π in cond. nd)	32,67	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi')$	(0 in cond. nd)	25,99	(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)



$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0,61	0,61	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,59	0,59	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^{m+1}$		0,48	0,48	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	312,70	312,70	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	Nmin	<b>4,00</b>	>	<b>1,4</b>
		Nmax	<b>4,00</b>	>	



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>44di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### CONDIZIONE SISMICA +

##### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \gamma' (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m)	32,71	32,71	40,68
Sst1 sism = $0,5 \gamma' (1 + k_v) (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as} \cdot S_{st1 \text{ stat}}$	(kN/m)	7,18	7,18	8,24
Ssq1 perm = $q_p (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as} \cdot$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1 acc = $q_s (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as} \cdot$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = $S_{st1 \text{ stat}} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	32,70	32,70	40,68
Sst1h sism = $S_{st1 \text{ sism}} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	7,18	7,18	8,24
Ssq1h perm = $S_{sq1 \text{ perm}} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1h acc = $S_{sq1 \text{ acc}} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = $S_{st1 \text{ stat}} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,38	0,38	0,39
Sst1v sism = $S_{st1 \text{ sism}} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,08	0,08	0,08
Ssq1v perm = $S_{sq1 \text{ perm}} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1v acc = $S_{sq1 \text{ acc}} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$S_p = \frac{1}{2} \gamma_1' (1 + k_v) H_d^2 \cdot k_{ps} + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{0,5} + \gamma_1' (1 + k_v) k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
--	--------	------	------	------

##### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = $S_{st1 \text{ stat}} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - h_d)$	( kNm/m )	37,61	37,61	46,78
MSst1 sism = $S_{st1 \text{ sism}} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - h_d)$	( kNm/m )	8,25	8,25	9,47
MSst2 stat = $S_{st1 \text{ stat}} \cdot B$	( kNm/m )	1,15	1,15	1,18
MSst2 sism = $S_{st1 \text{ sism}} \cdot B$	( kNm/m )	0,25	0,25	0,24
MSsq1 = $S_{sq1 \text{ h}} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSsq2 = $S_{sq1 \text{ v}} \cdot B$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp = $\gamma_1' H_d^3 \cdot k_{ps} / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{0,5} + \gamma_1' \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

##### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = $m_p + m_s$	( kNm/m )		0,00	
Mfext2 = $(f_p + f_s) \cdot (H_3 + H_2)$	( kNm/m )		0,00	
Mfext3 = $(v_p + v_s) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$	( kNm/m )		0,00	

#### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

N = $P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1 \text{ v}} + S_{sq1 \text{ v}} + P_s \cdot v + P_{ts \text{ v}}$	204,81	(kN/m)	
--	--------	--------	--

Risultante forze orizzontali (T)

T = $S_{st1 \text{ h}} + S_{sq1 \text{ h}} + f_p + f_s + P_s \cdot h + P_{ts \text{ h}}$	57,34	(kN/m)	
--	-------	--------	--

Coefficiente di attrito alla base (f)

f = $\tan \phi_1'$	0,60	(-)	
--------------------	------	-----	--

<b>Fs = <math>(N \cdot f + S_p) / T</math></b>	<b>2,15</b>	<b>&gt;</b>	<b>1,1</b>
--	-------------	-------------	------------

#### VERIFICA AL RIBALTAMENTO


Momento stabilizzante (Ms)

Ms = $M_m + M_t + M_{fext3}$	293,38	( kNm/m )	
------------------------------	--------	-----------	--

Momento ribaltante (Mr)

Mr = $M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	70,73	( kNm/m )	
--	-------	-----------	--

<b>Fr = <math>M_s / M_r</math></b>	<b>4,15</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
------------------------------------	-------------	-------------	----------

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>45di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)	Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} acc)$	204,81	204,81	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	57,34		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)			
$MM = \Sigma M$	233,02	233,02	( kNm/m )
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)			
$M = X_c \cdot N - MM$	74,20	74,20	( kNm/m )

### Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	31,00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	9,50	(kN/m³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12,95	(kN/m²)
$e = M / N$	eccentricità	0,36	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,28	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\phi') \cdot \tan(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	20,63	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$	(2+π in cond. nd)	32,67	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi')$	(0 in cond. nd)	25,99	(-)



I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0,52	0,52	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,49	0,49	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^{m+1}$		0,37	0,37	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	243,39	243,39	(kN/m²)
-----------	--------------------------	--------	--------	---------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	Nmin	<b>2,70</b>	>	<b>1,4</b>
		Nmax	<b>2,70</b>	>	

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>46di50</b>	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### CONDIZIONE SISMICA -

##### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \gamma' (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot ka$	(kN/m)	32,71	32,71	40,68
Sst1 sism = $0,5 \gamma' (1-kv) (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot kas$	(kN/m)	4,30	4,30	4,66
Ssq1 perm = $qp (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot kas$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1 acc = $qs (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot kas$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = Sst1 stat * cos $\delta$	(kN/m)	32,70	32,70	40,68
Sst1h sism = Sst1 sism * cos $\delta$	(kN/m)	4,30	4,30	4,66
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos $\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos $\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = Sst1 stat * sen $\delta$	(kN/m)	0,38	0,38	0,39
Sst1v sism = Sst1 sism * sen $\delta$	(kN/m)	0,05	0,05	0,05
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen $\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen $\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \gamma' (1-kv) Hd^2 \cdot kps + (2 \cdot c' \cdot kps^{0.5} + \gamma' (1-kv) kps \cdot H_2) \cdot Hd$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
---	--------	------	------	------

##### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = Sst1h stat * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +H <sub>d</sub> )/3-hd)	( kNm/m )	37,61	37,61	46,78
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +H <sub>d</sub> )/3-Hd)	( kNm/m )	4,94	4,94	5,36
MSst2 stat = Sst1v stat * B	( kNm/m )	1,15	1,15	1,18
MSst2 sism = Sst1v sism * B	( kNm/m )	0,15	0,15	0,14
MSsq1 = Ssq1h * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +H <sub>d</sub> )/2-Hd)	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSsq2 = Ssq1v * B	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp = $\gamma' \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c' \cdot kps^{0.5} + \gamma' (1-kv) kps \cdot H_2) \cdot Hd^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

##### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE



Mfext1 = mp+ms	( kNm/m )	0,00
Mfext2 = (fp+fs)*(H <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> )	( kNm/m )	0,00
Mfext3 = (vp+vs)*(B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub> + B <sub>3</sub> /2)	( kNm/m )	0,00

#### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)			
N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv	187,32	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)			
T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh	54,46	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)			
f = tg $\phi'$	0,60	(-)	
<b>Fs = (N*f + Sp) / T</b>	<b>2,07</b>	<b>&gt;</b>	<b>1,1</b>

#### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)			
Ms = Mm + Mt + Mfext3	293,38	( kNm/m )	
Momento ribaltante (Mr)			
Mr = MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts	92,91	( kNm/m )	
<b>Fr = Ms / Mr</b>	<b>3,16</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>47di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

#### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)	Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$	187,32	187,32	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - Sp$	54,46		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)			
$MM = \Sigma M$	210,04	210,04	( kNm/m )
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)			
$M = X_c \cdot N - MM$	70,94	70,94	( kNm/m )

#### Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	31,00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	9,50	(kN/m³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12,95	(kN/m²)
$e = M / N$	eccentricità	0,38	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,24	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\phi') \cdot \tan(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	20,63	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$	(2+ in cond. nd)	32,67	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi')$	(0 in cond. nd)	25,99	(-)



I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0,50	0,50	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,48	0,48	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^{m+1}$		0,36	0,36	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	233,18	233,18	(kN/m²)
-----------	--------------------------	--------	--------	---------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	Nmin	<b>2,79</b>	>	<b>1,4</b>
		Nmax	<b>2,79</b>	>	

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>48di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

## 5. CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE



Nell'ambito delle opere di urbanizzazione sono previste principalmente attività di sterro e riporto. È quindi opportuno che i materiali utilizzati e le tecniche di posa in opera siano tali da conferire agli strati caratteristiche geotecniche pari o superiori a quelle poste alla base delle verifiche e delle valutazioni illustrate ai paragrafi precedenti.

Si riportano quindi di seguito le prescrizioni relative alle prestazioni geotecniche minime che saranno conferite ai nuovi strati e che potranno essere prese come riferimento per le future progettazioni.

- Aree di riporto con suolo proveniente da cave: le prestazioni dei riporti dipenderanno dalle modalità di messa a dimora, soprattutto dall'efficienza della compattazione per strati successivi e dalle condizioni di umidità conferite al materiale. Si ipotizza in generale che sia possibile raggiungere almeno il 95% della compattazione ottimale; in queste condizioni si può ipotizzare che le prestazioni geotecniche dei riporti siano pari a quelle del terreno in sito utilizzati per le verifiche geotecniche ( $\varphi'=32^\circ$ , coesione nulla,  $E_v=6$  MPa).

Per i materiali approvvigionati dall'esterno del cantiere, i parametri geotecnici degli strati saranno certificati in fase di fornitura mediante prove in sito ed in laboratorio secondo le prescrizioni delle specifiche tecniche dei materiali e modalità di esecuzione dei lavori.

Gli abachi di dimensionamento al capitolo precedente sono stati redatti ipotizzando cautelativamente per gli strati superiori gli stessi parametri geotecnici dello strato più superficiale di suolo in posto ed assumendo che tanto gli strati sopra i teli quanto quelli sotto i teli siano in condizioni di completa saturazione.



	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO  Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>49</b> di <b>50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV.  <b>00</b>	

## 6. CONCLUSIONI

Nel presente documento sono stati analizzati i dati a disposizione per modellare il comportamento geotecnico del sottosuolo dell'area di studio, pervenendo ad una classificazione per unità geotecniche omogenee alla macroscale, ciascuna individuata da un set di parametri geotecnici caratteristici.

Sono stati analizzati gli impatti in termini di cedimenti, che possono verificarsi durante la realizzazione delle opere e la loro vita utile, sia di fondazioni minori (solette di fondazione di muri di sostegno e piccoli plinti a sostegno di torri faro) sia dei nuovi rilevati stradali che, in alcuni casi dovranno solidarizzarsi ad infrastrutture esistenti. Sono state inoltre, analizzate le stabilità delle scarpate che si verranno a creare per la formazione dei nuovi piani vari e che dovranno avere inclinazione 3/2.

Da quanto riportato ai paragrafi precedenti, i cedimenti stimati (sia per le fondazioni in c.a.o. che per la formazione di nuovi rilevati) sono di ordine decimetrico. comunque in linea con le informazioni reperite a riguardo di altre opere realizzate nell'ambito del sito industriale di Ravenna.

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. <b>090001-ENG-R-RV-6296</b>	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0901-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione definitiva opere di urbanizzazione primaria sub comparto B – Ca' Ponticelle		Pag. <b>50di50</b>	
	N°DOC Appaltatore .	FUNZIONE EMITTENTE TEBO	INDICE DI REV. <b>00</b>	

## ANNESSI

ANNESSO 1: Relazioni geologiche redatte a supporto del PUA



ANNESSO 2: Indagini geognostiche in area FORSU: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU (con prove dissipazione), Indagine georadar Prove sismiche in sito MASW e HVSr. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, marzo-aprile 2018)

ANNESSO 3: Indagini geognostiche: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU (con prove dissipazione), Indagine georadar Prove sismiche in sito MASW e HVSr. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, giugno-agosto 2018)

ANNESSO 4: Campagna di indagini giugno-agosto 2018

ANNESSO 5: Fondazioni superficiali isolate

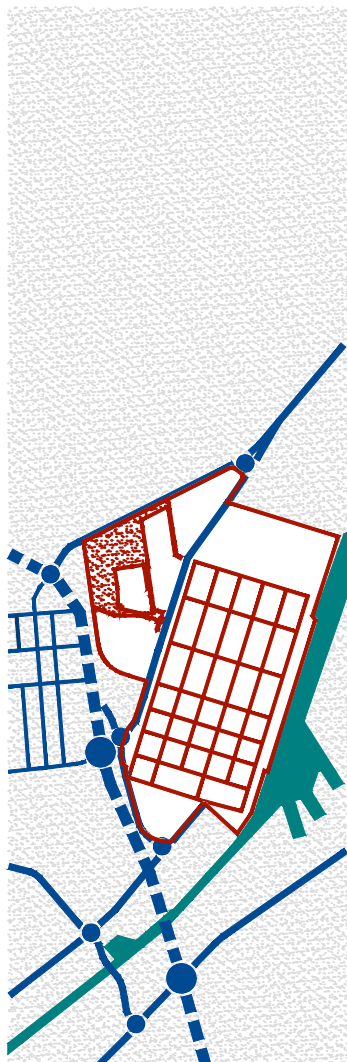


	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. 090001-ENG-R-RV-6296	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0001-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione FEED PUA - Area Ponticelle		Pag. 23 di 27	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. 00	

## **ANNESSO 1: Relazioni geologiche redatte a supporto del PUA**

# PUA EX ENICHEM

## SUB COMPARTO B CA' PONTICELLE



syndial



versalis



Ravenna  
Servizi Industriali

P.zza Boldrini 1, San Donato Milanese (MI) - P.iva 09702540155

P.zza Boldrini 1, San Donato Milanese (MI) - P.iva 01768800748

Via Baiona 107, 48123 Ravenna (RA) - P.iva 02168860399

P R O G E T T O

## PIANO URBANISTICO ATTUATIVO SUB COMPARTO B - CA' PONTICELLE AMBITO EX-ENICHEM

E L A B O R A T O

## RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA

ag

PROGETTO

ARCH. PAOLO FOCACCIA

CON ING. SABRINA SPINELLI ARCH. LUCA GALASSI ARCH. ARTURO DAPPORTO ARCH. GIORGIO PEZZI

luoghidellacittà architettura urbanistica conservazione viale della lirica 49 48124 ravenna

tel fax + 39 0544 278118 pec paolo.focaccia@archiworldpec.it mail paolo.focaccia@luoghidellacitta.it

ANALISI DEL SITO E ACUSTICI VAS SERVIZI ECOLOGICI S.r.l. FAENZA STUDI PAESAGGISTICI STUDIO VERDE S.r.l. FORLÌ PROG. IDRAULICA ING. G. MINORI RAVENNA

RELAZIONE GEOLOGICA DOTT. A. ANGELI E DOTT. O. DRAPELLI RAVENNA STUDI TRAFFICO E SOSTA ING. S. LONGHI RAVENNA RILIEVI GEOM. M. SERRA RAVENNA



codice progetto	
numero intervento	
file	
ctb	base norme grafiche-inprogress.ctb



rev. n	data	oggetto	eseguito	verificato	approvato
prima em.	ottobre 2017				
1	febbraio 2018	Modifiche post Conferenza di servizi 20.11.2017			PF
2					
3					

A termine di legge tutti i diritti sono riservati. E' vietata la riproduzione in qualsiasi forma senza autorizzazione.



Dott. ANGELO ANGELI – geologo -  
Studio Geologia Tecnica – Impresa Geotecnica  
Via Padre Genocchi n.222-angolo-Via Dossetti  
47521 CESENA  
Tel.0547-27682 – Fax. 21128  
P.IVA: 00163540404 - C.F.: NGL NGL 34D13 F139U

Committente : Studio LUOGHI della CITTA'  
RAVENNA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DEL  
SUBCOMPARTO "B"  
COMPRESO NEL COMPARTO PONTICELLE  
RELAZIONE GEOLOGICA

Cesena, Settembre 2012

## 1. PREMESSA

Su richiesta dello Studio LUOGHI DELLA CITTA' di Ravenna si redige la presente Relazione Geologica riguardante il P.U.A. del subcomparto "B" nella zona Ponticelle.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL SITO

L'area in esame è nella zona compresa fra Via Baiona, Via Canale Magni e Canaletta ANIC ed è parte dell'area indicata come Comparto Ponticelle.

La situazione geologica generale della zona è illustrata dalla Carta Geologica in Scala 1/25.000 riportata in Tavola II e dalla sezione geologica schematica di Tavola III.

La zona di Ravenna è caratterizzata dalla presenza di cordoni sabbiosi che corrispondono a posizioni in cui vi è stata una più lunga permanenza della linea di costa durante la fase regressiva del ciclo sedimentario olocenico, corrispondente all'ingressione Flandriana, la quale, nella fase di massima avanzata del mare (circa 5000 anni fa), aveva portato la linea di costa lungo la direttrice Fosso Ghiaia-Madonna dell'Albero-Fornace Zarattini-Alfonsine. In posizione intermedia fra i vari cordoni sabbiosi sono presenti aree caratterizzate da una maggiore copertura superficiale di terreni argilloso-limosi, consistenti in alluvioni recenti e depositi delle bonifiche in superficie ed in depositi di laguna e palude in profondità.

Il cordone sabbioso più antico, con banco di sabbia coperto da un esiguo spessore di alluvioni recenti, corrisponde circa al tracciato della Via di Sant'Alberto e prosegue verso Sud nella zona di Via di Roma e della Stazione Ferroviaria.

Più ad Oriente vi è il cordone sabbioso delle Bassette, che, con andamento arcuato, si dirige a Nord verso la località di Casalborsetti. Al cordone sabbioso delle Bassette si giustappone sul lato Est, con quote mediamente un poco più elevate, il cordone sabbioso della Pineta di San Vitale, il quale, più a Nord, interseca quello delle Bassette, avendo un andamento più rettilineo. Il cordone sabbioso della Pineta di San Vitale corrisponde quindi ad una linea di costa che ha in parte eroso il cordone sabbioso delle Bassette. In corrispondenza dei cordoni sabbiosi delle Bassette e delle Pinete la base del banco di sabbia è in genere a 13-15 metri di profondità.

Fra il cordone sabbioso della Via di Sant'Alberto e quello delle Bassette è presente una fascia che si restringe progressivamente verso Sud e che è caratterizzata dalla presenza di un rilevante spessore di depositi di laguna e palude, coperti da uno strato di alluvioni recenti e depositi delle bonifiche di colmata.

Ad Oriente del cordone sabbioso delle pinete e fino al cordone sabbioso della costa attuale si estende un'ampia zona caratterizzata dalla presenza in superficie di alluvioni recenti e depositi vallivi e lagunari di spessore variabile e generalmente non elevato, ma che può aumentare notevolmente in corrispondenza di vecchi canali e paleoalvei. In genere lo spessore di depositi di palude e laguna che ricopre

il banco sabbioso è di modesto spessore fino in corrispondenza di una linea circa N-S che passa per Largo Trattaroli. Ad oriente di questa linea i depositi di laguna e palude diventano spesso rilevanti ed il banco di sabbia si riduce di spessore, essendo la sua base in genere a soli 9-10 metri di profondità. In questa zona sono ancora presenti zone paludose e lagunari (pialasse), solo in parte bonificate in tempi recenti per la realizzazione di insediamenti industriali e portuali. Sono anche presenti zone limitate con sabbia affiorante o subaffiorante, corrispondenti a dune dell'antico delta triangolare dei Fiumi Uniti, che fino a metà del '700 sfociavano a Punta Marina.

L'area in esame ricade interamente sul cordone sabbioso della pineta di San Vitale e quindi in zona col banco sabbioso affiorante. Superficialmente è presente circa un metro di terreno sabbioso di riporto.

L'area in esame è quindi caratterizzata dalla presenza, fino a 13-14 m di profondità, di un potente banco prevalentemente sabbioso (depositi costieri di spiaggia e duna e di mare basso), a cui possono essere intercalate lenti di limitato spessore di terreno argilloso-limoso molle.

Al banco sabbioso segue, fino a circa 27 metri di profondità terreno argilloso-limoso, circa normalconsolidato, con molte lenti di sabbia fine e sabbia limosa intercalate. Questo banco rappresenta i depositi di ambiente marino della fase di maggiore avanzata del mare durante l'ingressione olocenica, quando la linea di costa era molto più ad occidente dell'area in esame..

Questo complesso di terreni olocenici poggia su un substrato di alluvioni del Pleistocene superiore. Le alluvioni pleistoceniche consistono in terreno argilloso-limoso da mediamente consistente a compatto (moderatamente sovraconsolidato) con intercalate lenti sabbioso-limose.

Il livello della falda freatica è superficiale ed è generalmente a profondità compresa fra 1 e 2 metri dalla superficie.

### 3. INDAGINI IN SITO

Nell'ambito del Comparto B si sono eseguite n.3 prove penetrometriche statiche spinte a 30 metri di profondità e due indagini sismiche mediante tromografo digitale "Tromino".

Si allegano inoltre n.6 prove penetrometriche d'archivio eseguite in prossimità dell'area in esame ed un sondaggio a carotaggio. Si allegano anche i risultati di una indagine sismica (Tromino 1-bis) eseguita lungo Via Baiona.

I risultati delle indagini sismiche sono allegati in calce alla relazione.

In Tavola IV è riportata l'ubicazione di tutte le indagini in sito.

Le prove penetrometriche sono state fatte con attrezzo tipo "olandese" con punta meccanica tipo Begemann e si sono fatte, ogni 20 cm di avanzamento, misure di resistenza alla punta ( $R_p$  o  $q_c$ ) e di resistenza laterale locale ( $R_f$  o  $f_s$ ). Si è calcolato il rapporto  $R_p/R_f$  utile per l'interpretazione stratigrafica.

#### 4. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

La stratigrafia del terreno è illustrata dalle sezioni stratigrafiche riportate in Tavola V-1 e V-2. **Dalle sezioni risulta evidente come la stratigrafia del terreno sia sostanzialmente uniforme su tutta l'area in esame.**

Fino alla profondità di 13 metri circa è presente un banco di sabbia fine e sabbia limosa relativamente omogeneo, con solo una lente argilloso-limosa di piccolo spessore sui 9 metri di profondità.

Segue uno strato di circa 3 metri di spessore di argilla limosa molle passante verso il basso a limo argilloso con vene di limo.

Dalla profondità di m 16.50 a 27 metri circa è presente limo argilloso molle con molte intercalazioni di sabbia limosa che a tratti diventano predominanti.

Segue terreno argilloso-limoso di media consistenza con lenti di sabbia fine.

In Tavola VI si sono riportati cumulativamente i diagrammi penetrometrici delle tre prove eseguite entro il Comparto B, corredati di stratigrafia media e schematizzazione geotecnica. I parametri geotecnica indicati tengono conto delle situazioni meno favorevoli e possono essere assunti come valori caratteristici.

**La situazione del terreno di fondazione è tale da consentire in generale l'adozione di fondazioni dirette.**

#### 5. ASPETTI SISMICI

Il Comune di Ravenna è classificato Zona Sismica 3,

Dai tabulati allegati alle NTC-2008 si ricavano, per manufatti di Classe II e Stato limite di salvaguardia della vita, i seguenti parametri sismici:

$T_r = 475$  anni

$a = 0.151$  g

$F_o = 2.576$

$T_{c^*} = 0.280$

Una valutazione del  $V_{s30}$  fatta in base alle prove penetrometriche utilizzando sia le correlazioni di  $V_s$  con  $N_{spt}$  e  $c_u$  che si ricavano dalla normativa, sia le correlazioni di  $V_s$  con  $N_{spt}$  dovute ad Imai ed al. per le sabbie ed a Crespellani ed al. per le argille, ha fornito i seguenti risultati. L' $N_{spt}$  e la  $c_u$  sono stati ricavati dalla  $q_c$  sulla base di note correlazioni.

Prova n.	Correlazioni normativa	Correlazioni Imai e Crespellani
1/12B	172 m/s	184 m/s
2/12B	181 m/s	194 m/s
3/12B	178 m/s	189 m/s
media	177 m/s	189 m/s



Le indagini con Tromino hanno fornito i seguenti valori del Vs30 da 0 a 30 m.

Indagine	Vs30 in m/s
n.1	173
n.2	190
n.1bis	185
media	183

L'area in esame è quindi al limite fra la Categoria "D" e la Categoria "C". In sede di progettazione dei singoli interventi per ogni area interessata si potrà fare una verifica puntuale del Vs30, eventualmente anche con più metodologie, al fine di stabilire la Categoria di riferimento.

Facendo riferimento alla Categoria "D", il Coefficiente di amplificazione stratigrafica risulta  $S_s=1.80$ , mentre il Coefficiente di amplificazione topografica è  $S_t=1$ , essendo il sito pianeggiante.

L'accelerazione massima risulta:  $a_{max} = 0.151 \times 1.80 \times 1 = 0.272$  g.

Il potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi è stato valutato sulla base delle tre prove penetrometriche utilizzando la correlazione fra CRR ed  $N_{spt}$  suggerita dalla Regione Emilia-Romagna e dovuta a Idriss e Boulanger (2004). L' $N_{spt}$  è stato ricavato dalla qc sulla base di note correlazioni e si è fatta sia la correzione per strato sottile, sia la correzione per la frazione fine.

**Nessuno degli strati analizzati è risultato liquefacibile per cui si può escludere il pericolo di liquefazione per l'area in esame.**

In Tavola XII si è riportato lo Spettro di risposta elastico ricavato sulla base delle NTC-2008 per un manufatto di Classe II e Stato Limite di Salvaguardia della Vita, mentre in Tavola XIII si è riportato lo Spettro di risposta elastico che si ottiene sulla base delle indicazioni della Regione Emilia-Romagna.





# CARTA GEOMORFOLOGICA DI INQUADRAMENTO GENERALE

# Scala 1/25.000

# Vedi Legenda in Tavola II-bis

## LIMITE APPROSSIMATIVO DEL DELTA TRIANGOLARE DI PUNTA MARINA A META' DEL '700

*rina*

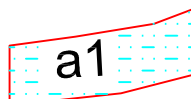
6

La base topografica della carta si riferisce alla situazione esistente prima della realizzazione del porto e della urbanizzazione ad uso industriale delle aree limitrofe iniziata nei primi anni '50

Dot. ANGELO ANGELLI  
geologo  
CESENA, Via P. Genocchi, 222



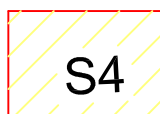
## LEGENDA DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA



**a1** Paleovalvei dei Fiumi Ronco e Montone deviati più a sud a metà del '700 (Fiumi Uniti) con depositi fluviali prevalentemente sabbioso-limosi



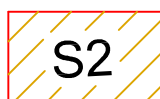
**d** Dune (un tempo affioranti ed ora coperte da terreno di riporto) del delta di Punta Marina formatosi quando qui sfociavano i fiumi riuniti Ronco e Montone seguendo l'attuale tracciato del Canale del Molino



**S4** Cordone sabbioso della costa attuale, di 7-10 m di spessore, costituito da sabbia fine con intercalate lenti argilloso-limose molto molli, le quali localmente possono risultare anche molto frequenti. Il banco di sabbia poggia su depositi argilloso-limosi normalconsolidati di ambiente marino.



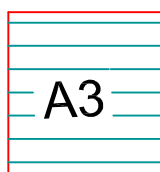
**S3** Cordone Sabbioso delle Pinete di San Vitale e di Classe, di 10-15 m di spessore, il quale interseca e sormonta sul lato monte il più antico cordone sabbioso delle Bassette. Al banco di sabbia seguono in profondità i depositi argilloso-limosi normalconsolidati di ambiente marino con molte lenti di sabbia intercalate. Nella zona compresa fra il Candiano ed il Canale del Molino il cordone sabbioso è localmente interrotto da incisioni (canali di marea e paleovalvei) colme di depositi fini recenti molli.



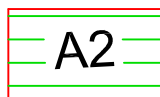
**S2** Cordone sabbioso delle Bassette (spessore 10-12 m) a cui segue in profondità un'alternanza di strati argilloso-limosi normalconsolidati di ambiente marino e lenti di sabbia fine.



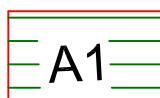
**S1** Cordone sabbioso di Sant'Alberto, in genere coperto da qualche metro di alluvioni recenti e terreno di riporto con resti antropici. La base del banco di sabbia è oltre i 20 m di profondità. Nella parte bassa possono essere presenti intercalazioni argilloso-limose molli. La base del banco poggia sulle alluvioni argilloso-limose della fine del Pleistocene a 24-25 m di prof. .



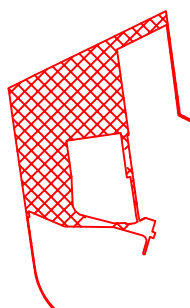
**A3** Zona con terreno superficiale costituito da alluvioni argilloso-limose recenti, passanti in basso a depositi vallivi e lagunari di spessore variabile, generalmente non elevato nell'ambito della zona interessata dal delta triangolare di Punta Marina, salvo le fasce corrispondenti ad antichi canali. Segue un banco prevalentemente sabbioso fino sui 15 m di profondità e poi argille limose normalconsolidate di ambiente marino con lenti di sabbia.



**A2** Zona con rilevanti spessori (anche oltre 10 m) di depositi vallivi e lagunari recenti (argilla molle ed argilla torbosa con lenti di torba e poche intercalazioni limoso-sabbiose) che ricoprono il banco sabbioso dei depositi di spiaggia e duna la cui base è oltre i 20 m di profondità.



**A1** Zona a monte del cordone sabbioso di Sant'Alberto, dove il banco di sabbie oloceniche è coperto da diversi metri di depositi lagunari e vallivi e da terreno di riporto con resti antropici. La base del banco di sabbia è a 23-24 m di profondità e poggia sulle alluvioni argilloso-limose della fine del Pleistocene.

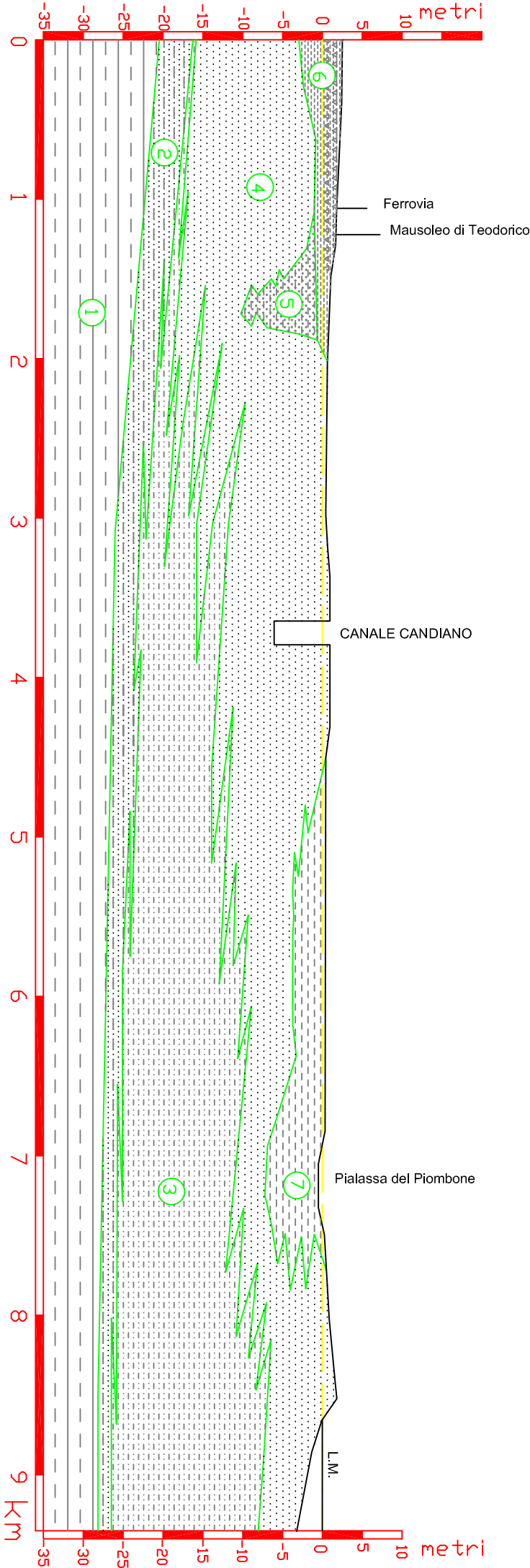


Comparto B

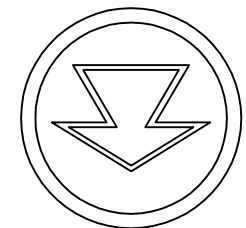
Dott. ANGELO ANGELI  
geologo

CESENA, Via P. Genocchi, 222

Rapporto altezze/distanze: 1 a 50



- 1 Substrato di alluvioni argilloso-limose, con lenti di sabbia, della fine del Pleistocene. Il tetto rappresenta un paleosuolo ed è chiaramente sovraconsolidato e presenta segni di ossidazione per un paio di metri di spessore.
- 2 Strato costituito da lenti di sabbia, sabbia limosa e limo rappresentante i depositi della fase iniziale dell'ingressione olocenica (Flandriana). Localmente alla base può essere presente uno strato di argilla scura (deposito di ambiente palustre che precede l'arrivo del mare).
- 3 Argilla limosa e limo argilloso normalconsolidati con lenti di sabbia in aumento dal lato mare verso terra (depositi di ambiente marino).
- 4 Sabbia fine con lenti di sabbia limosa, limo ed argilla molle (depositi di spiaggia e duna e di ambiente marino costiero della fase di regressione del mare avvenuta negli ultimi 5000 anni circa, durante i quali la linea di costa si è ritirata dalla direttrice Fosso Ghiata-Madonna dell'Albero-Fornace Zarattini-Alfonsine fino alla posizione attuale).
- 5 Argilla e argilla torbosa molto molle con lenti di torba (depositi in prevalenza di laguna e palude).
- 6 Argille ed argille limose molli in profondità (depositi vallivi e lagunari) con copertura di alluvioni recenti e terreno di riporto con resti antropici.
- 7 Argilla limosa ed argilla torbosa molle (depositi vallivi e lagunari) con copertura di alluvioni recenti argilloso-limose sovraconsolidate.

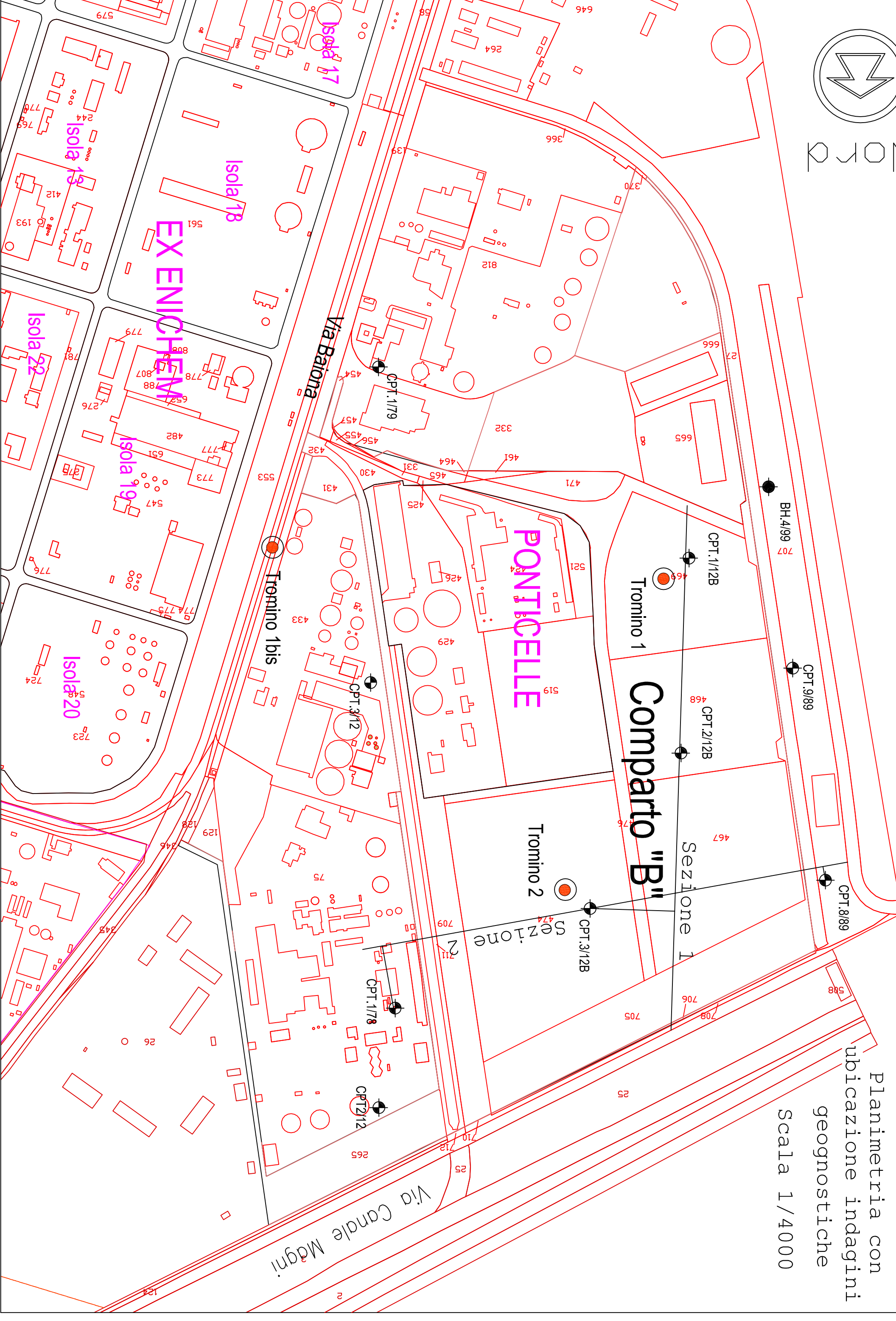


Nord

# Tavola IV

Planimetria con  
ubicazione indagini  
geognostiche

Scala 1/4000



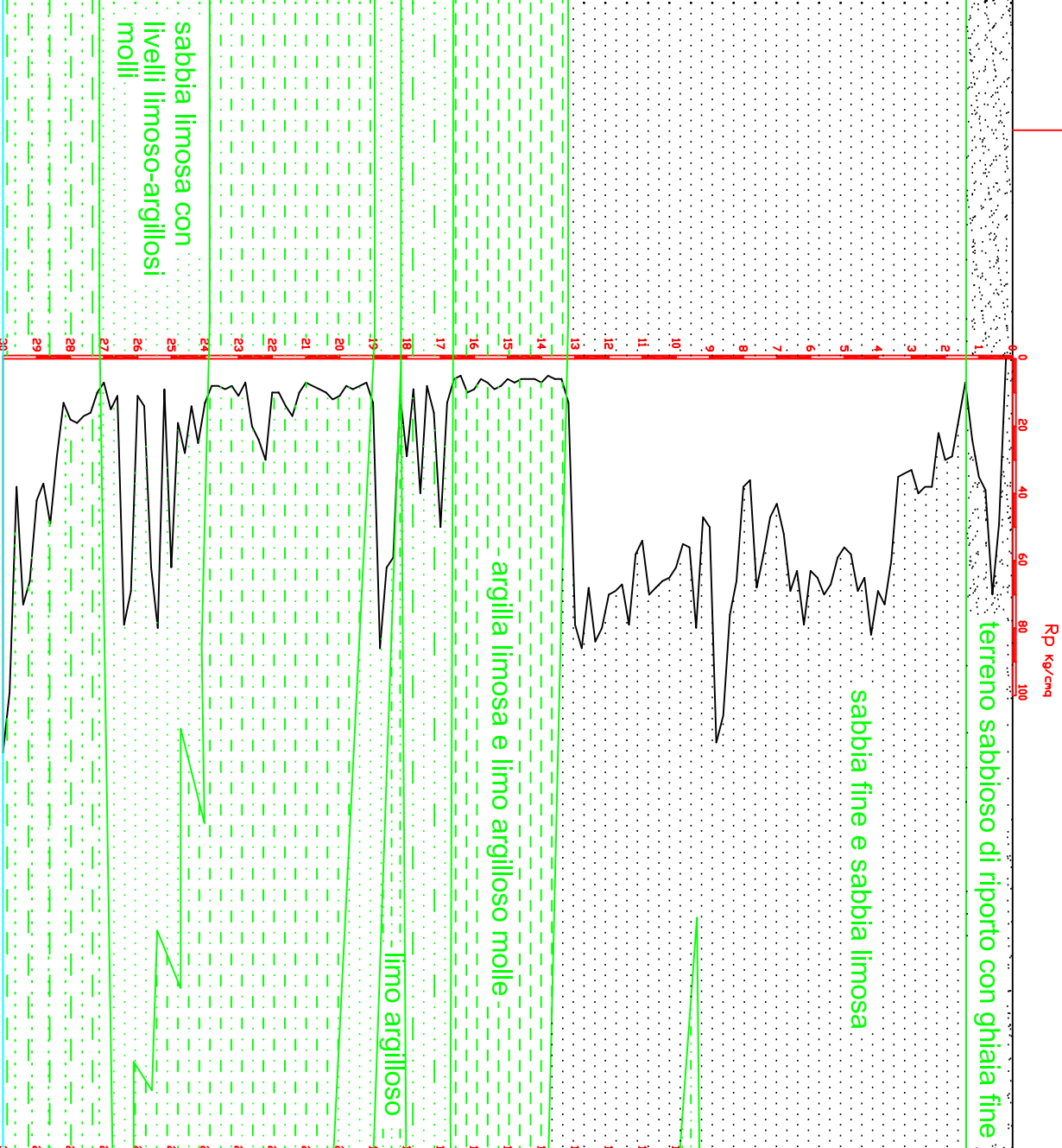
Sezione stratigrafica n.1

Scala distanze 1/1000

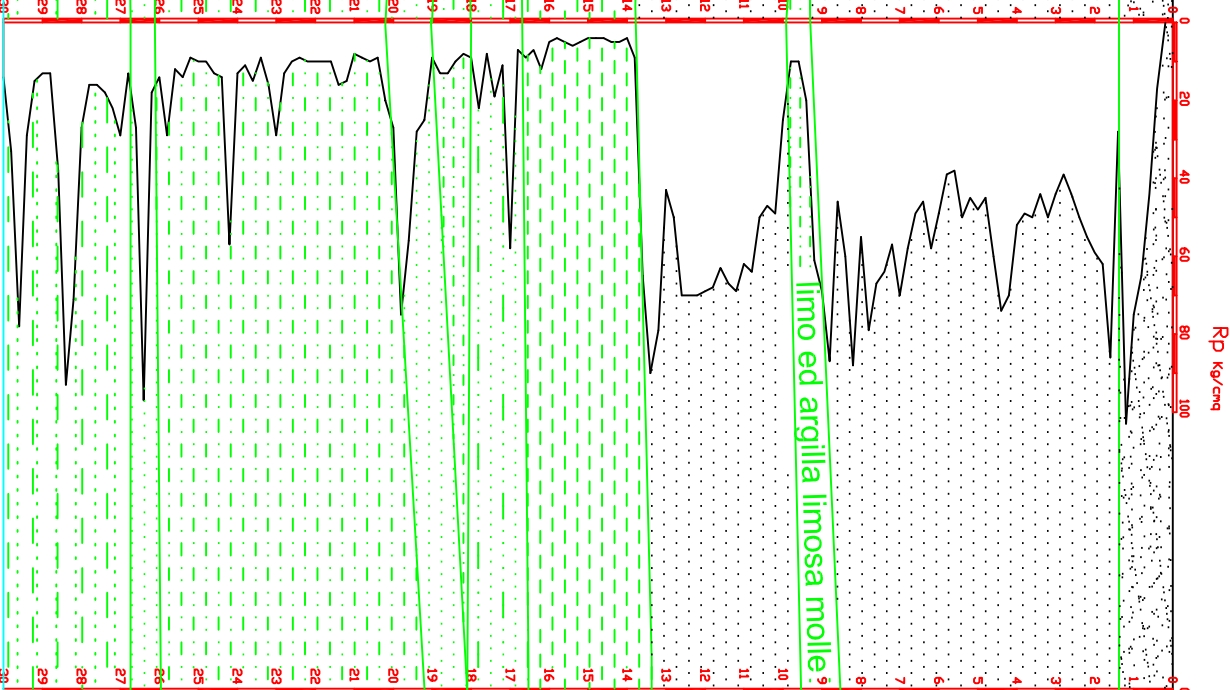
Scala altezze 1/200

Comparto B

CPT.1/12B



CPT.2/12B



CPT.3/12B

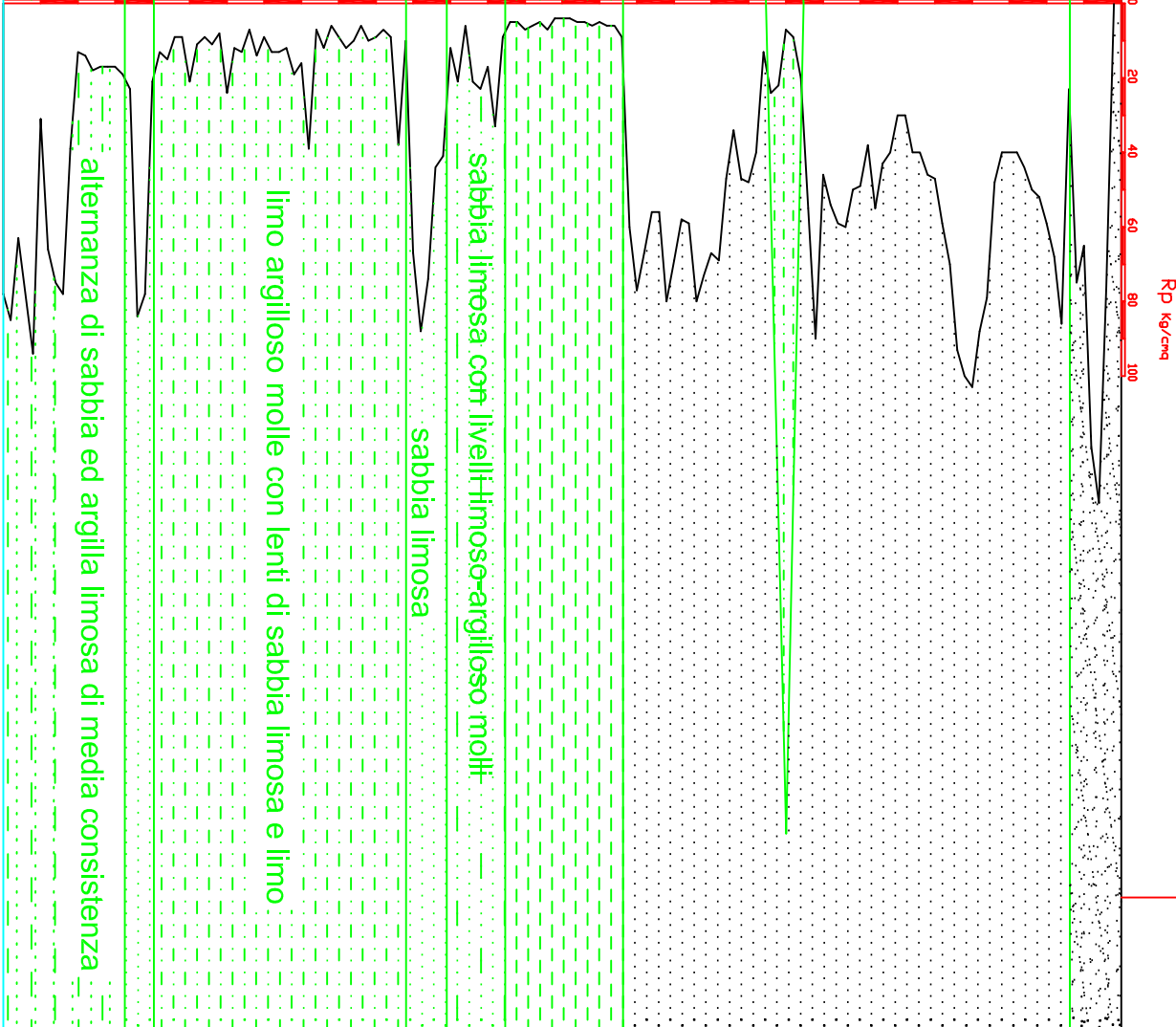




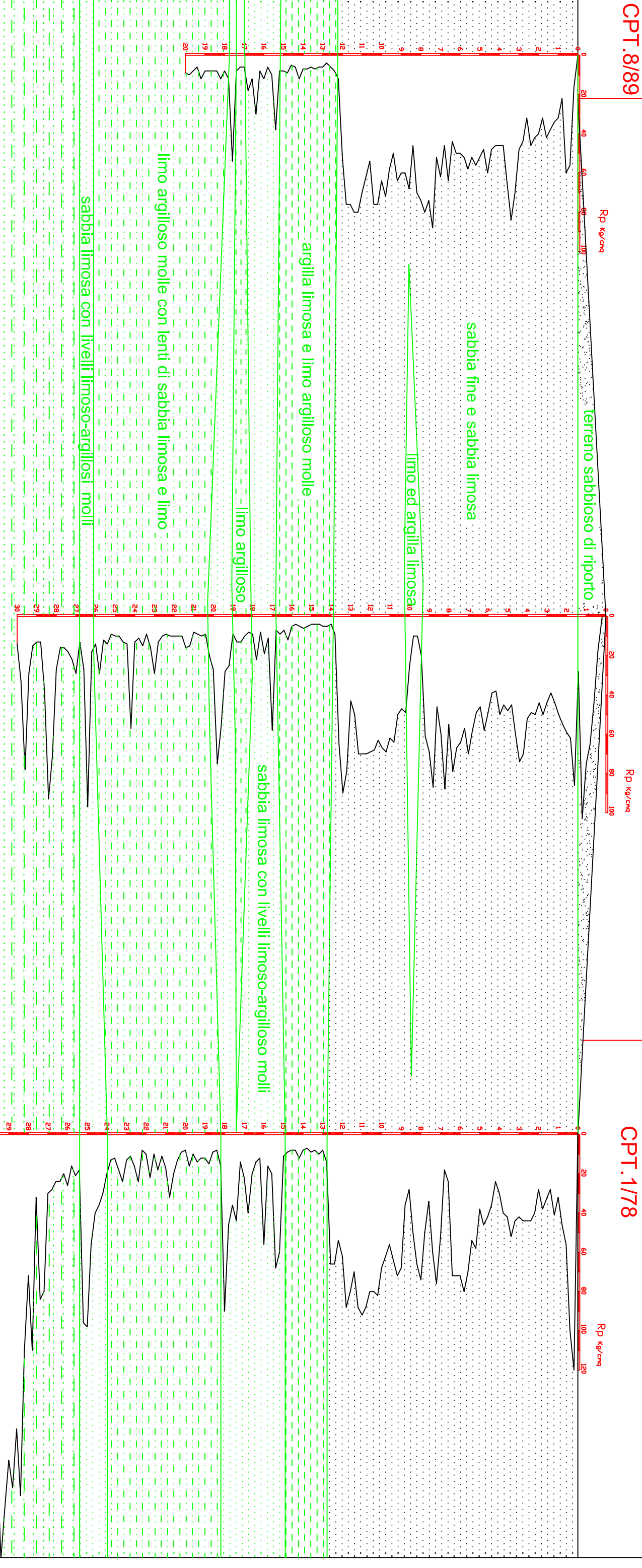
Tavola V-2

Sezione stratigrafica n.2

Scala distanze 1/1000

Scala altezze 1/200

Comparto B



alternanza di sabbia ed argilla limosa di media consistenza

CPT.8/89

CPT.3/12B

CPT.1/78

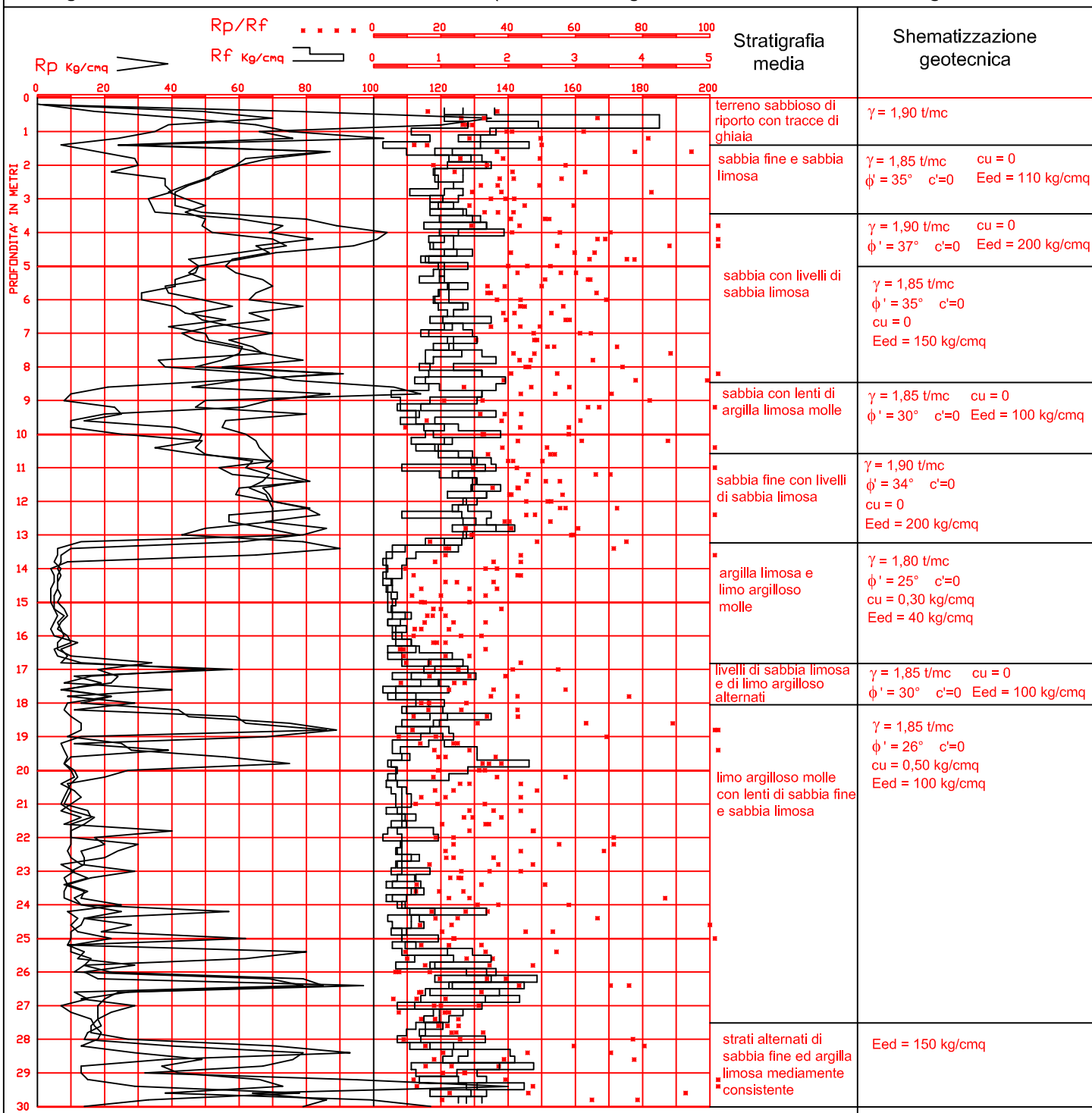
Committente Studio Luoghi della Citta'  
Lavoro PONTICELLE - Comparto B  
Localita' Ravenna  
Attrezzatura Pagani 20 t.

Data 06/09/12

QUOTA : p.c.  
LIV. ACQUA : 1.00

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

Diagramma cumulativo delle CPT.1/12B-2/12B-3(12B con stratigrafia media e schematizzazione geotecnica



$\gamma$  = densità naturale

$c_u = s_u$  = coesione non drenata o resistenza iniziale al taglio

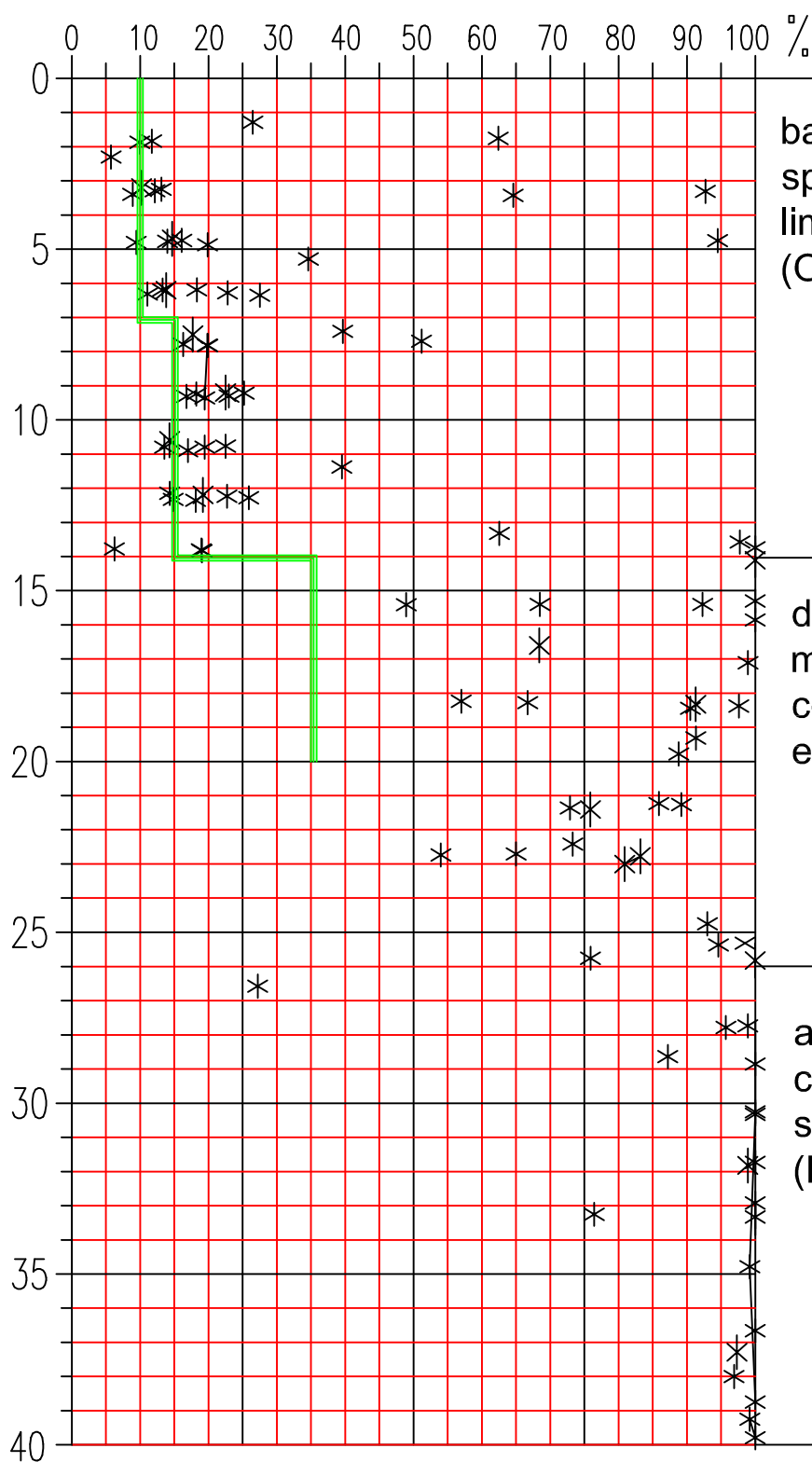
$\phi' = e$   $c' =$  angolo di attrito e coesione in condizioni drenate

$E_{ed}$  = modulo edometrico

## Ravenna - Area ex Enichem e Ponticelle

Diagramma cumulativo dei valori di passante al setaccio n.200 (FC)  
rilevati su campioni prelevati nei sondaggi disponibili

\* \* \* Passante al 200 (mm 0,075) - FC



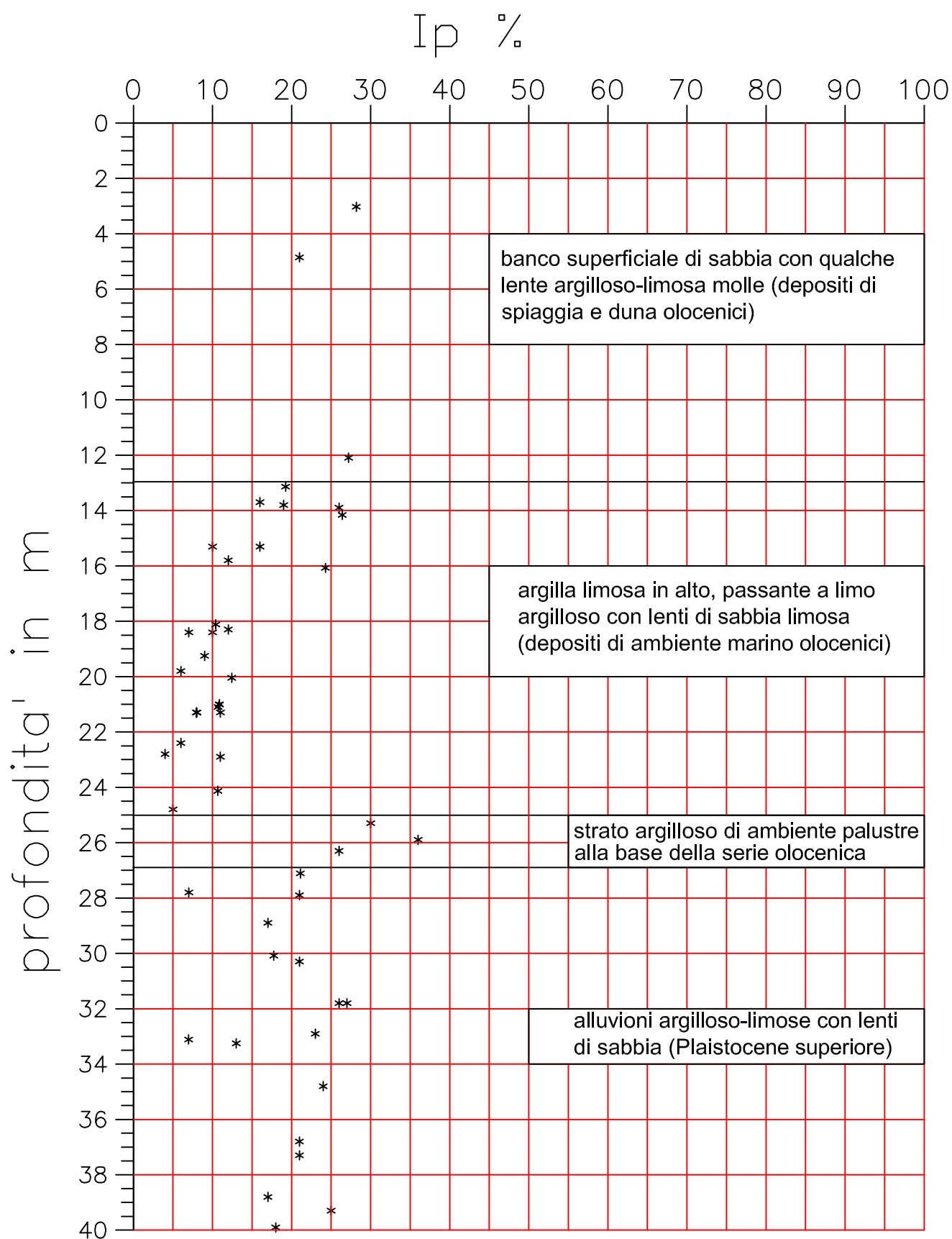
banco di sabbia di  
spiaggia e duna con lenti  
limoso-argillose  
(Olocene)

depositi di ambiente  
marino argilloso-limosi  
con lenti di sabbia limosa  
e limo (Olocene)

alluvioni argilloso-limose  
con lenti di sabbia fine e  
sabbia limosa  
(Pleistocene)

———— schematizzazione di FC assunta per le verifiche del potenziale di liquefazione

Indice di Plasticità idegli strati argilloso-limosi rilevato  
nei campioni dei sondaggi eseguiti nel 2010 nelle  
isole 13-15-26 e Banchina Petroli (analisi ISMGEO)



**Lavoro: Ponticelle - Comparto B****Riferimento: CPT. 1/12B****CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu**Sabbie:  $Vs(m/sec) = 5,14 \times Nspt + 103$ Argille:  $Vs(m/sec) = 100 \text{ cu}(kg/cm^2) + 110$  con  $cu > 0,7 kg/cm^2$  altrimenti  $Vs(m/sec) = 157 \text{ cu}(kg/cm^2) + 70$ 

Strato		Tipo C o l	Rp o qc kg/cmq	Nspt	cu kg/cmq	H m	Vs m/sec	H/Vs
n.	da m							
1	0.00	1.40	I	70	18	---	1.40	193
2	1.40	2.20	I	30	8	---	0.80	142
3	2.20	3.40	I	35	9	---	1.20	148
4	3.40	6.80	I	65	16	---	3.40	187
5	6.80	7.20	I	44	11	---	0.40	160
6	7.20	7.80	I	68	17	---	0.60	190
7	7.80	8.00	I	48	12	---	0.20	165
8	8.00	9.00	I	114	29	---	1.00	249
9	9.00	10.00	I	55	14	---	1.00	174
10	10.00	11.00	I	65	16	---	1.00	187
11	11.00	13.00	I	75	19	---	2.00	199
12	13.00	16.80	C	7	---	0.37	3.80	129
13	16.80	17.20	I	50	13	---	0.40	167
14	17.20	17.50	C	8	---	0.43	0.30	137
15	17.50	17.80	I	40	10	---	0.30	154
16	17.80	18.20	I	30	8	---	0.40	142
17	18.20	19.00	I	86	22	---	0.80	214
18	19.00	22.00	C	10	---	0.54	3.00	155
19	22.00	22.80	I	30	8	---	0.80	142
20	22.80	24.00	C	8	---	0.39	1.20	131
21	24.00	25.20	I	40	10	---	1.20	154
22	25.20	25.80	I	80	20	---	0.60	206
23	25.80	26.10	C	11	---	0.58	0.30	161
24	26.10	26.60	I	80	20	---	0.50	206
25	26.60	27.20	C	10	---	0.50	0.60	149
26	27.20	28.20	C	18	---	1.03	1.00	213
27	28.20	29.00	I	40	10	---	0.80	154
28	29.00	29.60	I	74	19	---	0.60	198
29	29.60	30.00	I	120	30	---	0.40	257
30								
31								
32								

**Sommano 335 3.85 30.00 0.174**Si assume: Nspt =  $Rp(kg/cm^2)/4$  cu =  $(Rp - P'vo)/15$ **Vs30 = 172 m/sec****Vs30 =  $\Sigma H / \Sigma (H/Vs)$** 

I=terreno incoerente

C=terreno coesivo

Il terreno è liquefacibile?(s/n):

**n**

Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):

**n**Vi sono più di 8 m di terreno coesivo con  $Vs < 100$  m/s o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso? (s/n)**n****Categoria terreno di fondazione: ----> D**

Note:

Vs>800:	A	Si assume : $Nspt = Rp (kg/cm^2)/4$ e $cu = (Rp - P'vo)/15$ Note Non sono presenti argille di elevata sensibilità con possibilità di fenomeni di collasso.
360<Vs<800:	B	
180<Vs<360:	C	
Vs<180:	D	
Liquefazione:	S2	
8 m con $cu < 0,2 kg/cm^2$ :	S1	
substrato fra 3 e 20 m:	E	

Lavoro: Ponticelle - Comparto B

Riferimento: CPT. 1/12B

**CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt dedotto dalla qc**Sabbie:  $Vs(m/sec) = 87,8 \times Nspt^{0,292}$  Imai et al. (1982)Argille:  $Vs(m/sec) = 71,5 \times Nspt^{0,535}$  Crespellani et al. (1989)

Strato			Tipo	Rp o qc	Nspt	H	Vs	H/Vs
n.	da m	a m	C o I	kg/cmq		m	m/sec	
1	0.00	1.40	I	70	18	1.40	203	
2	1.40	2.20	I	30	8	0.80	158	0.005
3	2.20	3.40	I	35	9	1.20	165	0.007
4	3.40	6.80	I	65	16	3.40	198	0.017
5	6.80	7.20	I	44	11	0.40	177	0.002
6	7.20	7.80	I	68	17	0.60	201	0.003
7	7.80	8.00	I	48	12	0.20	181	0.001
8	8.00	9.00	I	114	29	1.00	234	0.004
9	9.00	10.00	I	55	14	1.00	189	0.005
10	10.00	11.00	I	65	16	1.00	198	0.005
11	11.00	13.00	I	75	19	2.00	207	0.010
12	13.00	16.80	C	7	4	3.80	140	0.027
13	16.80	17.20	I	50	13	0.40	184	0.002
14	17.20	17.50	C	8	4	0.30	150	0.002
15	17.50	17.80	I	40	10	0.30	172	0.002
16	17.80	18.20	I	30	8	0.40	158	0.003
17	18.20	19.00	I	86	22	0.80	215	0.004
18	19.00	22.00	C	10	5	3.00	169	0.018
19	22.00	22.80	I	30	8	0.80	158	0.005
20	22.80	24.00	C	8	4	1.20	150	0.008
21	24.00	25.20	I	40	10	1.20	172	0.007
22	25.20	25.80	I	80	20	0.60	211	0.003
23	25.80	26.10	C	11	6	0.30	178	0.002
24	26.10	26.60	I	80	20	0.50	211	0.002
25	26.60	27.20	C	10	5	0.60	169	0.004
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
						27.20		0.148

Si assume:  $Nspt = Rp(kg/cmq)/4$  nelle sabbie ed  $Nspt = Rp(kg/cmq)/2$  nelle argille

<b>Vs30 = 184 m/sec</b>	<b>Vs30 = <math>\Sigma H / \Sigma (H/Vs)</math></b>	I=terreno incoerente
		C=terreno coesivo
Il terreno è liquefacibile?(s/n):	<b>n</b>	
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):	<b>n</b>	
Vi sono più di 8 m di terreno argilloso $cu < 0,20$ kg/cmq ( $Vs < 100$ m/s) o 3 m di torba? (s/n)	<b>n</b>	

**Categoria terreno di fondazione: -----> C**

Vs>800:	A	Note Si assume $Nspt = qc/4$ nelle sabbie; $Nspt = qc/2$ nelle argille qc in kg/cmq
360<Vs<800:	B	
180<Vs<360:	C	
Vs<180:	D	
Liquefazione:	S2	
8 m di argilla con $cu < 0,2$ kg/cmq	S1	
substrato fra 3 e 20 m:	E	

**Lavoro: Ponticelle - Comparto B****Riferimento: CPT. 2/12B****CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu**Sabbie:  $Vs(m/sec) = 5,14 \times Nspt + 103$ Argille:  $Vs(m/sec) = 100 \text{ cu}(kg/cm^2) + 110$  con  $cu > 0,7 kg/cm^2$  altrimenti  $Vs(m/sec) = 157 \text{ cu}(kg/cm^2) + 70$ 

n.	Strato da m	a m	Tipo C o I	Rp o qc kg/cm <sup>2</sup>	Nspt	cu kg/cm <sup>2</sup>	H m	Vs m/sec	H/Vs
1	0.00	1.40	I	104	26	---	1.40	237	
2	1.40	1.80	I	86	22	---	0.40	214	0.002
3	1.80	4.00	I	50	13	---	2.20	167	0.013
4	4.00	4.80	I	73	18	---	0.80	197	0.004
5	4.80	6.60	I	45	11	---	1.80	161	0.011
6	6.60	9.40	I	75	19	---	2.80	199	0.014
7	9.40	9.90	C	10	---	0.60	0.50	165	0.003
8	9.90	10.60	I	48	12	---	0.70	165	0.004
9	10.60	12.80	I	65	16	---	2.20	187	0.012
10	12.80	13.10	I	43	11	---	0.30	158	0.002
11	13.10	13.80	I	90	23	---	0.70	219	0.003
12	13.80	16.00	C	6	---	0.31	2.20	118	0.019
13	16.00	16.80	C	8	---	0.43	0.80	138	0.006
14	16.80	17.20	I	58	15	---	0.40	178	0.002
15	17.20	19.00	C	12	---	0.69	1.80	178	0.010
16	19.00	20.20	I	75	19	---	1.20	199	0.006
17	20.20	24.00	C	11	---	0.60	3.80	164	0.023
18	24.00	24.40	I	58	15	---	0.40	178	0.002
19	24.40	26.20	C	12	---	0.65	1.80	172	0.010
20	26.20	26.80	I	98	25	---	0.60	229	0.003
21	26.80	28.00	C	16	---	0.90	1.20	200	0.006
22	28.00	28.80	I	92	23	---	0.80	221	0.004
23	28.80	29.20	C	13	---	0.69	0.40	179	0.002
24	29.20	30.00	I	78	20	---	0.80	203	0.004
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

**Sommano**      **285**      **4.87**      **30.00**      **0.166**Si assume:       $Nspt = Rp(kg/cm^2)/4$        $cu = (Rp - P'vo)/15$ **Vs30 = 181 m/sec****Vs30 =  $\Sigma H / \Sigma (H/Vs)$** 

I=terreno incoerente

C=terreno coesivo

Il terreno è liquefacibile?(s/n):

**n**

Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):

**n**Vi sono più di 8 m di terreno coesivo con  $Vs < 100$  m/s o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso? (s/n)**n****Categoria terreno di fondazione:**

----&gt;

**C**

Note:

$Vs > 800$ :	A	Si assume : $Nspt = Rp (kg/cm^2)/4$ e $cu = (Rp - P'vo)/15$ Note Non sono presenti argille di elevata sensibilità con possibilità di fenomeni di collasso.
$360 < Vs < 800$ :	B	
$180 < Vs < 360$ :	C	
$Vs < 180$ :	D	
Liquefazione:	S2	
8 m con $cu < 0,2 kg/cm^2$ :	S1	
substrato fra 3 e 20 m:	E	

Lavoro: Ponticelle - Comparto B

Riferimento: CPT. 2/12B

**CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt dedotto dalla qc**Sabbie:  $Vs(m/sec) = 87,8 \times Nspt^{0,292}$  Imai et al. (1982)Argille:  $Vs(m/sec) = 71,5 \times Nspt^{0,535}$  Crespellani et al. (1989)

Strato			Tipo	Rp o qc	Nspt	H	Vs	H/Vs
n.	da m	a m	C o I	kg/cmq		m	m/sec	
1	0.00	1.40	I	104	26	1.40	227	
2	1.40	1.80	I	86	22	0.40	215	0.002
3	1.80	4.00	I	50	13	2.20	184	0.012
4	4.00	4.80	I	73	18	0.80	205	0.004
5	4.80	6.60	I	45	11	1.80	178	0.010
6	6.60	9.40	I	75	19	2.80	207	0.014
7	9.40	9.90	C	10	5	0.50	169	0.003
8	9.90	10.60	I	48	12	0.70	181	0.004
9	10.60	12.80	I	65	16	2.20	198	0.011
10	12.80	13.10	I	43	11	0.30	176	0.002
11	13.10	13.80	I	90	23	0.70	218	0.003
12	13.80	16.00	C	6	3	2.20	129	0.017
13	16.00	16.80	C	8	4	0.80	150	0.005
14	16.80	17.20	I	58	15	0.40	192	0.002
15	17.20	19.00	C	12	6	1.80	186	0.010
16	19.00	20.20	I	75	19	1.20	207	0.006
17	20.20	24.00	C	11	6	3.80	178	0.021
18	24.00	24.40	I	58	15	0.40	192	0.002
19	24.40	26.20	C	12	6	1.80	186	0.010
20	26.20	26.80	I	98	25	0.60	223	0.003
21	26.80	28.00	C	16	8	1.20	217	0.006
22	28.00	28.80	I	92	23	0.80	219	0.004
23	28.80	29.20	C	13	7	0.40	195	0.002
24	29.20	30.00	I	78	20	0.80	209	0.004
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
						<b>30.00</b>		<b>0.155</b>

Si assume:  $Nspt = Rp(kg/cmq)/4$  nelle sabbie ed  $Nspt = Rp(kg/cmq)/2$  nelle argille

<b>Vs30 = 194 m/sec</b>	<b>Vs30 = <math>\Sigma H / \Sigma (H/Vs)</math></b>	I=terreno incoerente
		C=terreno coesivo
Il terreno è liquefacibile?(s/n):	<b>n</b>	
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):	<b>n</b>	
Vi sono più di 8 m di terreno argilloso $cu < 0,20$ kg/cmq ( $Vs < 100$ m/s) o 3 m di torba? (s/n)	<b>n</b>	

**Categoria terreno di fondazione: -----> C**

Vs>800:	A	Note Si assume $Nspt = qc/4$ nelle sabbie; $Nspt = qc/2$ nelle argille qc in kg/cmq
360<Vs<800:	B	
180<Vs<360:	C	
Vs<180:	D	
Liquefazione:	S2	
8 m di argilla con $cu < 0,2$ kg/cmq	S1	
substrato fra 3 e 20 m:	E	



**Lavoro: Ponticelle - Comparto B****Riferimento: CPT. 3/12B****CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt e cu**Sabbie:  $Vs(m/sec) = 5,14 \times Nspt + 103$ Argille:  $Vs(m/sec) = 100 \text{ cu}(kg/cm^2) + 110$  con  $cu > 0,7 kg/cm^2$  altrimenti  $Vs(m/sec) = 157 \text{ cu}(kg/cm^2) + 70$ 

n.	Strato da m	a m	Tipo C o I	Rp o qc kg/cm <sup>2</sup>	Nspt	cu kg/cm <sup>2</sup>	H m	Vs m/sec	H/Vs
1	0.00	1.00	I	134	34	---	1.00	275	
2	1.00	1.40	I	76	19	---	0.40	201	0.002
3	1.40	2.00	I	87	22	---	0.60	215	0.003
4	2.00	2.80	I	50	13	---	0.80	167	0.005
5	2.80	3.20	I	40	10	---	0.40	154	0.003
6	3.20	5.00	I	102	26	---	1.80	234	0.008
7	5.00	5.60	I	40	10	---	0.60	154	0.004
8	5.60	6.00	C	30	---	1.96	0.40	306	0.001
9	6.00	6.80	I	55	14	---	0.80	174	0.005
10	6.80	8.00	I	60	15	---	1.20	180	0.007
11	8.00	8.60	I	90	23	---	0.60	219	0.003
12	8.60	9.10	C	8	---	0.48	0.50	145	0.003
13	9.10	9.60	I	24	6	---	0.50	134	0.004
14	9.60	10.40	I	48	12	---	0.80	165	0.005
15	10.40	13.40	I	80	20	---	3.00	206	0.015
16	13.40	16.60	C	6	---	0.31	3.20	118	0.027
17	16.60	18.00	I	22	6	---	1.40	131	0.011
18	18.00	19.20	I	88	22	---	1.20	216	0.006
19	19.20	19.60	I	38	10	---	0.40	152	0.003
20	19.60	21.60	C	10	---	0.54	2.00	155	0.013
21	21.60	22.00	I	39	10	---	0.40	153	0.003
22	22.00	26.00	C	12	---	0.66	4.00	173	0.023
23	26.00	26.60	I	84	21	---	0.60	211	0.003
24	26.60	28.00	C	18	---	1.04	1.40	214	0.007
25	28.00	29.00	I	78	20	---	1.00	203	0.005
26	29.00	29.60	I	139	35	---	0.60	282	0.002
27	29.60	30.00	I	85	21	---	0.40	212	0.002
28									
29									
30									
31									
32									

**Sommano**      **365**      **4.98**      **30.00**      **0.168**Si assume:       $Nspt = Rp(kg/cm^2)/4$        $cu = (Rp - P'vo)/15$ **Vs30 = 178 m/sec****Vs30 =  $\Sigma H / \Sigma (H/Vs)$** 

I=terreno incoerente

C=terreno coesivo

Il terreno è liquefacibile?(s/n):

**n**

Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):

**n**Vi sono più di 8 m di terreno coesivo con  $Vs < 100$  m/s o più di 3 m di torba o terreno altamente torboso? (s/n)**n****Categoria terreno di fondazione:**

----&gt;

**D**

Note:

$Vs > 800$ :	A	Si assume : $Nspt = Rp (kg/cm^2)/4$ e $cu = (Rp - P'vo)/15$ Note Non sono presenti argille di elevata sensibilità con possibilità di fenomeni di collasso.
$360 < Vs < 800$ :	B	
$180 < Vs < 360$ :	C	
$Vs < 180$ :	D	
Liquefazione:	S2	
8 m con $cu < 0,2 kg/cm^2$ :	S1	
substrato fra 3 e 20 m:	E	

Lavoro: Ponticelle - Comparto B

Riferimento: CPT. 3/12B

**CALCOLO DEL Vs30 sulla base di Nspt dedotto dalla qc**Sabbie:  $Vs(m/sec) = 87,8 \times Nspt^{0,292}$  Imai et al. (1982)Argille:  $Vs(m/sec) = 71,5 \times Nspt^{0,535}$  Crespellani et al. (1989)

Strato			Tipo	Rp o qc	Nspt	H	Vs	H/Vs
n.	da m	a m	C o I	kg/cmq		m	m/sec	
1	0.00	1.00	I	134	34	1.00	245	
2	1.00	1.40	I	76	19	0.40	207	0.002
3	1.40	2.00	I	87	22	0.60	216	0.003
4	2.00	2.80	I	50	13	0.80	184	0.004
5	2.80	3.20	I	40	10	0.40	172	0.002
6	3.20	5.00	I	102	26	1.80	226	0.008
7	5.00	5.60	I	40	10	0.60	172	0.003
8	5.60	6.00	C	30	15	0.40	304	0.001
9	6.00	6.80	I	55	14	0.80	189	0.004
10	6.80	8.00	I	60	15	1.20	194	0.006
11	8.00	8.60	I	90	23	0.60	218	0.003
12	8.60	9.10	C	8	4	0.50	150	0.003
13	9.10	9.60	I	24	6	0.50	148	0.003
14	9.60	10.40	I	48	12	0.80	181	0.004
15	10.40	13.40	I	80	20	3.00	211	0.014
16	13.40	16.60	C	6	3	3.20	129	0.025
17	16.60	18.00	I	22	6	1.40	144	0.010
18	18.00	19.20	I	88	22	1.20	217	0.006
19	19.20	19.60	I	38	10	0.40	169	0.002
20	19.60	21.60	C	10	5	2.00	169	0.012
21	21.60	22.00	I	39	10	0.40	171	0.002
22	22.00	26.00	C	12	6	4.00	186	0.021
23	26.00	26.60	I	84	21	0.60	214	0.003
24	26.60	28.00	C	18	9	1.40	232	0.006
25	28.00	29.00	I	78	20	1.00	209	0.005
26	29.00	29.60	I	139	35	0.60	247	0.002
27	29.60	30.00	I	85	21	0.40	214	0.002
28								
29								
30								
31								
32								
						<b>30.00</b>		<b>0.159</b>

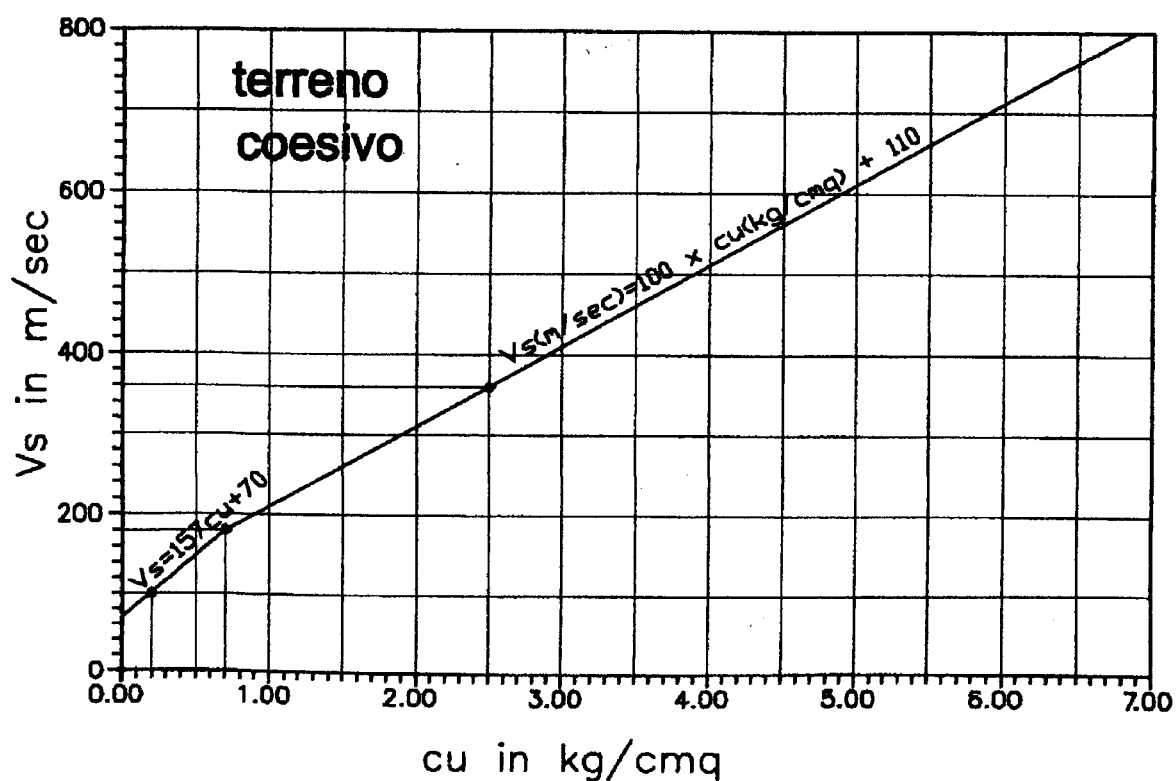
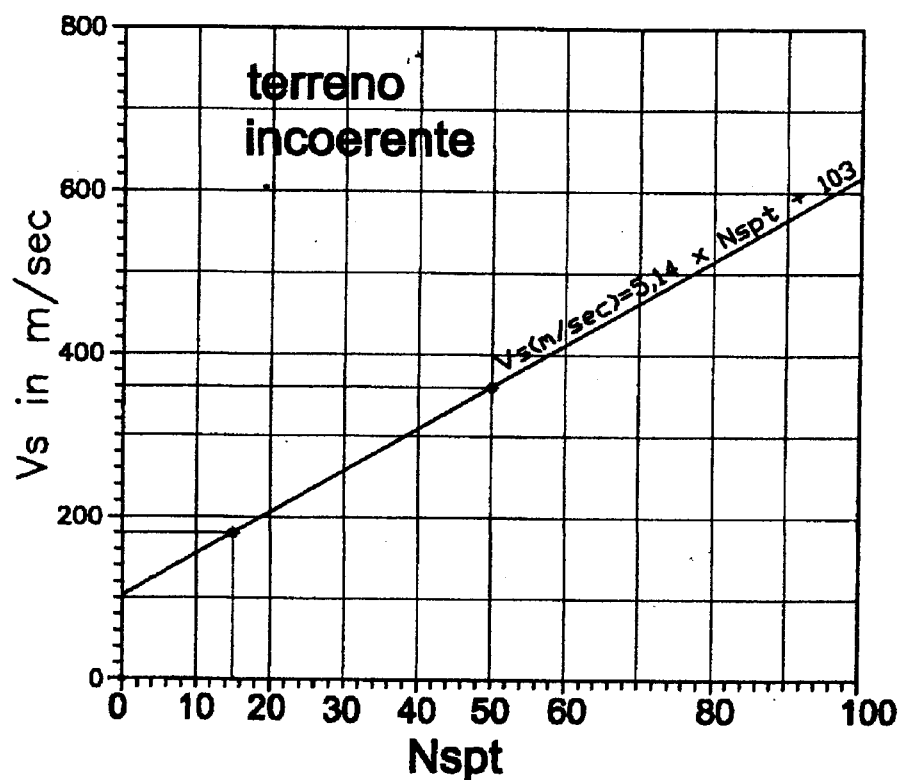
Si assume:  $Nspt = Rp(kg/cmq)/4$  nelle sabbie ed  $Nspt = Rp(kg/cmq)/2$  nelle argille

<b>Vs30 = 189 m/sec</b>	<b>Vs30 = <math>\Sigma H / \Sigma (H/Vs)</math></b>	I=terreno incoerente
		C=terreno coesivo
Il terreno è liquefacibile?(s/n):	<b>n</b>	
Il substrato è fra 3 e 20 m di profondità? (s/n):	<b>n</b>	
Vi sono più di 8 m di terreno argilloso $cu < 0,20$ kg/cmq ( $Vs < 100$ m/s) o 3 m di torba? (s/n)	<b>n</b>	

**Categoria terreno di fondazione: -----> C**

Vs>800:	A	Note Si assume $Nspt = qc/4$ nelle sabbie; $Nspt = qc/2$ nelle argille qc in kg/cmq
360<Vs<800:	B	
180<Vs<360:	C	
Vs<180:	D	
Liquefazione:	S2	
8 m di argilla con $cu < 0,2$ kg/cmq	S1	
substrato fra 3 e 20 m:	E	

## Correlazione fra $c_u$ ed $N_{spt}$ e $V_s$ dedotta dalla nuova normativa



# EdiLus-MS

## Mappe Sismiche



**EdiLus-MS** è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "via M. Ganculli, 114 MONTELLA"

via Balona, Ravenna

Cerca



44.45804496, 12.24906921

[Termini e Condizioni di utilizzo di EdiLus-MS](#)

<http://www.acca.it/edilus-ms/>

Latitudine 44.45712601 Longitudine 12.22546577  
 Classe dell'edificio II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti....  
 Vita Nominale Struttura ..... 50  
 Periodo di Riferimento per l'azione sismica ..... 50

### Parametri di pericolosità Sismica

"Stato Limite"	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T^*_c$ [s]
Operatività	30	0.044	2.486	0.260
Danno	50	0.055	2.490	0.280
Salvaguardia Vita	475	0.151	2.576	0.280
Prevenzione Collasso	975	0.200	2.523	0.280

## TAVOLA IX

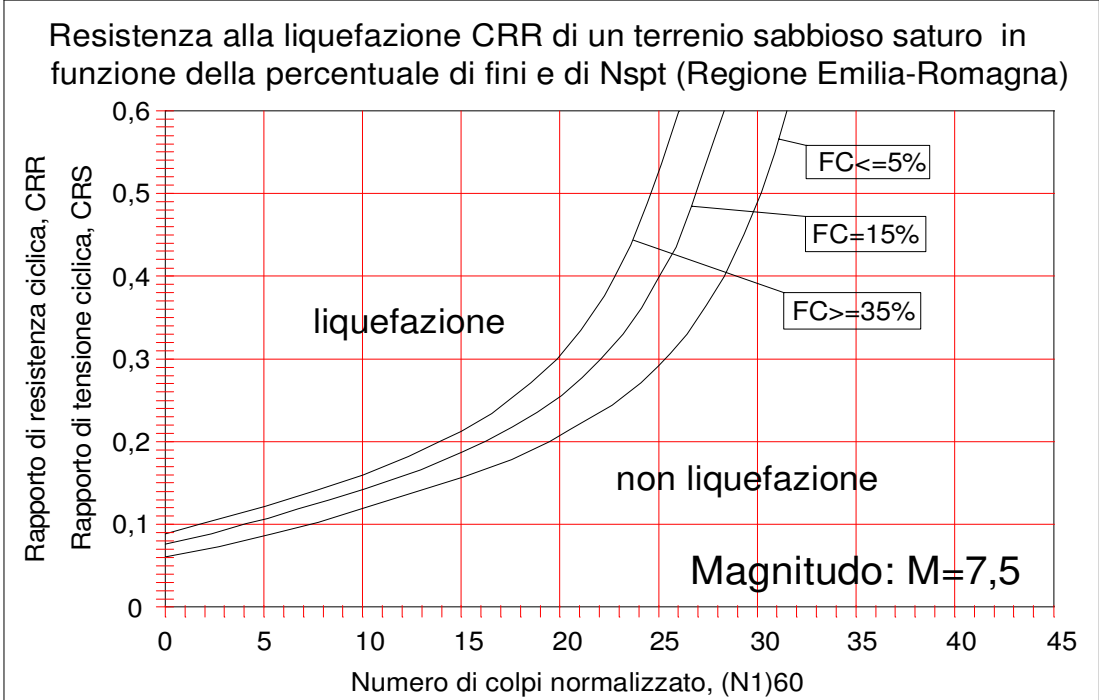


**ACCA software S.p.A.**  
 Il software per l'edilizia  
 Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35  
 P.IVA 01883740647 - E-mail: info@acca.it

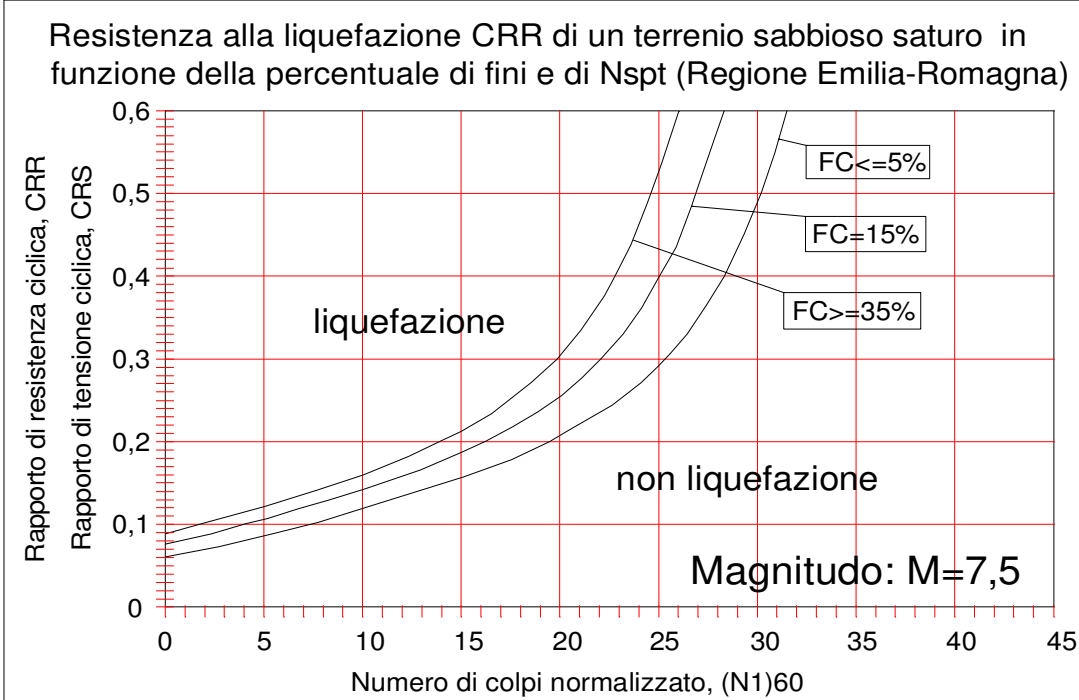


Studio Geologia Tecnica dr. Angelo Angeli - Cesena							
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA							
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA							
Località: <b>RAVENNA - Ponticelle - Comparto B</b>							
Dati:	a/g =	<b>0.151</b>	Fo	<b>2.576</b>	Categoria	<b>D</b>	
Stato	Limite	<b>di Salvaguardia della Vita</b>					
Categoria	Formule			Valori	Classe di Edificio		
sottosuolo	Ss =			Ss	<b>II</b>		
A	1.00			<b>1.000</b>			
B	$1,00 \leq 1,41 - 0,40 F_o \times a/g \leq 1,20$			<b>1.200</b>			
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_o \times a/g \leq 1,50$			<b>1.467</b>			
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_o \times a/g \leq 1,80$			<b>1.800</b>	valore da usare		
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_o \times a/g \leq 1,60$			<b>1.572</b>			
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA							
Caratteristiche superficie topografica							
T1	pianeggiante con inclinazione media $i \leq 15^\circ$						
T2	Pendio con $i > 15^\circ$						
T3	Rilievo con larghezza in cresta < della base e con $15^\circ < i < 30^\circ$						
T4	Rilievo con larghezza in cresta molto < della base ed $i > 30^\circ$						
Categoria							
topogr.						St	
T1	---					1.00	
T2	Alla sommità del pendio					1.20	
T3	In corrispondenza della cresta del pendio					1.20	
T4	In corrispondenza della cresta del pendio					1.40	
Riferimenti: NTC-2008 D.M. 14/01/2008							
arif/g =	<b>0.151</b>	Ss =	<b>1.800</b>	St =	<b>1.00</b>	S=Ss x St =	<b>1.800</b>
<b>amax = arif x Ss x St =</b>		<b>0.272</b>		<b>g</b>			
<b>Kh = amax/g =</b>		<b>0.272</b>		<b>(fondazioni)</b>			
<b>Coefficienti riduttivi sismici: <math>\beta_m</math> (opere di sostegno)</b>							
accelerazioni		Categorie Sottosuolo					
ag		A	B, C, D, E				
		$\beta_m$	$\beta_m$				
$0,2g < ag \leq 0,4g$		0.31	0.31	<b>valore da usare =</b>		<b>0.24</b>	
$0,1g < ag \leq 0,2g$		0.29	0.24				
$ag \leq 0,1g$		0.20	0.18				
<b>Kh = <math>\beta_m \times St \times Ss \times a/g</math> =</b>		<b>0.065</b>		<b>g</b>		<b>Kv = 0,50 Kh = 0.033 g</b>	
<b>Coefficienti riduttivi sismici: <math>\beta_s</math> (verifiche di stabilità delle scarpate)</b>							
accelerazioni		Categorie Sottosuolo		pendenza versante (gradi):		<b>0</b>	
ag		A	B, C, D, E				
		$\beta_s$	$\beta_s$				
$0,2g < ag \leq 0,4g$		0.30	0.28	<b>valore da usare =</b>		<b>0.24</b>	
$0,1g < ag \leq 0,2g$		0.27	0.24				
$ag \leq 0,1g$		0.20	0.20				
<b>Kh = <math>\beta_s \times St \times Ss \times a/g</math> =</b>		<b>0.065</b>		<b>g</b>		<b>Kv = 0,50 Kh = 0.033 g</b>	

Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Padre Genocchi n.222																																											
Potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base dell'Nspt dedotto dalla qc																																											
Riferimenti:																																											
Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).												L'Nspt può essere calcolato dalla Rp (o qc) con la seguente relazione:  Nspt = Rp(kg/cmq)/n dove n assume i seguenti valori secondo la granulometria della sabbia: n=3 per sabbia tipo 3 (Sandy Silt) n=4 per sabbia tipo 2 (Silty Sand) n=5 per sabbia tipo 1 (Clean Sand)																															
Seed et al.,(2003),RECENT ADVANCES IN SOIL LIQUEFACTION ENGINEERING: A UNIFIED AND CONSISTENT FRAMEWORK, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar.																																											
Robertson et al., (1997), "CYCLIC LIQUEFACTION AND ITS EVALUATION BASED ON SPT AND CPT", Final Contribution to the Proc. NCEER, Workshop on Liquefaction, Salt Lake City, USA.																																											
Lavoro: RAVENNA - Ponticelle - Comparto B																																											
Prova di riferimento: CPT.1/12B																																											
Formule e definizioni																																											
FI = (CRR/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile												sv = pressione litostatica totale				Fattore di correzione MSF		Fattore di correzione per la granulometria: Δ(N1)60																									
CRR = $\tau_{ult}/\sigma'_{vo}$ = resistenza normalizzata												s'v = pressione litostatica efficace				Idriss 1997 -NCEER																											
CSR = $t_{media}/s'_{vo}=0,65x(amax/g)x(sv/s'v)x rd$ (tensione indotta dal sisma)												amax = accelerazione max. al suolo																															
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto												g = accelerazione di gravità				Magnitudo		MSF		FC<5%: D(N1)60=0																							
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica												Z = profondità dello strato				5.5		2.21		FC>=35%: D(N1)60=7.2																							
rd=exp[(-1.012-1.126sen(Z/11.73+5.133))+ (0.106+0.118sen(Z/11.28+5.142))M]												Cn = $(Pa/\sigma'v)^{0,5}$				6		1.77		5%<FC<35%: D(N1)60=0.24(FC-5)																							
Nspt=Nspt misurato												Zw = profondità della falda				6.5		1.44		FC = pasante al setaccio n.200																							
Pa = pressione atmosferica												CRR(N/14.1+(N/126)^2-(N/23.6)^3+(N/25.4)^4-2.8) N=(N1)60cs				7		1.19																									
Tipo di terreno		1. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm -FC <= 5%										FC = Frazione fine = passante al setaccion.200 ASTM (0,074 mm)																															
		2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%										Leggere CRR sul grafico scegliendo la curva in base al tipo di sabbia																															
		3. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%										Negli strati di terreno coesivo o fuori falda, mettere: Tipo di terreno = 0																															
Introduzione dei dati e calcolo di FI																																											
Magnitudo (M):		5.88		amax/g =		0.272		Zw =		1.40		m		MSF = 10^2,24/M^2,56								1.86																					
Cthin : correzione di qc per strato sottile (Seed et Al. - 2003) - Cthin=0,5(H-1,45)^2+1 con H<1,45 m e massimo 1,80																																											
Profondità		H		Coes. (C)		Tipo		γ		γ'		σv		σv'		rd		qc		Cthin		Nspt		Cn		(N1)60		FC		Δ(N1)60		(N1)60cs		CSR		CRR		FI		Liq.le?			
da m		a m		m		Incoer.(I) terreno		t/mc		t/mc		t/mq		t/mq				kg/cmq										%												(S/N)			
0.00		1.40		1.40		C		0		1.85		1.85		1.30		1.30		1.00		na		na		1.70		--		na		---		---		--		---		--					
1.40		2.20		0.80		I		2		1.85		0.85		3.33		2.93		0.98		30		1.00		8		1.70		13		10		14		0.197		0.15		1.40		NO			
2.20		3.40		1.20		I		2		1.85		0.85		5.18		3.78		0.96		35		1.00		9		1.63		14		10		15		0.233		0.16		1.28		NO			
3.40		6.80		3.40		I		2		1.85		0.85		9.44		5.74		0.91		65		1.00		16		1.32		21		10		23		0.265		0.24		1.72		NO			
6.80		7.20		0.40		I		2		1.85		0.85		12.95		7.35		0.87		44		1.00		11		1.17		13		15		2		15		0.270		0.16		1.09		NO	
7.20		7.80		0.60		I		2		1.85		0.85		13.88		7.78		0.86		68		1.00		17		1.13		19		15		2		22		0.270		0.23		1.58		NO	
7.80		8.00		0.20		I		3		1.85		0.85		14.62		8.12		0.85		38		1.00		13		1.11		14		15		2		16		0.269		0.17		1.17		NO	
8.00		9.00		1.00		I		2		1.85		0.85		15.73		8.63		0.83		114		1.00		29		1.08		31		15		2		33		0.268		0.78		5.40		NO	
9.00		9.30		0.30		I		2		1.85		0.85		16.93		9.18		0.81		48		1.00		12		1.04		13		15		2		15		0.265		0.16		1.09		NO	
9.30		10.00		0.70		I		2		1.85		0.85		17.85		9.60		0.80		56		1.00		14		1.02		14		15		2		17		0.263		0.17		1.21		NO	
10.00		11.00		1.00		I		2		1.85		0.85		19.43		10.33		0.78		65		1.00		16		0.98		16		15		2		18		0.259		0.19		1.35		NO	
11.00		11.20		0.20		I		2		1.85		0.85		20.54		10.84		0.76		56		1.00		14		0.96		13		15		2		16		0.256		0.16		1.19		NO	
11.20		13.20		2.00		I		2		1.85		0.85		22.57		11.77		0.74		70		1.00		18		0.92		16		15		2		19		0.250		0.19		1.42		NO	
13.20		16.80		3.60		C		0		1.85		0.85		27.75		14.15		0.67		na		na		na		0.84		--		na		---		---		0.232		---		--		--	
16.80		17.40		0.60		I		2		1.85		0.85		31.64		15.94		0.62		50		1.36		17		0.79		13		35		7		21		0.218		0.22		1.84		NO	
17.40		17.80		0.40		I		2		1.85		0.85		32.56		16.36		0.61		40		1.55		16		0.78		12		35		7		19		0.215		0.20		1.72		NO	
17.80		18.20		0.40		I		2		1.85		0.85		33.30		16.70		0.60		30		1.55		12		0.77		9		35		7		16		0.212		0.17		1.46		NO	
18.20		19.00		0.80		I		2		1.85		0.85		34.41		17.21		0.59		86		1.21		26		0.76		20		15		2		22		0.209		0.24		2.12		NO	
19.00		20.00		1.00		C		0		1.85		0.85		36.08		17.98		0.57		na		na		na		0.75		--		na		---		---		0.203		---		--		--	
Essendosi fatta la correzione per la frazione fine, il riferimento è alla curva di FC<=5%																																											

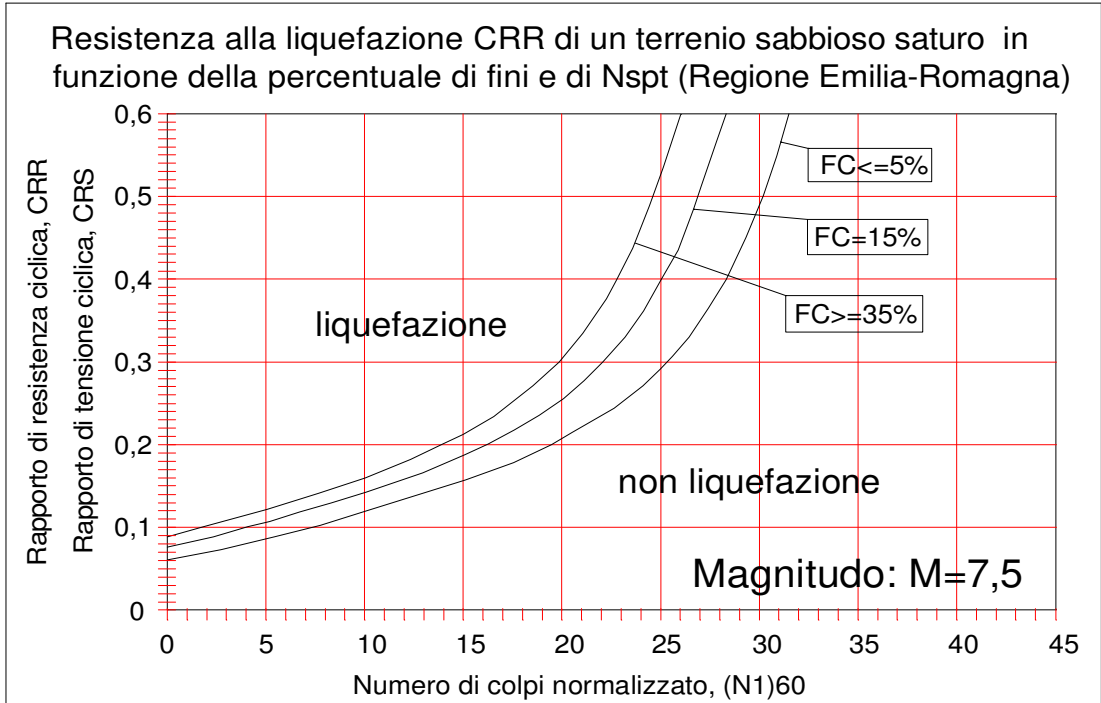


Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Padre Genocchi n.222																																											
Potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base dell'Nspt dedotto dalla qc																																											
Riferimenti:																																											
Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).												L'Nspt può essere calcolato dalla Rp (o qc) con la seguente relazione:																															
Seed et al.,(2003),RECENT ADVANCES IN SOIL LIQUEFACTION ENGINEERING: A UNIFIED AND CONSISTENT FRAMEWORK, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar.												Nspt = Rp(kg/cmq)/n																															
Robertson et al., (1997), "CYCLIC LIQUEFACTION AND ITS EVALUATION BASED ON SPT AND CPT", Final Contribution to the Proc. NCEER, Workshop on Liquefaction, Salt Lake City, USA.												dove n assume i seguenti valori secondo la granulometria della sabbia:																															
Lavoro: RAVENNA - Ponticelle - Comparto B												n=3 per sabbia tipo 3 (Sandy Silt)																															
Prova di riferimento: CPT.2/12B												n=4 per sabbia tipo 2 (Silty Sand)				n=5 per sabbia tipo 1 (Clean Sand)																											
Formule e definizioni																																											
FI = (CRR/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile												sv = pressione litostatica totale								Fattore di correzione per la granulometria: Δ(N1)60																							
CRR = $\tau_{ult}/\sigma'_{vo}$ = resistenza normalizzata												s'v = pressione litostatica efficace				Fattore di correzione MSF																											
CSR = $t_{media}/s'_{vo}=0,65x(amax/g)x(sv/s'v)x rd$ (tensione indotta dal sisma)												amax = accelerazione max. al suolo				Idriss 1997 -NCEER																											
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto												g = accelerazione di gravità				Magnitudo																											
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica												Z = profondità dello strato				MSF																											
rd=exp[(-1.012-1.126sen(Z/11.73+5.133))+(0.106+0.118sen(Z/11.28+5.142))M]												Cn = (Pa/σ'v)^0,5				5.5		2.21																									
Nspt=Nspt misurato												(N1)60 = Cn x Nspt = resistenza normalizzata				6		1.77																									
Pa = pressione atmosferica												CRR(N/14.1+(N/126)^2-(N/23.6)^3+(N/25.4)^4-2.8) N=(N1)60cs				6.5		1.44																									
																7		1.19																									
Tipo di terreno		1. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm -FC <= 5%										FC = Frazione fine = passante al setaccion.200 ASTM (0,074 mm)																															
		2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%										Leggere CRR sul grafico scegliendo la curva in base al tipo di sabbia																															
		3. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%										Negli strati di terreno coesivo o fuori falda, mettere: Tipo di terreno = 0																															
Introduzione dei dati e calcolo di FI																																											
Magnitudo (M):		5.88		amax/g =		0.272		Zw =		1.40		m		MSF = 10^2,24/M^2,56								1.86																					
Cthin : correzione di qc per strato sottile (Seed et Al. - 2003) - Cthin=0,5(H-1,45)^2+1 con H<1,45 m e massimo 1,80																																											
Profondità		H		Coes. (C)		Tipo		γ		γ'		σv		σv'		rd		qc		Cthin		Nspt		Cn		(N1)60		FC		Δ(N1)60		(N1)60cs		CSR		CRR		FI		Liq.le?			
da m		a m		m		Incoer.(I) terreno		t/mc		t/mc		t/mq		t/mq				kg/cmq										%												(S/N)			
0.00		1.40		1.40		C		0		1.85		1.85		1.30		1.30		1.00		na		na		1.70		--		na		---		---		--		---		--					
1.40		1.80		0.40		I		2		1.85		0.85		2.96		2.76		0.98		102		1.00		26		1.70		43		5		43		0.187		14.76		147.46		NO			
1.80		3.80		2.00		I		2		1.85		0.85		5.18		3.78		0.96		50		1.00		13		1.63		20		10		1		22		0.233		0.23		1.81		NO	
3.80		4.00		0.20		I		2		1.85		0.85		7.22		4.72		0.94		50		1.00		13		1.46		18		10		1		19		0.254		0.20		1.46		NO	
4.00		4.80		0.80		I		2		1.85		0.85		8.14		5.14		0.93		74		1.00		19		1.39		26		10		1		27		0.260		0.35		2.50		NO	
4.80		5.60		0.80		I		2		1.85		0.85		9.62		5.82		0.91		47		1.00		12		1.31		15		10		1		17		0.266		0.17		1.19		NO	
5.60		5.80		0.20		I		3		1.85		0.85		10.55		6.25		0.90		38		1.00		13		1.27		16		10		1		17		0.268		0.18		1.23		NO	
5.80		6.40		0.60		I		2		1.85		0.85		11.29		6.59		0.89		58		1.00		15		1.23		18		10		1		19		0.269		0.20		1.35		NO	
6.40		9.50		3.10		I		2		1.85		0.85		14.71		8.16		0.84		60		1.00		15		1.11		17		10		1		18		0.269		0.18		1.26		NO	
9.50		10.00		0.50		C		0		1.85		0.85		18.04		9.69		0.80		na		na		1.02		--		na		---		---		0.263		---		--		--			
10.00		10.60		0.60		I		2		1.85		0.85		19.06		10.16		0.78		48		1.00		12		0.99		12		15		2		14		0.260		0.15		1.08		NO	
10.60		12.80		2.20		I		2		1.85		0.85		21.65		11.35		0.75		68		1.00		17		0.94		16		15		2		18		0.253		0.19		1.39		NO	
12.80		13.10		0.30		I		3		1.85		0.85		23.96		12.41		0.72		43		1.00		14		0.90		13		15		2		15		0.245		0.16		1.21		NO	
13.10		13.80		0.70		I		2		1.85		0.85		24.88		12.83		0.71		90		1.28		29		0.88		25		15		2		28		0.242		0.38		2.92		NO	
13.80		16.80		3.00		C		0		1.85		0.85		28.31		14.41		0.66		na		na		na		0.83		--		na		---		---		0.230		---		--		--	
16.80		17.20		0.40		I		2		1.85		0.85		31.45		15.85		0.62		60		1.55		23		0.79		18		15		2		21		0.219		0.22		1.85		NO	
17.20		19.00		1.80		C		0		1.85		0.85		33.49		16.79		0.60		na		na		na		0.77		--		na		---		---		0.212		---		--		--	
19.00		20.00		1.00		I		2		1.85		0.85		36.08		17.98		0.57		76		1.10		21		0.75		15		15		2		17		0.203		0.18		1.63		NO	
Essendosi fatta la correzione per la frazione fine, il riferimento è alla curva di FC<=5%																																											

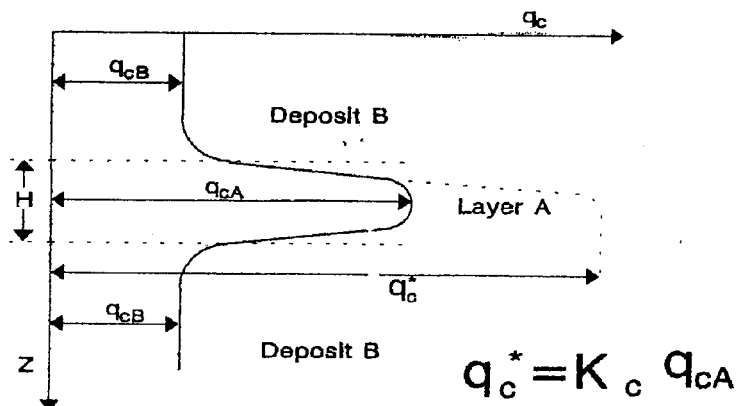
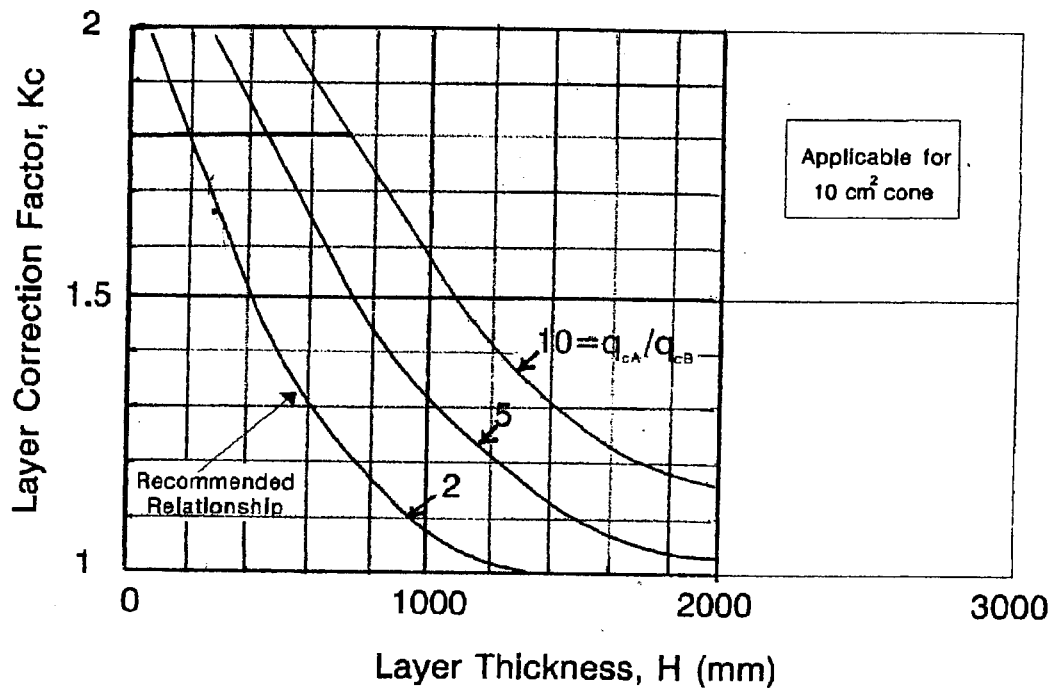


Dr. AMGELO ANGELI - geologo - Cesena, via Padre Genocchi n.222																										
Potenziale di liquefazione degli strati sabbiosi sulla base dell'Nspt dedotto dalla qc																										
Riferimenti:												L'Nspt può essere calcolato dalla Rp (o qc) con la seguente relazione:  Nspt = Rp(kg/cmq)/n dove n assume i seguenti valori secondo la granulometria della sabbia: n=3 per sabbia tipo 3 (Sandy Silt) n=4 per sabbia tipo 2 (Silty Sand) n=5 per sabbia tipo 1 (Clean Sand)														
Regione Emilia-Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", (2 maggio 2007).																										
Seed et al.,(2003),RECENT ADVANCES IN SOIL LIQUEFACTION ENGINEERING: A UNIFIED AND CONSISTENT FRAMEWORK, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar.																										
Robertson et al., (1997), "CYCLIC LIQUEFACTION AND ITS EVALUATION BASED ON SPT AND CPT", Final Contribution to the Proc. NCEER, Workshop on Liquefaction, Salt Lake City, USA.																										
Lavoro: RAVENNA - Ponticelle - Comparto B																										
Prova di riferimento: CPT.3/12B																										
Formule e definizioni																										
FI = (CRR/CSR)xMSF se FI<1 liquefazione possibile										sv = pressione litostatica totale					Fattore di correzione MSF					Fattore di correzione per la granulometria: Δ(N1)60						
CRR = τult/σ'vo = resistenza normalizzata										s'v = pressione litostatica efficace					Idriss 1997 -NCEER											
CSR = tmedia/s'vo=0,65x(amax/g)x(sv/s'v)x rd (tensione indotta dal sisma)										amax = accelerazione max. al suolo																
MSF = fattore correttivo funzione della Magnitudo del terremoto										g = accelerazione di gravità					Magnitudo		MSF		FC<5%: D(N1)60=0							
rd = fattore riduttivo dell'azione sismica										Z = profondità dello strato					5.5		2.21		FC>=35%: D(N1)60=7.2							
rd=exp[(-1.012-1.126sen(Z/11.73+5.133))+(-0.106+0.118sen(Z/11.28+5.142))M]										Cn = (Pa/σ'v)^0,5					6		1.77		5%<FC<35%: D(N1)60=0.24(FC-5)							
Nspt=Nspt misurato										(N1)60 = Cn x Nspt = resistenza normalizzata					6.5		1.44		FC = pasante al setaccio n.200							
Pa = pressione atmosferica										CRR(N/14.1+(N/126)^2-(N/23.6)^3+(N/25.4)^4-2.8) N=(N1)60cs					7		1.19									
Tipo di terreno	1. Clean Sand : 0,25 mm < D50 < 2,0 mm -FC <= 5%										FC = Frazione fine = passante al setaccion.200 ASTM (0,074 mm)															
	2. Silty Sand : 0,10 mm<=D50<=0,25 mm - 5<FC<35%										Leggere CRR sul grafico scegliendo la curva in base al tipo di sabbia															
	3. Sandy Silt : D50<0,10 mm - FC>=35%										Negli strati di terreno coesivo o fuori falda, mettere: Tipo di terreno = 0															
Introduzione dei dati e calcolo di FI																										
Magnitudo (M):		5.88	amax/g =		0.272	Zw =		1.40	m		MSF = 10^2,24/M^2,56										1.86					
Cthin : correzione di qc per strato sottile (Seed et Al. - 2003) - Cthin=0,5(H-1,45)^2+1 con H<1,45 m e massimo 1,80																										
Profondità		H	Coes. (C)	Tipo	γ	γ'	σv	σv'	rd	qc	Cthin	Nspt	Cn	(N1)60	FC	Δ(N1)60	(N1)60cs	CSR	CRR	FI	Liq.le?					
da m	a m	m	Incoer.(I)	terreno	t/mc	t/mc	t/mq	t/mq		kg/cmq					%						(S/N)					
0.00	1.40	1.40	C	0	1.85	1.85	1.30	1.30	1.00	na	na	na	1.70	--	na	---	---	--	---	--	--					
1.40	2.00	0.60	I	1	1.85	0.85	3.15	2.85	0.98	134	1.00	27	1.70	46	5	46	0.192	41.76	405.62	NO						
2.00	3.80	1.80	I	2	1.85	0.85	5.37	3.87	0.96	50	1.00	13	1.61	20	10	21	0.236	0.22	1.77	NO						
3.80	4.20	0.40	I	2	1.85	0.85	7.40	4.80	0.94	40	1.00	10	1.44	14	10	16	0.255	0.16	1.18	NO						
4.20	5.00	0.80	I	1	1.85	0.85	8.51	5.31	0.92	102	1.00	20	1.37	28	10	29	0.262	0.44	3.14	NO						
5.00	5.80	0.80	I	2	1.85	0.85	9.99	5.99	0.91	40	1.00	10	1.29	13	10	14	0.267	0.15	1.04	NO						
5.80	6.10	0.30	I	3	1.85	0.85	11.01	6.46	0.89	30	1.00	10	1.24	12	15	15	0.269	0.16	1.07	NO						
6.10	6.80	0.70	I	2	1.85	0.85	11.93	6.88	0.88	56	1.00	14	1.21	17	10	18	0.270	0.18	1.28	NO						
6.80	8.00	1.20	I	2	1.85	0.85	13.69	7.69	0.86	60	1.00	15	1.14	17	15	20	0.270	0.20	1.38	NO						
8.00	8.60	0.60	I	2	1.85	0.85	15.36	8.46	0.84	90	1.00	23	1.09	24	10	26	0.268	0.31	2.14	NO						
8.60	9.10	0.50	C	0	1.85	0.85	16.37	8.92	0.82	na	na	na	1.06	--	na	---	0.266	---	--	--						
9.10	9.60	0.50	I	3	1.85	0.85	17.30	9.35	0.81	24	1.00	8	1.03	8	35	7	0.265	0.16	1.13	NO						
9.60	10.40	0.80	I	2	1.85	0.85	18.50	9.90	0.79	48	1.00	12	1.01	12	15	14	0.262	0.15	1.08	NO						
10.40	13.40	3.00	I	2	1.85	0.85	22.02	11.52	0.74	60	1.00	15	0.93	14	15	16	0.251	0.17	1.25	NO						
13.40	16.60	3.20	C	0	1.85	0.85	27.75	14.15	0.67	na	na	na	0.84	--	na	---	0.232	---	--	--						
16.60	17.60	1.00	I	3	1.85	0.85	31.64	15.94	0.62	22	1.10	8	0.79	6	35	7	0.218	0.14	1.24	NO						
17.60	18.00	0.40	C	0	1.85	0.85	32.93	16.53	0.61	na	na	na	0.78	--	na	---	0.214	---	--	--						
18.00	19.20	1.20	I	2	1.85	0.85	34.41	17.21	0.59	88	1.03	23	0.76	15	15	17	0.209	0.18	1.59	NO						
19.20	19.60	0.40	I	2	1.85	0.85	35.89	17.89	0.58	38	1.00	10	0.75	15	35	7	0.204	0.24	2.16	NO						

Essendosi fatta la correzione per la frazione fine, il riferimento è alla curva di FC<=5%







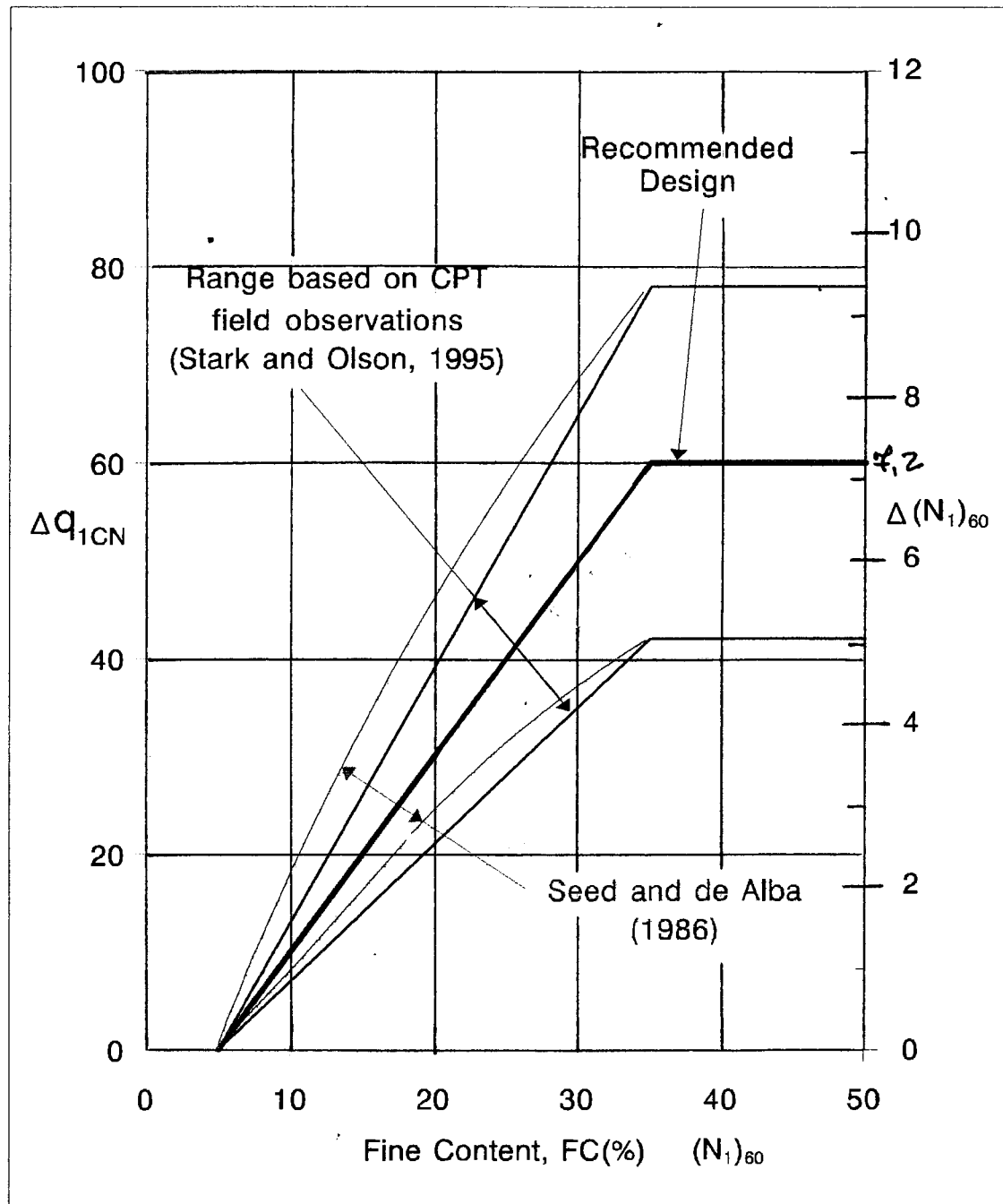
DA ROBERTSON & WRIE (1997)

Correction ( $K_c$ ) to CPT Penetration Resistance  
in Thin Sand Layers

$$C_{THIN} = K_c = 0.5 (H - 1.45)^2 + 1 \quad H < 1.45 \text{ m} \quad (*)$$

(\*) CORRISPONDE CON I VALORI CONSIGLIATI DA NCEER  
WORKING GROUP RECOMMENDATION (1997)

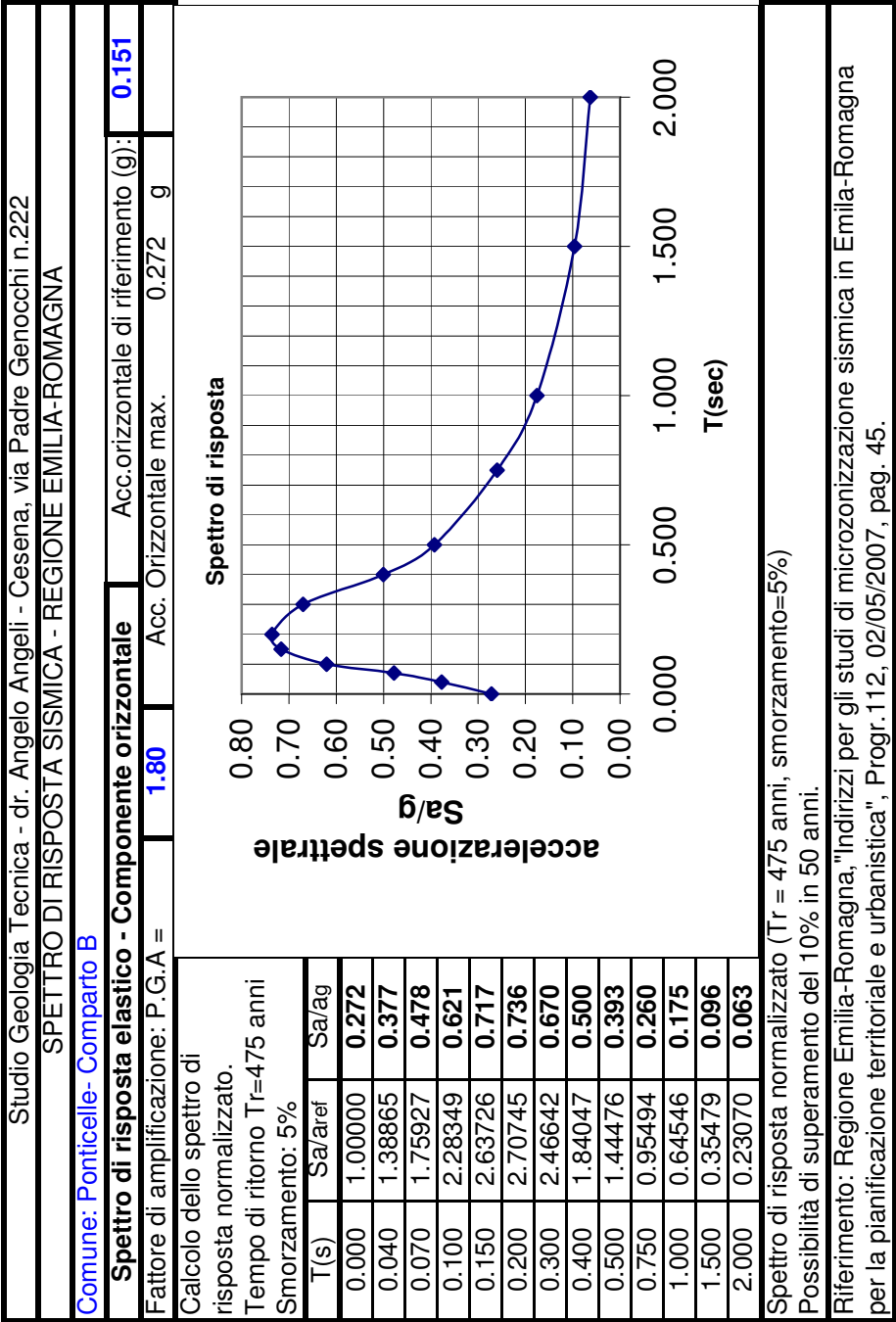
MIL-HDBK-1007/3 (NAVFAC)



Correction to SPT and CPT Values for Fine Contents

$$\begin{aligned}
 FC \leq 5\% & \quad \Delta q_{1CN} = 0 & \quad \Delta(N_1)_{60} = 0 \\
 5\% < FC < 35\% & \quad \Delta q_{1CN} = 2(FC - 5) \frac{K_z}{\rho_{av}} & \quad \Delta(N_1)_{60} = 0.24(FC - 5) \\
 FC \geq 35\% & \quad \Delta q_{1CN} = 60 \frac{K_z}{\rho_{av}} & \quad \Delta(N_1)_{60} = 7.2
 \end{aligned}$$

Spettro di risposta elastico - (NTC 2008)									
Spettro di risposta elastico orizzontale									
0<=T<Tb		Se(T)=axSxnxFox(T/Tb+(1/(nxFo)x(1-T/Tb)))				n=SQR(10/(5+s))>=0,55			
Tb<=T<Tc		Se(T)=axSxnxFo				s = smorzamento			
Tc<=T<Td		Se(T)=axSxnx2,5x(Tc/T)				Tc = Tc* x Cc			
Td<=T		Se(T)=axSxnxFox(TcxD/T^2)				Tb = Tc/3			
Località:		Ponticella - Comparto B				Td = 4 x (ag/g)+1,6			
Classe dell'edificio:		II		Stato limite:		Salvaguardia della Vita			
Categoria di suolo:		D		Fo =		2.576		Tc* = sec	
S=SsxSt=		1.800		agrif =		0.151		ag=agrif.xS=	
Tb =		0.220		n =		1.00			
Tc =		0.661		smorzamento %:		5		Cc =	
Td =		2.687		Tempo di ritorno: Tr =		475		anni	
		Possibilità di superamento del		0.10%		in anni		50	
T		Se(T)							
sec									
0.000		0.272							
0.100		0.466							
0.220		0.699							
0.300		0.700							
0.400		0.700							
0.500		0.700							
0.661		0.700							
0.700		0.662							
0.800		0.579							
1.000		0.463							
1.200		0.386							
1.400		0.331							
1.600		0.289							
1.800		0.257							
2.000		0.232							
2.687		0.172							
3.000		0.138							
3.500		0.102							
4.000		0.078							
Spostamento massimo orizzontale del suolo: dg=0,025xSxTcxTdxag = 12.1 mm									
Velocità massima orizzontale del suolo: vg=0,16xSxTcxag = 0.029 m/sec									
Spettro di risposta elastico verticale									
0<=T<Tb		Se(T)=agxSxxnxTv(T/Tb)+1/(nxFv)x(1-T/Tb))				n=SQR(10/(5+s))>=0,55			
Tb<=T<Tc		Se(T)=agxSxxnxTv				s = smorzamento			
Tc<=T<Td		Se(T)=agxSxxnxTv(Tc/T)				Fv = 1,35xFoxag^0,5			
Td<=T		Se(T)=agxSxxxFvx(TcxTd/T^2)				Fv = 1.35			
Località:		Ponticella - Comparto B							
Categoria di suolo:		D		S =		1			
S=SsxSt=		1.00		ag =		0.151		ag x S = 0.151	
Tb =		0.05		n =		1.00			
Tc =		0.15		smorzamento %:		5			
Td =		1.00							
T		Sve(T)							
sec									
0.00		0.079							
0.05		0.204							
0.10		0.204							
0.15		0.204							
0.20		0.153							
0.30		0.102							
0.40		0.077							
0.50		0.061							
0.60		0.051							
0.70		0.044							
0.80		0.038							
1.00		0.031							
1.20		0.021							
1.40		0.016							
1.60		0.012							
1.80		0.009							
2.00		0.008							
2.50		0.005							
3.00		0.003							
4.00		0.002							
Spettro risposta elastico verticale									
Componente verticale Sve(T)									
0.0		0.079							
0.05		0.204							
0.10		0.204							
0.15		0.204							
0.20		0.153							
0.30		0.102							
0.40		0.077							
0.50		0.061							
0.60		0.051							
0.70		0.044							
0.80		0.038							
1.00		0.031							
1.20		0.021							
1.40		0.016							
1.60		0.012							
1.80		0.009							
2.00		0.008							
2.50		0.005							
3.00		0.003							
4.00		0.002							



Committente Studio Luoghi della Città'  
Lavoro PONTICELLE - Comparto B  
Localita' Ravenna  
Attrezzo Pagani 20 t.

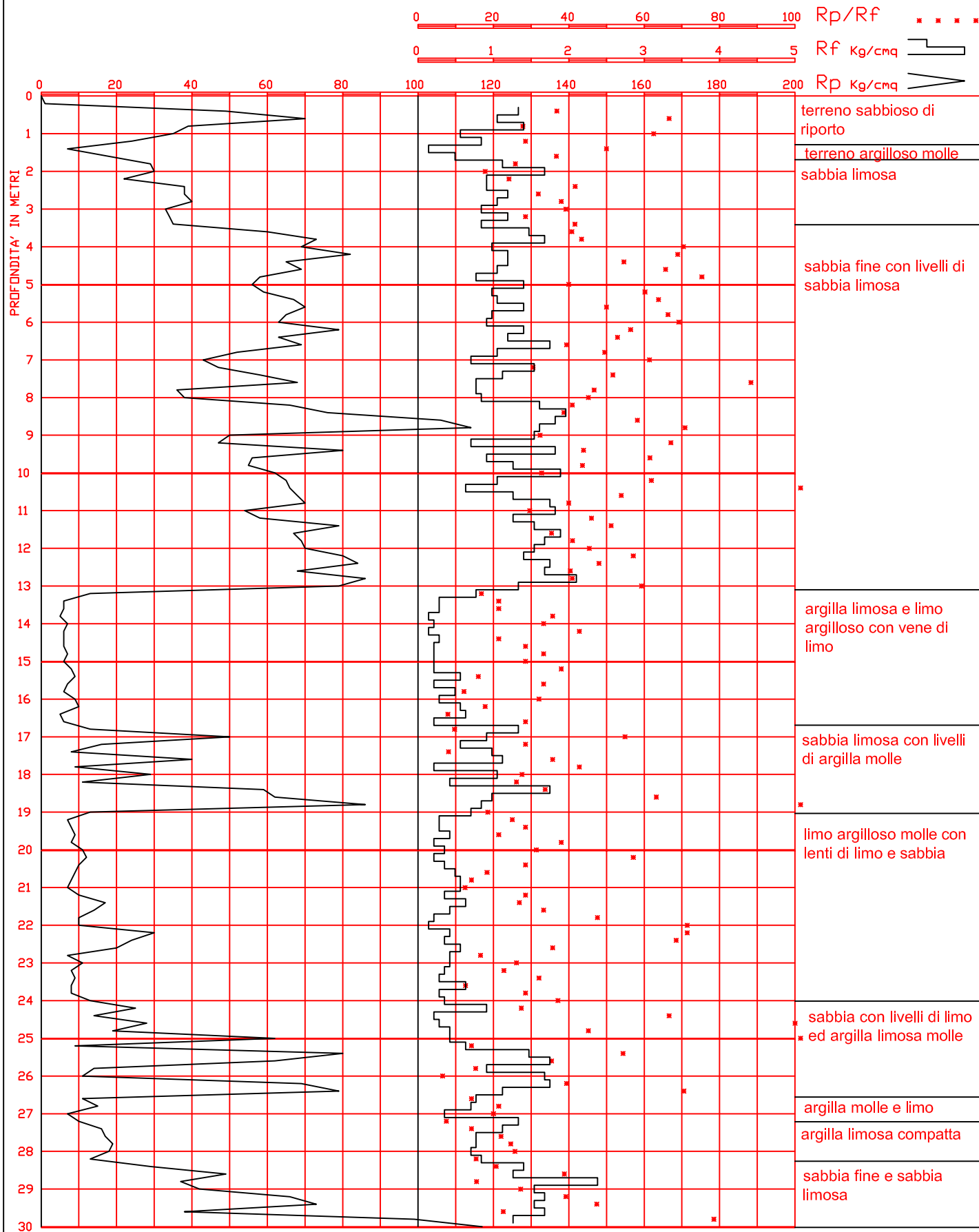
Data 06/09/12

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 1/12B

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : 1.00



Committente Studio Luoghi della Città'  
Lavoro PONTICELLE - Comparto B  
Localita' Ravenna  
Attrezzo Pagani 20 t.

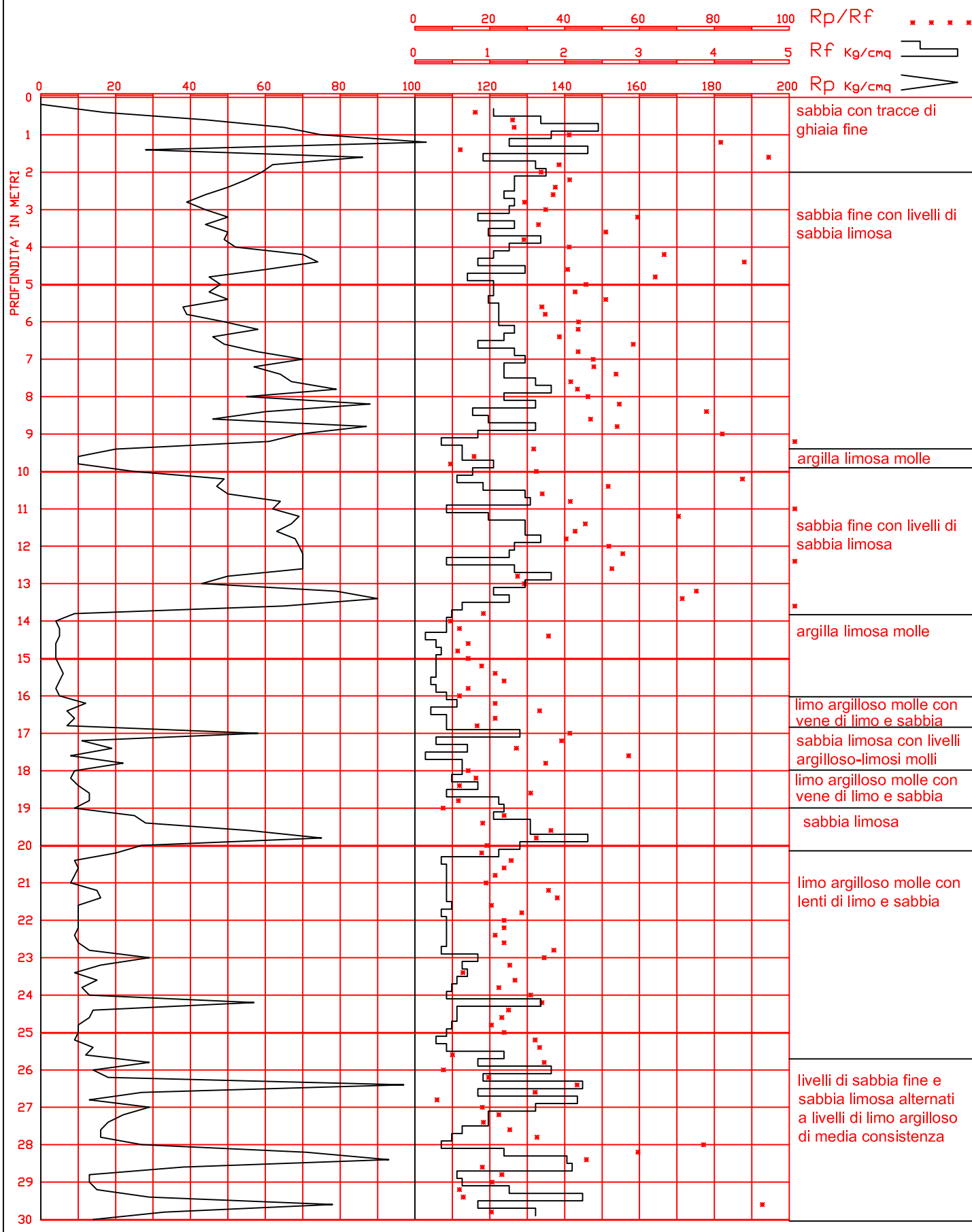
Data 06/09/12

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 2/12B

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : 1.00



Committente Studio Luoghi della Città'  
Lavoro PONTICELLE - Comparto B  
Localita' Ravenna  
Attrezzo Pagani 20 t.

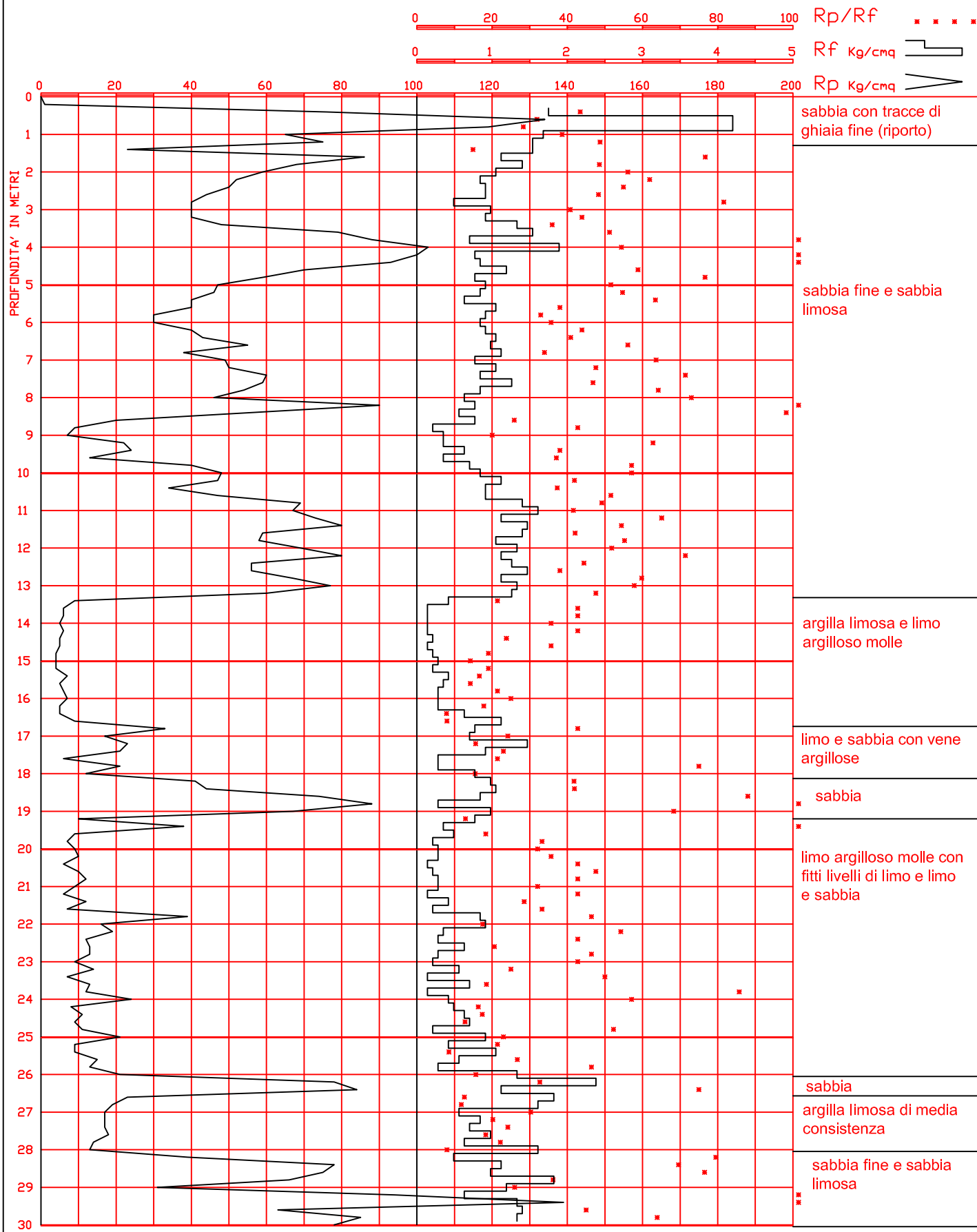
Data 06/09/12

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 3-12B

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : 1.00



Committente CABOT ITALIANA S.p.A.  
Lavoro Via Balona  
Localita' RAVENNA  
Attrezzatura Gouda 10 t.

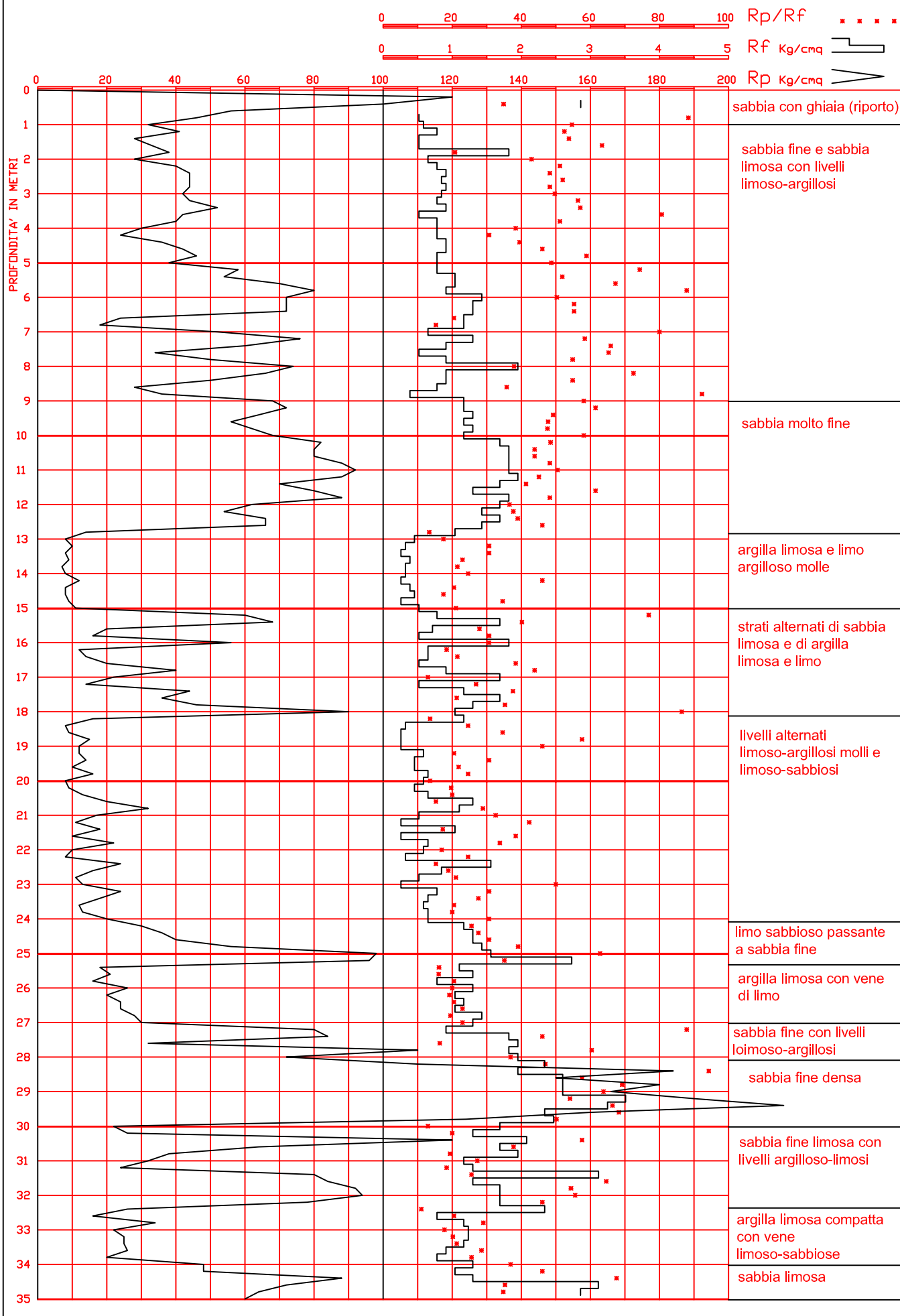
Data 09/03/78

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 1/78

QUOTA : p.piazzale

LIV. ACQUA :





Committente PHILLIPS CARBON BLACK  
Lavoro Via Balona  
Localita' RAVENNA  
Attrezzo Gouda 10 t.

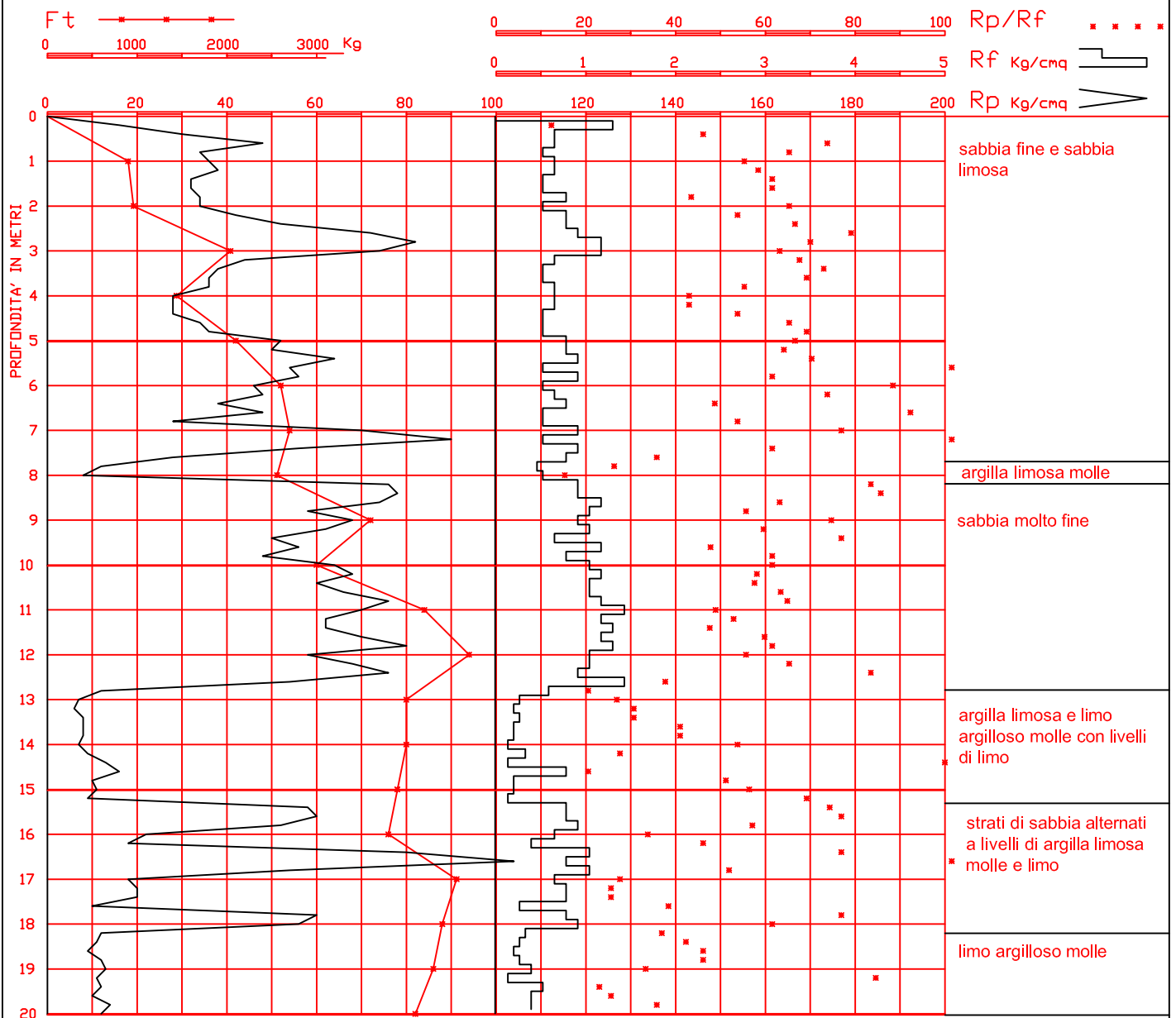
Data 13/06/79

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 1/79

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA :



Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA CENTRALE  
Lavoro SISTEMAZIONE CANALI VALTORTO, CANALA E VIA CUPA  
Localita' RAVENNA  
Attrezzo Gouda 10 t.

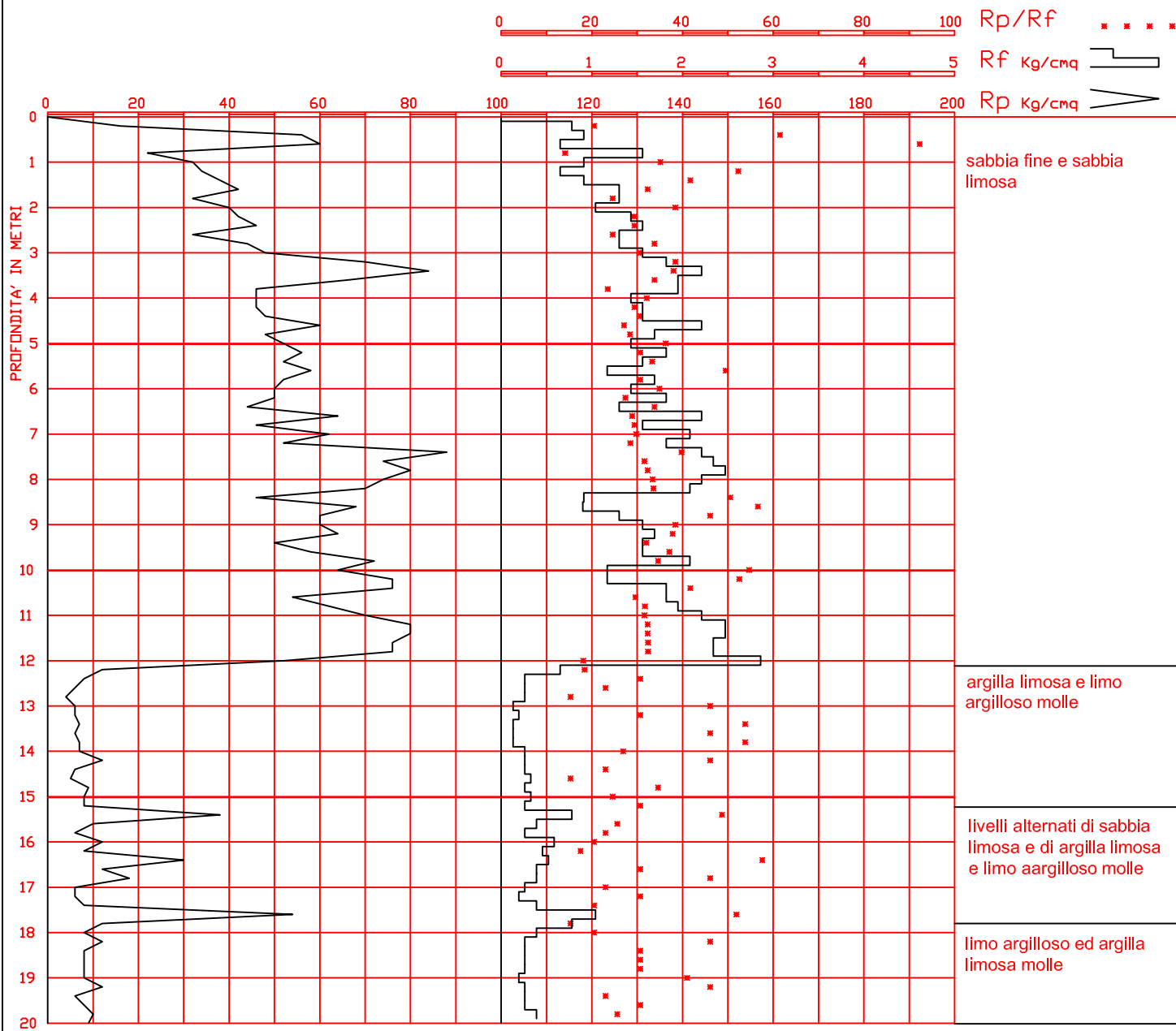
Data 26/06/89

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 8/89

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : -



Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA CENTRALE  
Lavoro SISTEMAZIONE CANALI VALTORTO, CANALA E VIA CUPA  
Localita' RAVENNA  
Attrezzo Gouda 10 t.

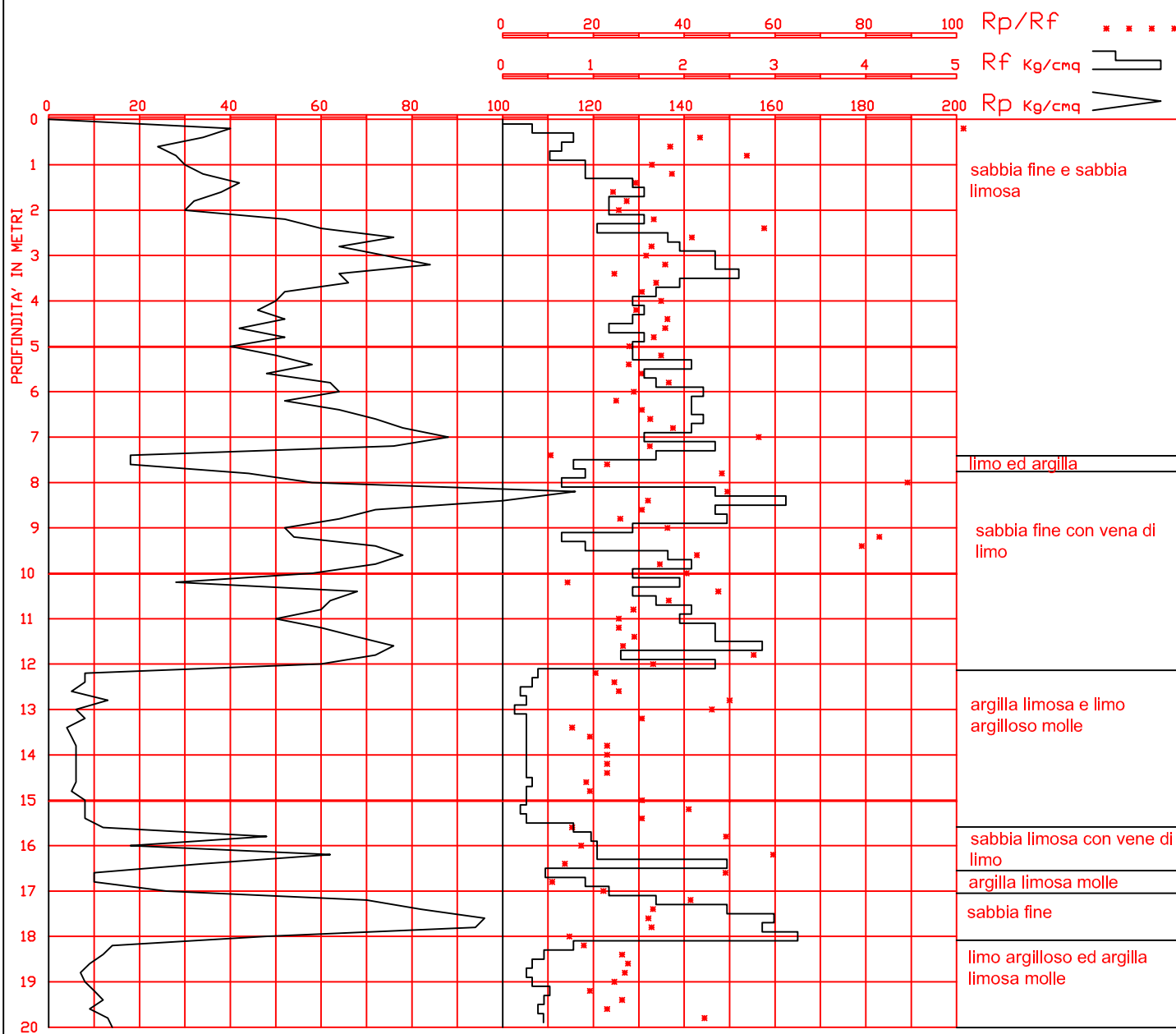
Data 26/06/89

Dr. ANGELO ANGELI  
geologo  
Cesena, via Padre Genocchi, 222  
Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

PROVA STATICA N. 9/89

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : 0.60

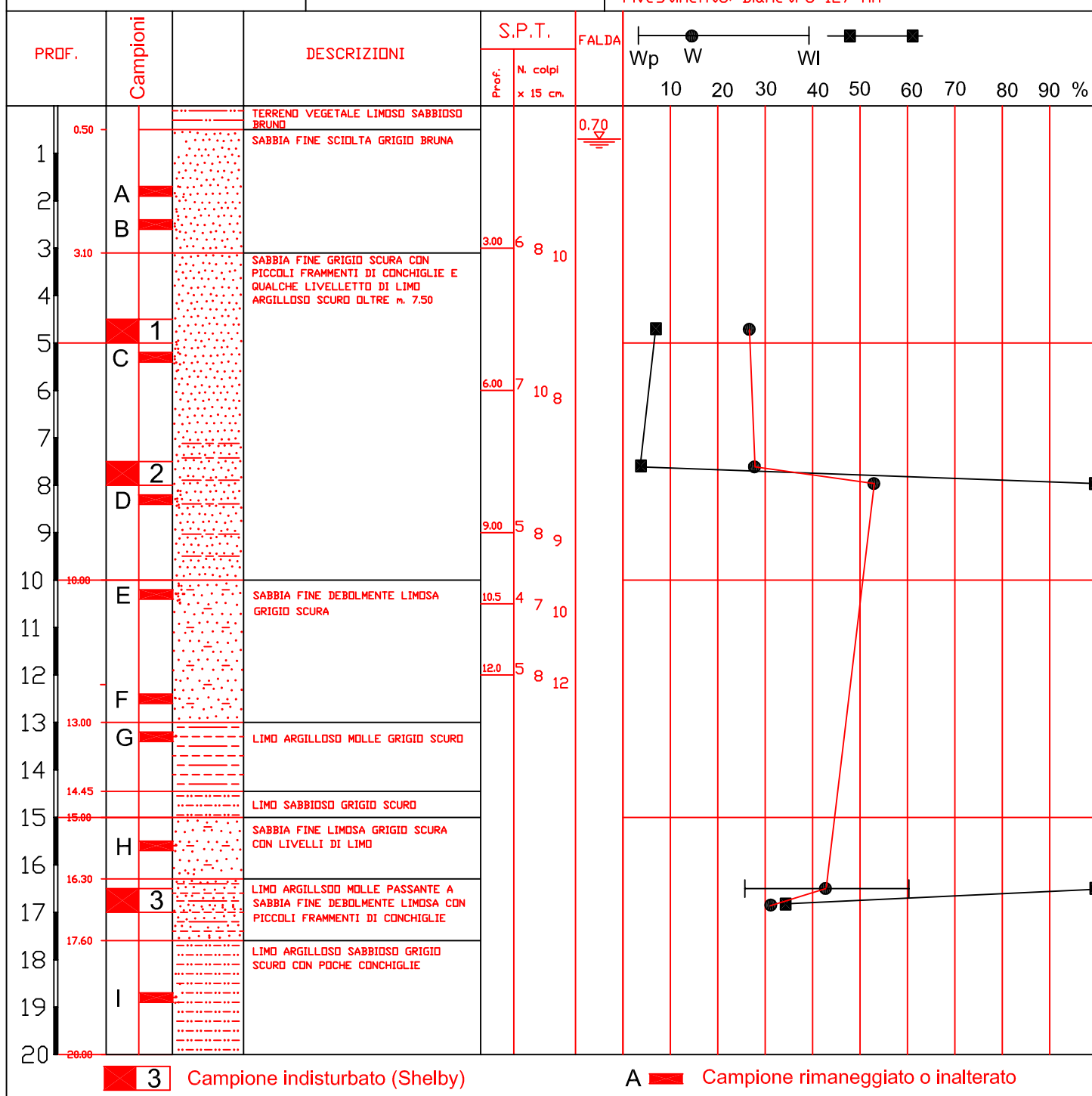


Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA CENTRALE  
 Cantiere CANALI VALTORTO - CANALA - VIA CUPA  
 Localita' RAVENNA  
 Data 26-27/06/89 Quota p.c.

Dr. ANGELO ANGELI  
 geologo  
 Cesena, via Padre Genocchi, 222  
 Tel.0547-27682 \* Fax.0547-21128

SOND. N. 4/89

sistema di perforazione: ROTAZIONE diametro 101 mm  
 rivestimento: Diametro 127 mm



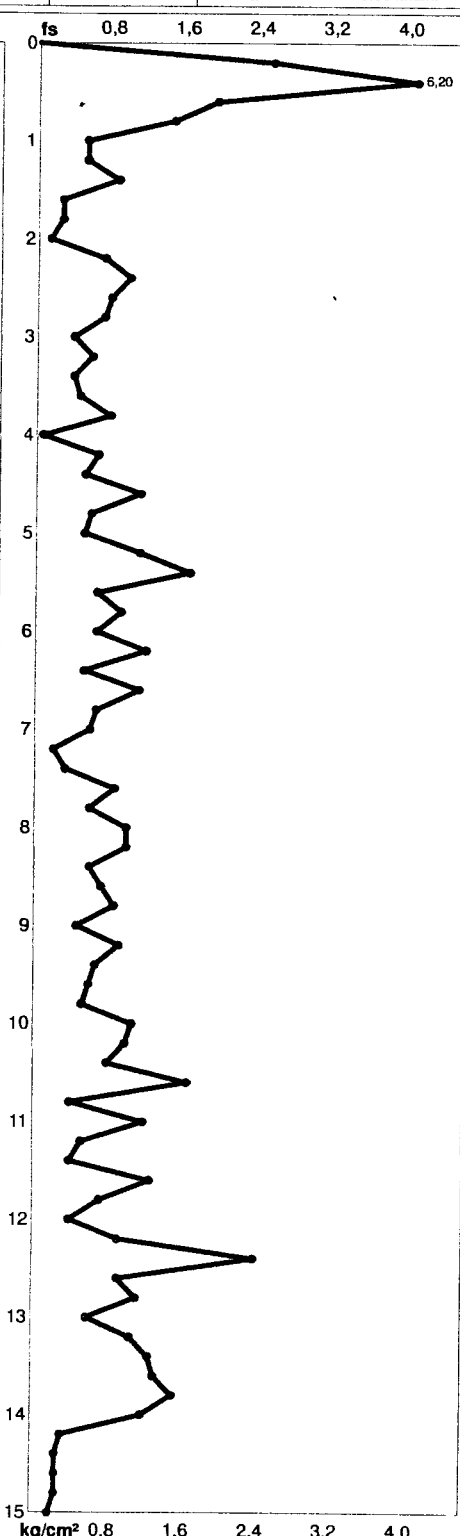
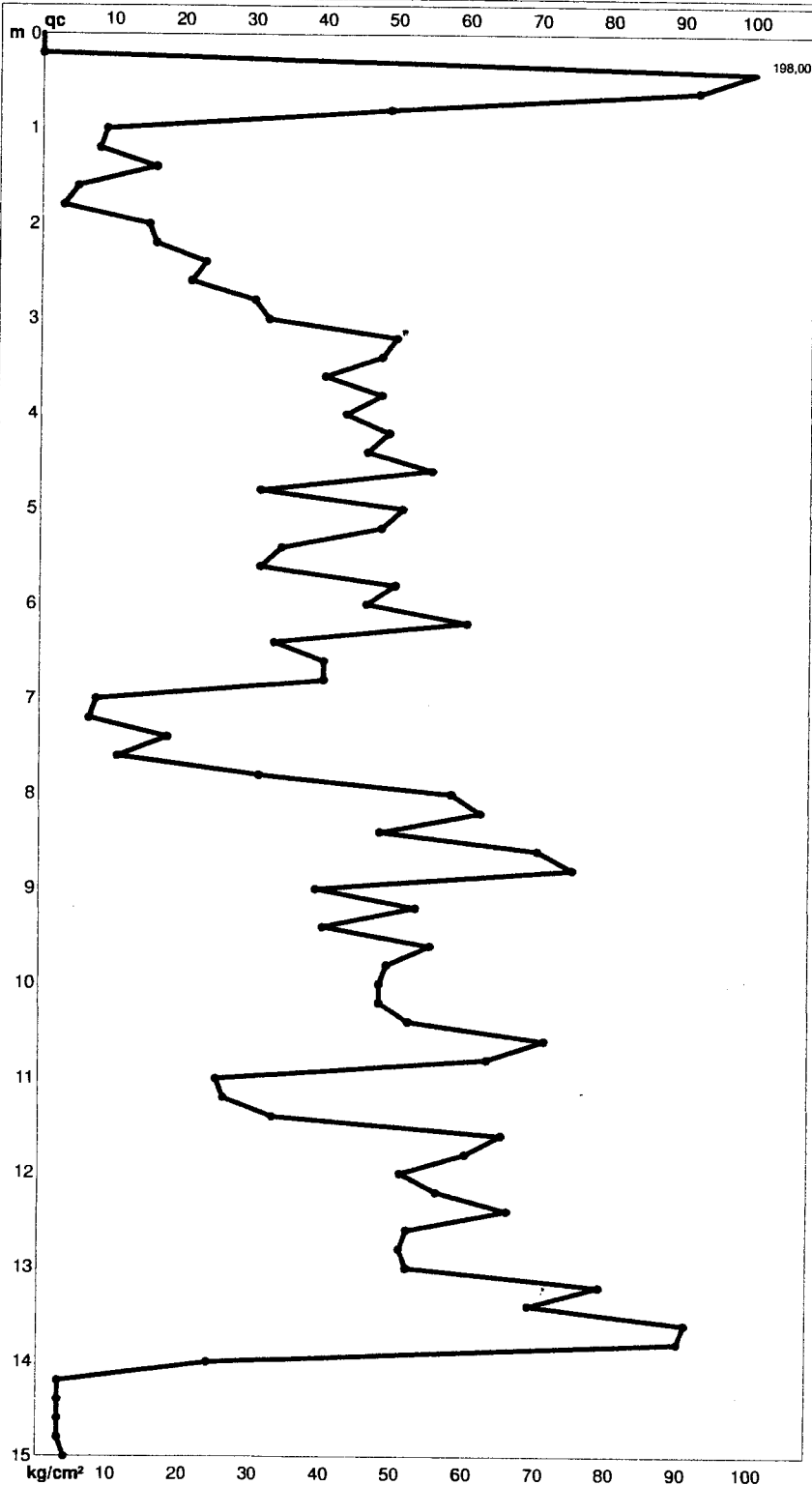
CPT-2-12

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

CPT	2
referimento	097-2012
certificato n°	97-22

Committente: **POLYNT S.P.A.**  
Cantiere: **ADEGUAMENTO SISMICO**  
Località: **RAVENNA VIA BAIONA, 192**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: 27/06/2012  
Scala: 1:75 Data certificato: 09/07/2012  
Pagina: 1 Quota inizio: 0.750 l.m.m.  
Elaborato: Falda: 0.90 l.m.m.



Penetrometro: TG63-200  
Responsabile:  
Assistente:

Preforo: m  
Corr.astine: kg/ml  
Cod. punta:

CPT-3/12

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

**CPT**

**3**

referimento

**097-2012**

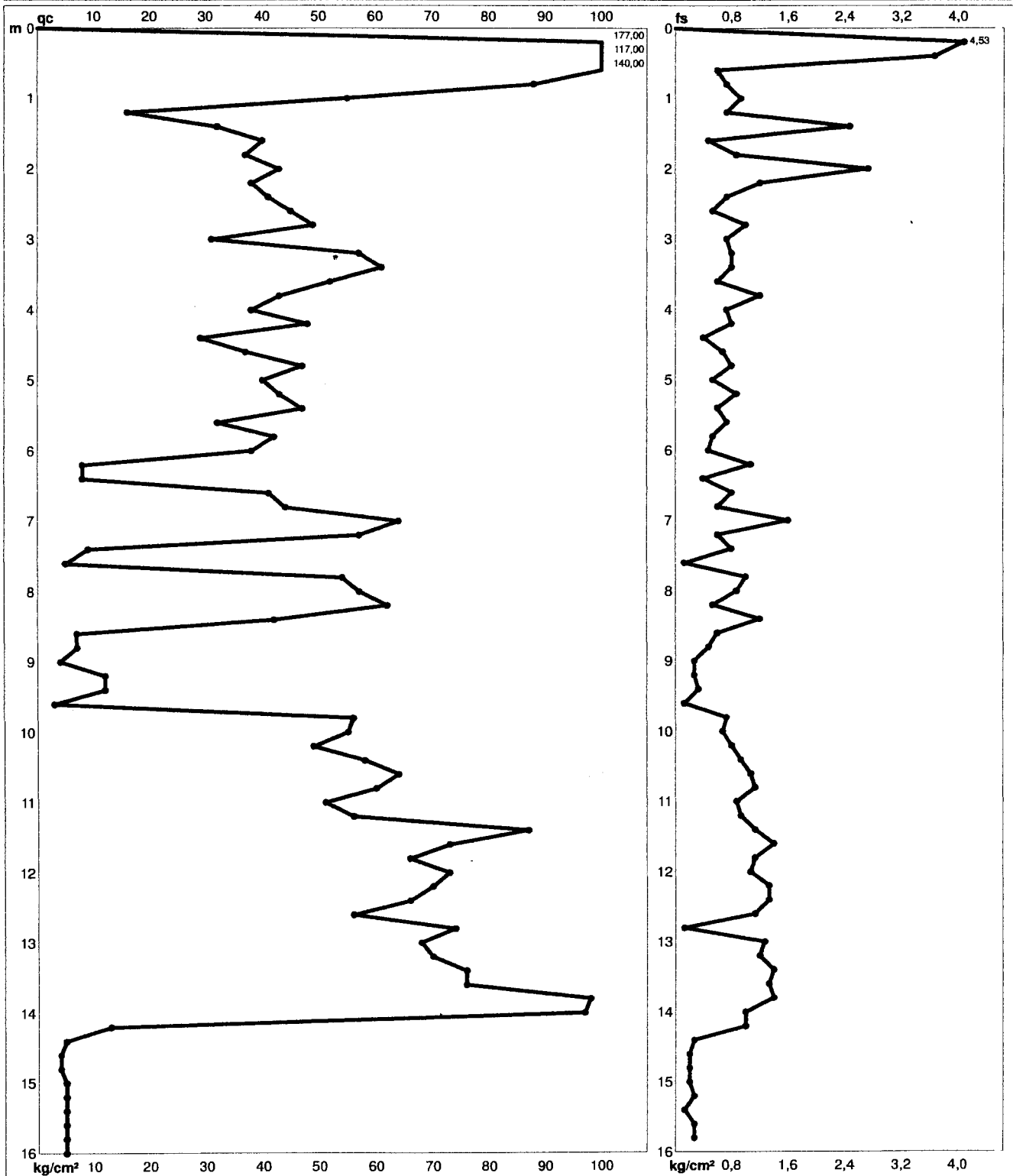
certificato n°

97-33

Committente: **POLYNT S.P.A.**  
Cantiere: **ADEGUAMENTO SISMICO**  
Località: **RAVENNA VIA BAIONA, 192**

U.M.: **kg/cm²**  
Scala: **1:80**  
Pagina: **1**  
Elaborato:

Data esec.: **27/06/2012**  
Data certificato: **09/07/2012**  
Quota inizio: **1.084 l.m.m.**  
Falda: **1.58 l.m.m.**



Penetrometro: **TG63-200**  
Responsabile:  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kg/ml**  
Cod. punta:

**INDAGINE SISMICA PASSIVA MEDIANTE  
TROMOGRAFO DIGITALE "TROMINO"  
(METODO NAKAMURA – HVSR o H/V)  
STIMA DEL VS30 CON MISURA DIRETTA DELLE  
FREQUENZE DI RISONANZA DA STAZIONE SINGOLA**

**Località: RAVENNA – Ponticelle**

**Committente: Studio I LUOGHI della CITTA'**

**RELAZIONE GEOFISICA**

**Data: 16/09/2012**

## **INDAGNE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA PREMESSA E GENERALITA'**

### **MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA**

La prova sismica passiva a stazione singola rileva le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. La prova è comunemente nota come prova "HVSr" o semplicemente "H/V": rapporto tra le componenti spettrali orizzontali (H) e la componente spettrale verticale (V).

In un sistema costituito da uno strato tenero (copertura) sopra un semispazio rigido (bedrock) un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti  $\lambda = n \cdot 4 H$ . Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$f = n V_s / (4H) \quad \text{con } n = 1, 3, 5, \dots \quad (1)$$

dove  $n$  indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale per  $n=1$ ) e  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio nello strato di spessore  $H$ . Nella maggior parte dei casi, a causa delle attenuazioni nelle coperture, il solo modo visibile è quello fondamentale.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto, ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibili ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

L'equazione (1) permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce  $f$ , nota la  $V_s$  delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

Il rumore sismico ambientale viene generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento ecc.) e dall'attività antropica. Viene detto anche "microtremore" perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Al rumore di fondo, sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali antropiche e naturali. I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P ed S, in parte da onde di superficiali che hanno velocità prossime a quelle delle onde S.

Il rumore sismico può essere misurato con il tromografo digitale Tromino ed analizzato con il software Grilla.

Dopo i primi studi di Kanai (1957), diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. La tecnica maggiormente consolidata, proposta da Nogoshi & Igarashi (1970), prende in esame i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectra Ratio HVSr o H/V). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire la frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo.



L'ampiezza del picco del rapporto H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra gli strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice.

La curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non risulta interpretabile applicando semplicemente l'equazione (1). E' necessario applicare il processo di inversione che richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V e che fornisce un'importante normalizzazione del segnale.

I valori assoluti degli spettri orizzontali (H) e verticali (V) variano con il livello assoluto del rumore ambientale (alte frequenze, disturbi "antropici" tipo mezzi in movimento, lavorazioni, calpestio ecc.). Nella pratica si usa H/V perché è un buon normalizzatore e, come ampiamente riconosciuto nella letteratura scientifica internazionale, H/V misura direttamente le frequenze di risonanza dei terreni. Prima dell'interpretazione le curve H/V vanno ripulite dei disturbi. Inoltre le curve H/V vanno osservate congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui derivano. Questo permette di discernere i picchi di natura stratigrafica da quelli di natura antropica. In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza invece si genera un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" od "a ogiva": questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche. Se vi è inversione di velocità la componente verticale passa sopra a quelle orizzontali. In questo caso minimi locali nella curva della componente verticale sono indicativi di risonanza stratigrafica, se corrispondenti a picchi delle componenti orizzontali.

In una misura di tremore possono entrare anche vibrazioni monofrequenziali (artefatti) indotte da macchinari o simili. Queste producono picchi stretti ben definiti su tutte e tre le componenti spettrali e sono quindi facilmente distinguibili.

### **STIMA DI VS30 A PARTIRE DA MISURE A STAZIONE SINGOLA**

L'analisi H/V permette di identificare i contrasti di impedenza tra gli strati. Una coltre di sedimenti sovrastanti un substrato roccioso (bedrock) darà un picco nella funzione H/V. Però anche una coltre di sedimenti fini sopra uno strato di ghiaia può generare una risonanza e quindi un massimo nella funzione H/V. In questo caso lo strato di ghiaia viene in genere indicato come bedrock-like (strato assimilabile al bedrock) anche se la sua velocità è inferiore agli 800 m/s previsti dalla normativa. Anche questi strati bedrock-like sono in grado di creare fenomeni di intrappolamento d'onde e quindi fenomeni di risonanza, se la discontinuità nelle Vs è netta.

A partire da una misura di frequenza di risonanza, tramite l'equazione (1), è possibile ottenere una stima delle Vs delle coperture, a patto che sia nota la profondità dello strato che la genera, o viceversa. L'equazione (1) vale però solo nei sistemi costituiti da monostrato+bedrock, mentre nei casi multistrato è necessario ricorrere a modelli più complessi, basati sulla propagazione delle onde di superficie. Oltre al software adatto, per trasformare una curva H/V in un profilo di Vs è

necessario un vincolo, che normalmente è la profondità di un contatto tra litologie diverse, noto da prove penetrometriche, sondaggi ecc.. In assenza di qualsiasi vincolo esistono infiniti modelli (cioè combinazioni Vs-H) che soddisfano la stessa curva H/V. La prova penetrometrica è quella che meglio si presta a vincolare l'H/V in quanto fornisce, oltre alla stratigrafia, indicazioni sulle diverse proprietà meccaniche degli strati di terreno, correlabili con la velocità delle onde trasversali. Nella scelta di primo tentativo delle Vs dei singoli strati si può fare riferimento alle correlazioni esistenti in letteratura fra i dati penetrometrici e la Vs. Valori orientativi di velocità delle onde S sono riportati nella Tabella 1. Ad essi si può fare riferimento nella scelta di primo tentativo della Vs del bedrock e degli strati di copertura.

Quindi risulta indispensabile avere a disposizione dei vincoli da prove dirette del sottosuolo (penetrometrie o sondaggi) per poter associare ai picchi rilevati dalle misure di microtremore dei contrasti di impedenza adeguati, cioè modellare il mezzo geologico affinché rappresenti in maniera attendibile il sottosuolo, cioè strati con spessori e velocità associabili alla curva misurata delle frequenze di risonanza con il rapporto spettrale H/V.

Nel caso semplice di strato omogeneo sopra un bedrock, se da misure dirette è nota la profondità H del bedrock (o bedrock-like), si può calcolare il Vs30 attraverso le misure di frequenza (fr) direttamente dalla [1].

Nel caso di terreno multistrato il Vs30 viene calcolato, sulla base del profilo di velocità ricostruito, con la formula:  $Vs30 = 30/\Sigma(h_i/V_{si})$  [m/s]

Nel 2005 il progetto SESAME stabilì una serie di criteri per la valutazione della significatività statistica dei picchi H/V. La prima parte di questi criteri, individuata la frequenza del picco di risonanza, verifica se la registrazione è stata effettuata per un periodo statisticamente significativo e se l'analisi è stata condotta secondo i principi della statistica. La seconda parte di questi criteri analizza la geometria del picco e dice semplicemente se il picco ha una forma ben definita. Questa parte del test SESAME va interpretata con cognizione di causa, perché solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi netti. Al contrario le transizioni graduali (per es., roccia frantumata su roccia sana, passaggi da limo-argilloso a sabbia-limosa e simili) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze importanti, ma solo che non ci sono picchi singoli ben definiti.

Tabella 1. Valori caratteristici delle onde S nei vari tipi di suolo (Borcherdt,1994).

Tipi di suolo	Vs min. (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max. (m/s)
Rocce molto dure (rocce metamorfiche poco fratturate)	1400	1620	...
Rocce dure (graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie ed argilliti da poco a mediamente fratturati)	700	1050	1400
Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure (rocce sedimentarie tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con + del 20% di ghiaia)	375	540	700
argille compatte e suoli sabbiosi (sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose o limose, argille da medie a compatte)	200	290	375
Terreni teneri (terreno di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

## MODI DI VIBRARE

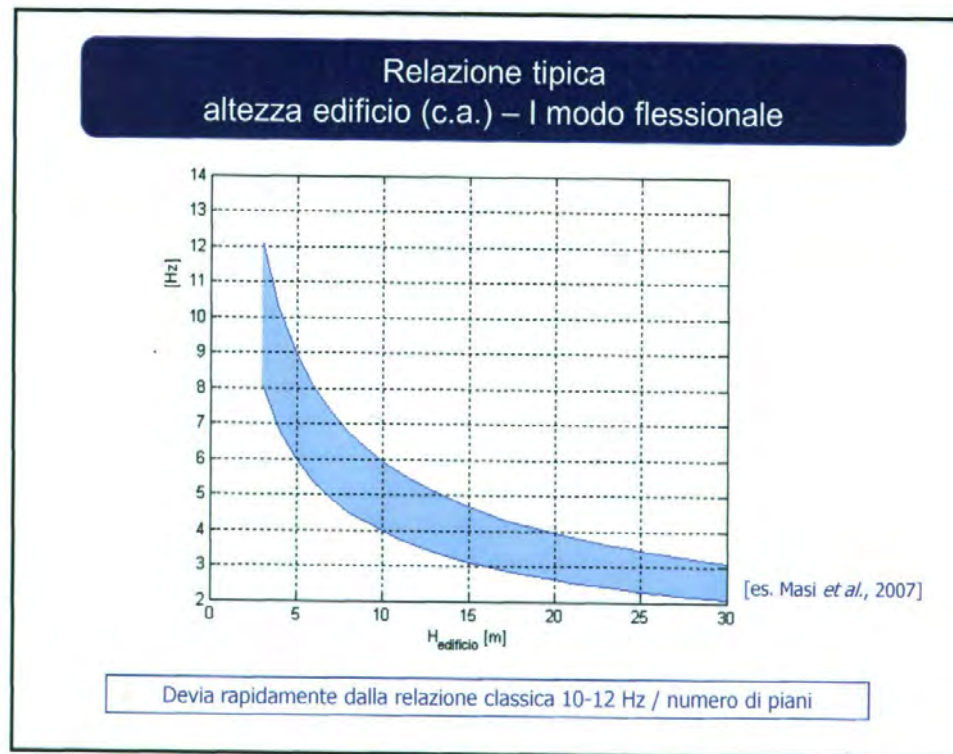
Come il sottosuolo, eccitato dalle onde che lo attraversano, presenta più modi di vibrare anche le strutture e gli edifici in c.a. presentano a loro volta delle frequenze di risonanza proprie dell'edificio. E' opportuno evitare i fenomeni di doppia risonanza cioè quei casi in cui la frequenza propria del terreno ha picchi con frequenze di risonanza simili a quelle dell'edificio.

Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è sfavorevole dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente sfavorevole perché :

- a) gli edifici con il proprio danneggiamento diminuiscono la loro frequenza di risonanza;
- b) il sottosuolo può manifestare modi di vibrare di ampiezza maggiore e a frequenza maggiore rispetto a quella visibile con i microtremori.

Quindi è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre lontana dal picco di risonanza del terreno, soprattutto se questo è molto pronunciato.

Si allega di seguito il grafico semplificato che mette in relazione la frequenza di risonanza teorica per edifici in relazione alla loro altezza in metri, in modo da poter confrontare in maniera speditiva se sono possibili fenomeni di doppia risonanza (da "Tecniche di sismica passiva e attiva", Silvia Castellaro, 2010).



## PONTICELLE, COMPARTO B n.1

Instrument: TRZ-0117/01-11

Start recording: 06/09/12 10:15:37 End recording: 06/09/12 10:35:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

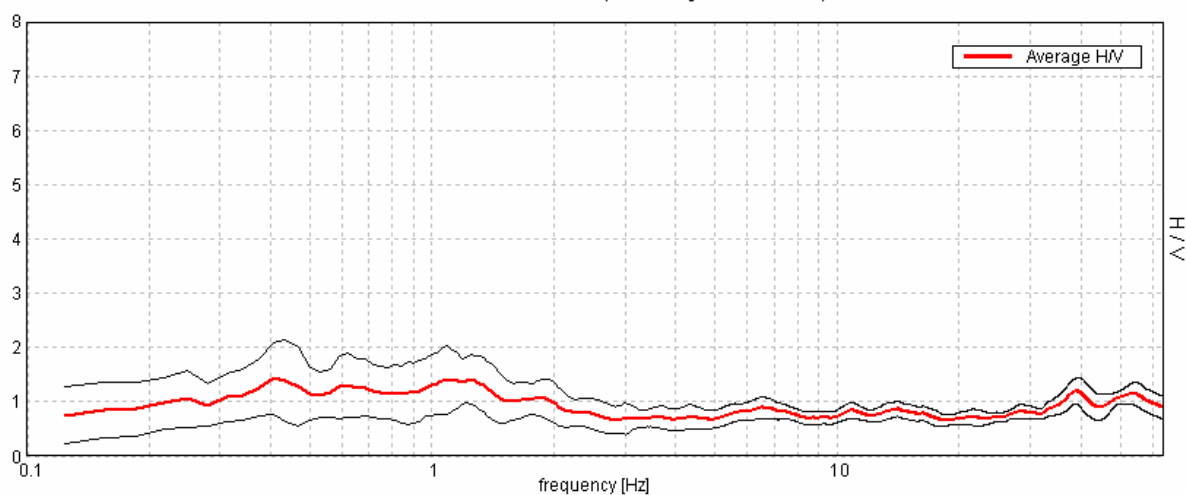
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

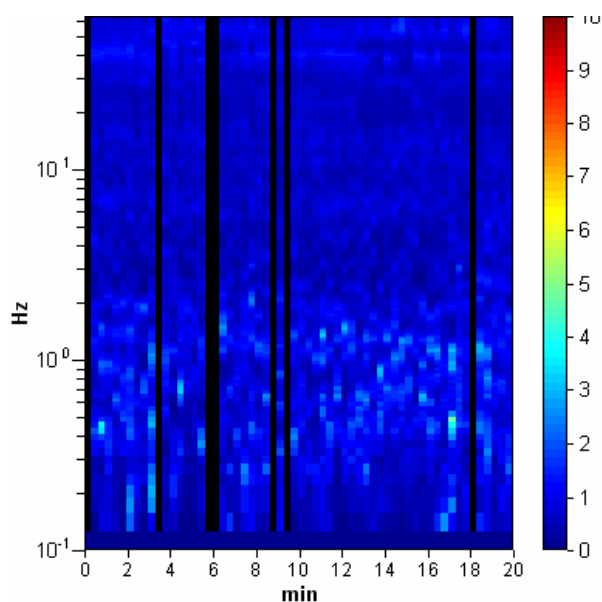
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

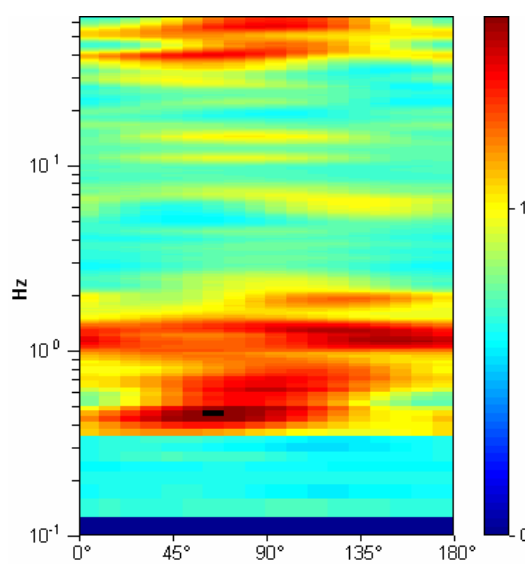
Max. H/V at  $0.41 \pm 0.11$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



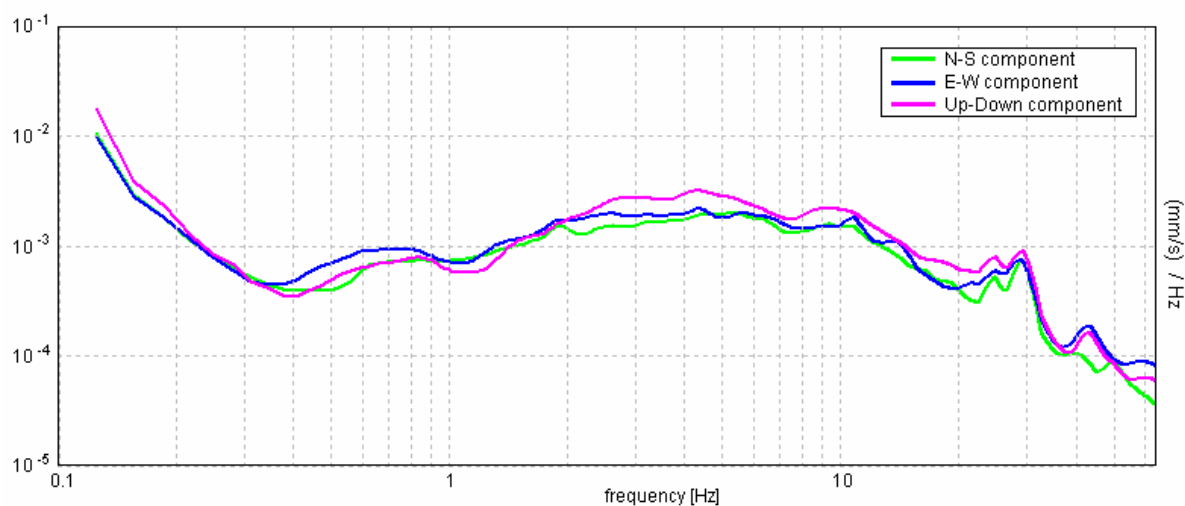
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V

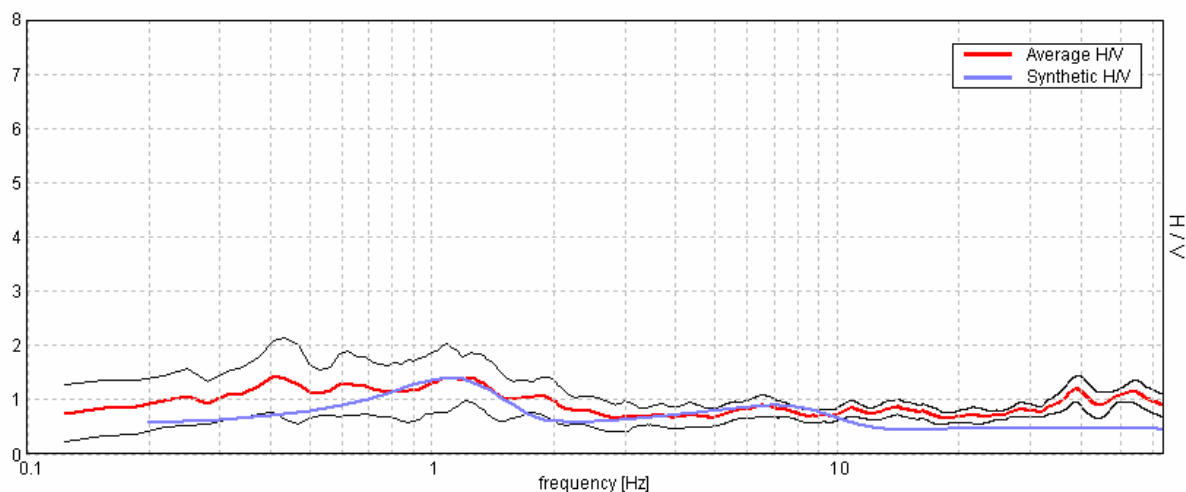


# SINGLE COMPONENT SPECTRA



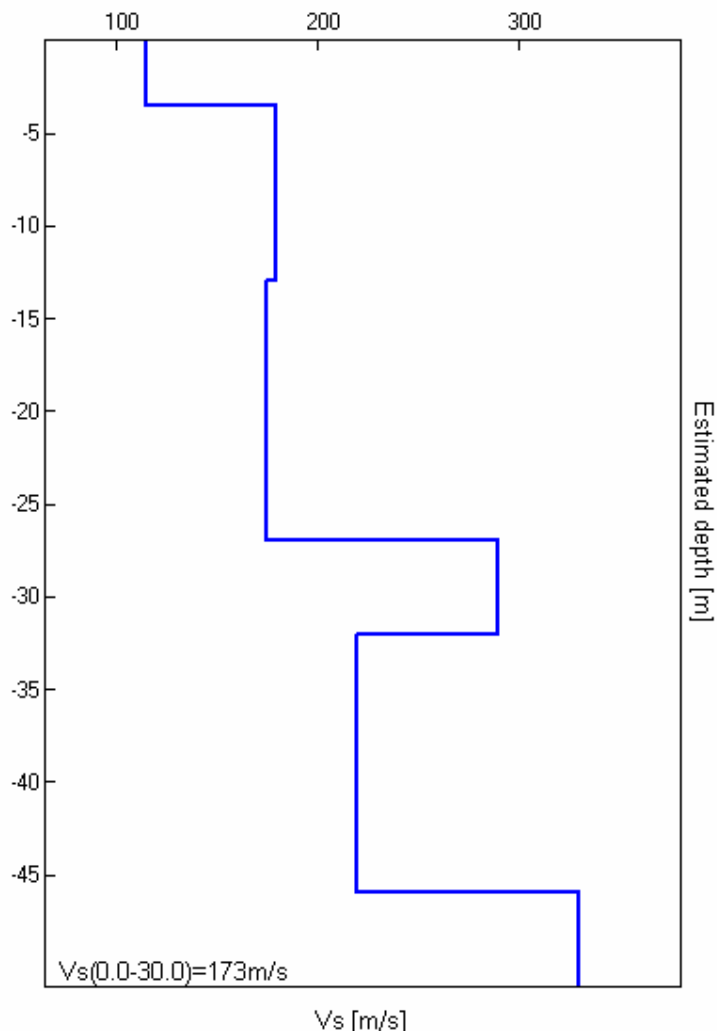
## EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $0.41 \pm 0.11$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.50	3.50	115	0.35
13.00	9.50	180	0.35
27.00	14.00	175	0.35
32.00	5.00	290	0.35
46.00	14.00	220	0.35
inf.	inf.	330	0.35

Vs(0.0-30.0)=173m/s



**Max. H/V at  $0.41 \pm 0.11$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.51 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$430.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists $f^*$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.43 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.013089  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05317 < 0.08125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3238 < 2.5$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



## PONTICELLE, COMPARTO B n.2

Instrument: TRZ-0117/01-11

Start recording: 06/09/12 14:28:42 End recording: 06/09/12 14:48:42

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

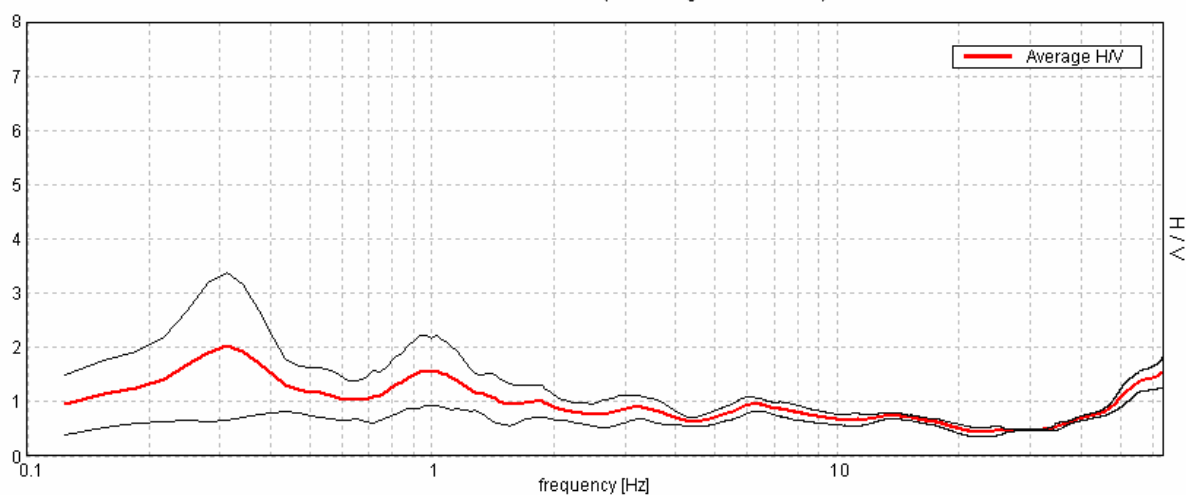
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

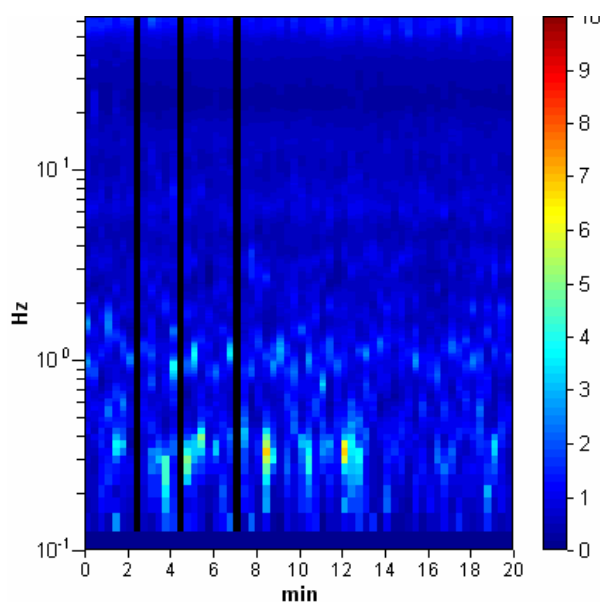
Smoothing: 15%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

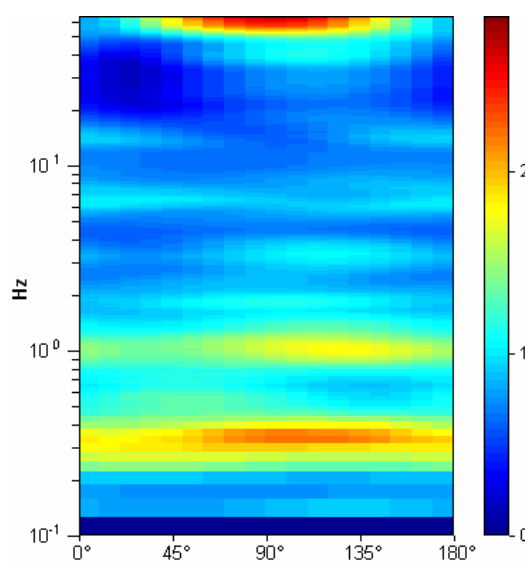
Max. H/V at  $0.31 \pm 4.51$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



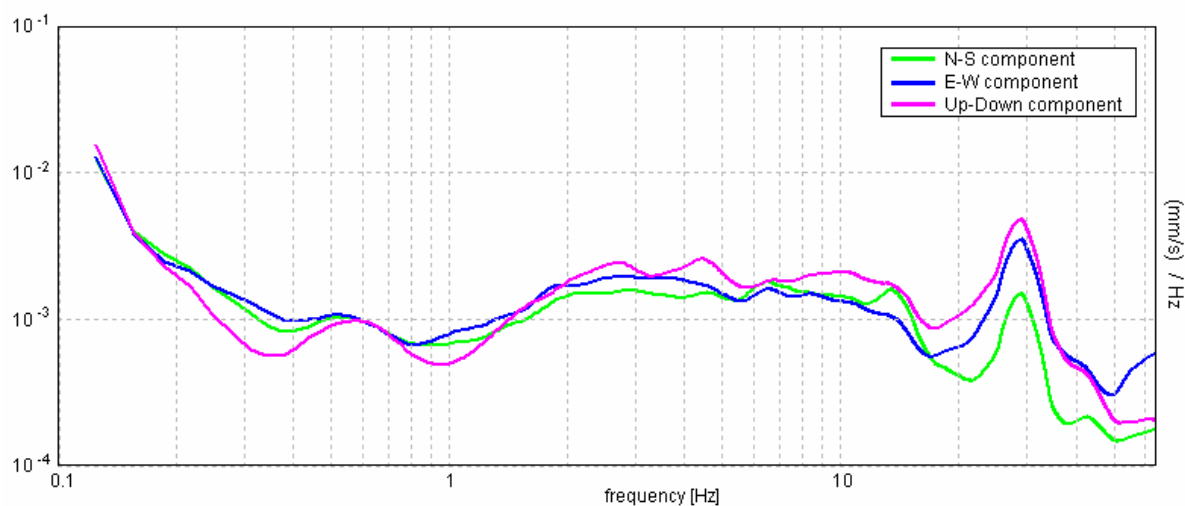
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V

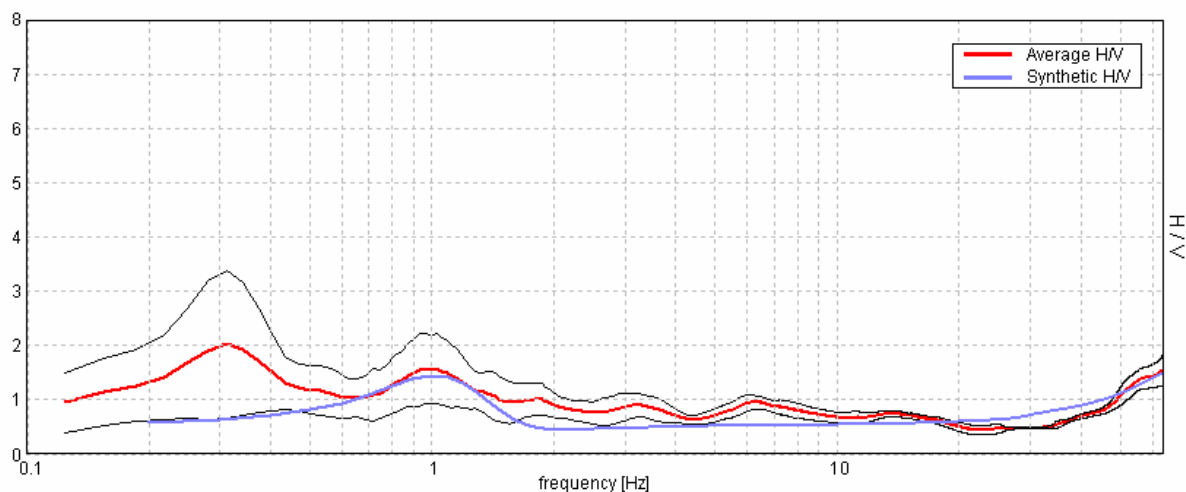


## SINGLE COMPONENT SPECTRA



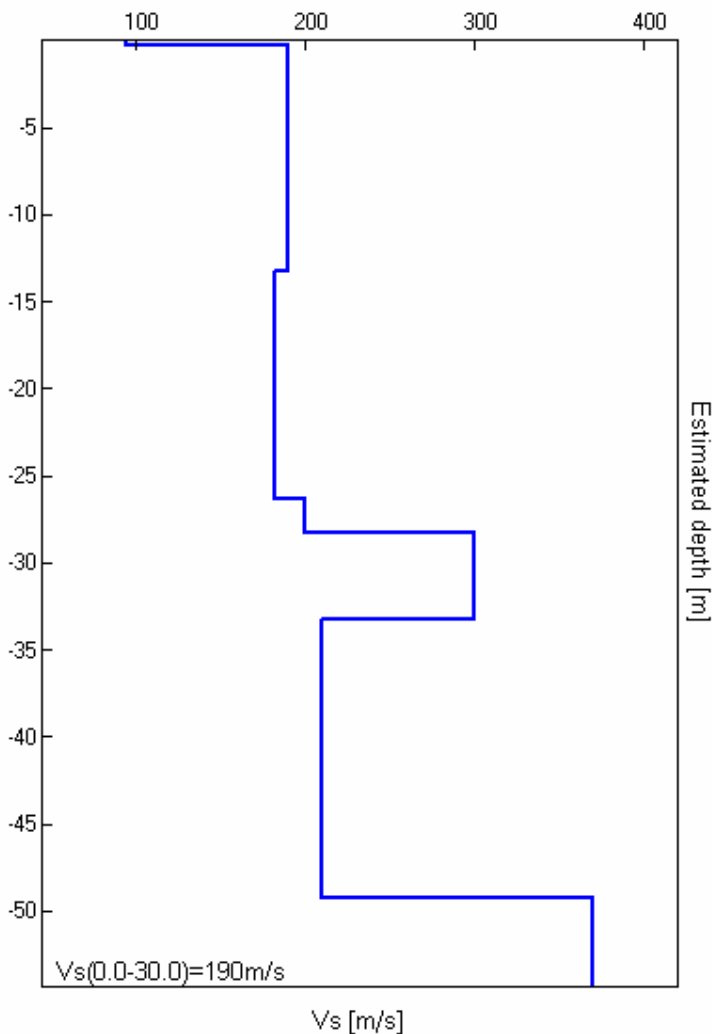
## EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $0.31 \pm 4.51$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	95	0.35
13.30	13.00	190	0.35
26.30	13.00	183	0.35
28.30	2.00	200	0.35
33.30	5.00	300	0.35
49.30	16.00	210	0.35
inf.	inf.	370	0.35

Vs(0.0-30.0)=190m/s



**Max. H/V at  $0.31 \pm 4.51$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.51 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$356.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.125 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$2.02 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04503  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.23282 < 0.0625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6765 < 2.5$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## ENICHEM, VIA BAIONA – Comparto B n.1-bis

Instrument: TRZ-0117/01-11

Start recording: 03/07/12 10:43:44 End recording: 03/07/12 11:03:45

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

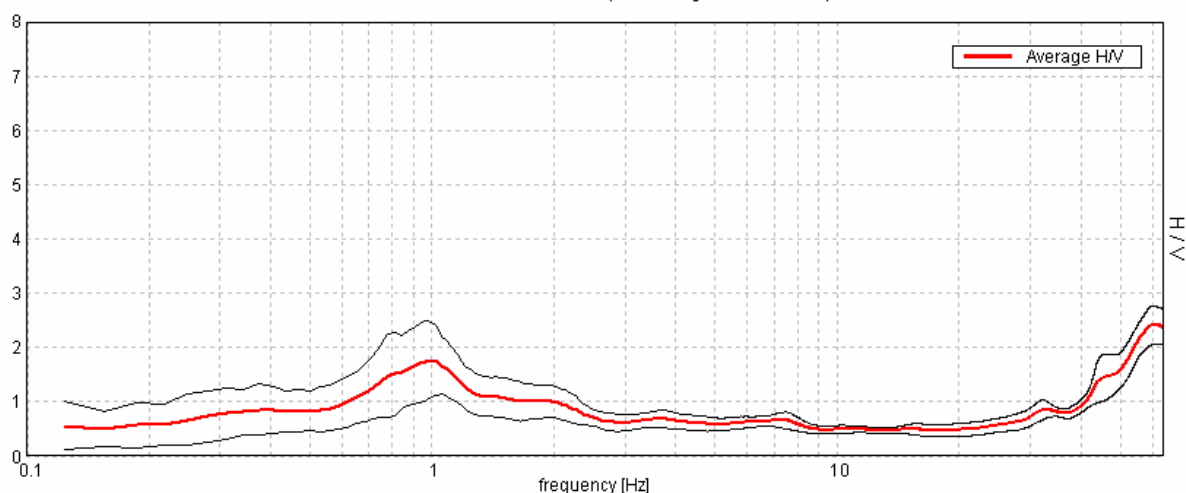
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

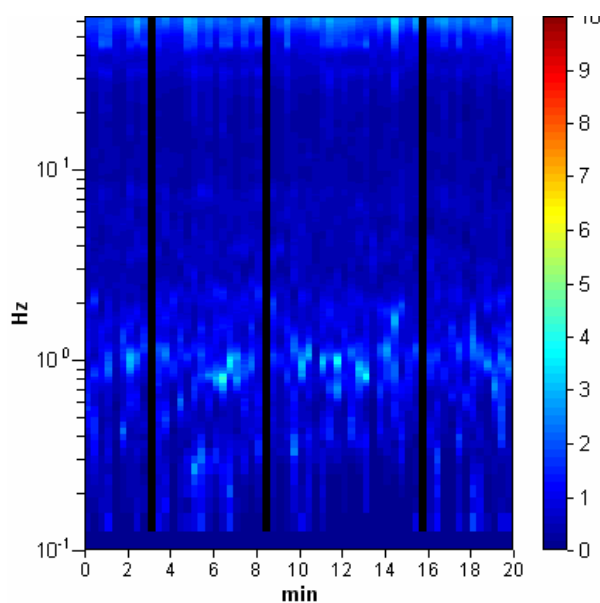
Smoothing: 15%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

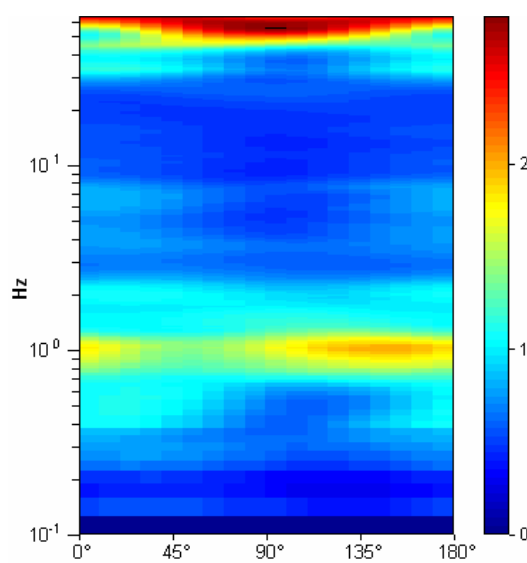
Max. H/V at  $60.91 \pm 0.37$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



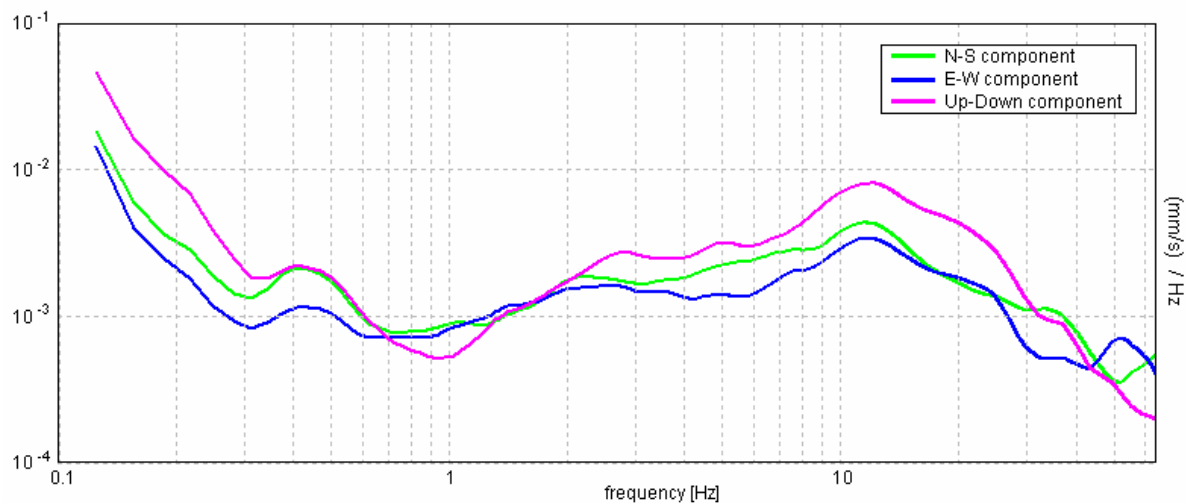
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V

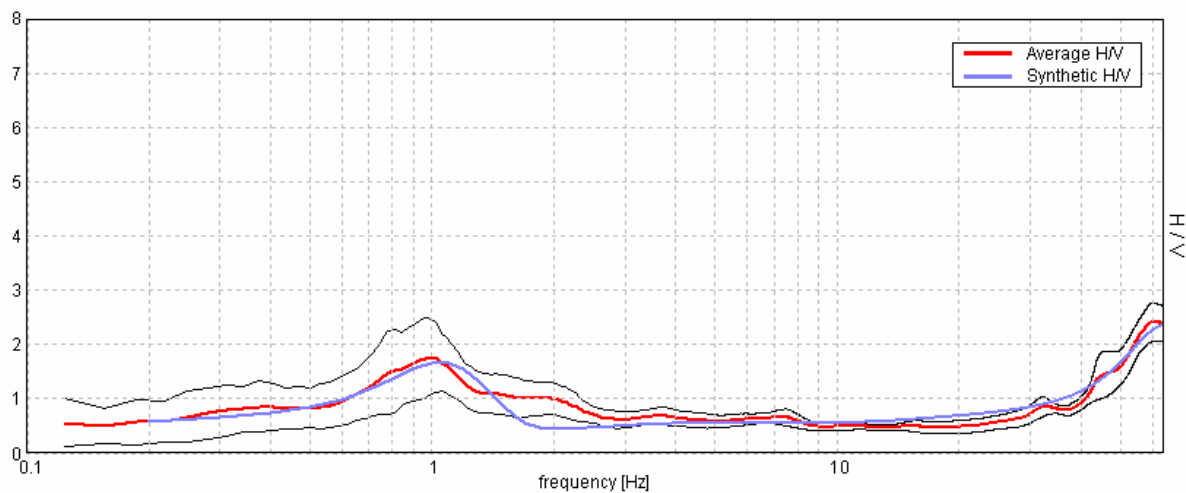


## SINGLE COMPONENT SPECTRA



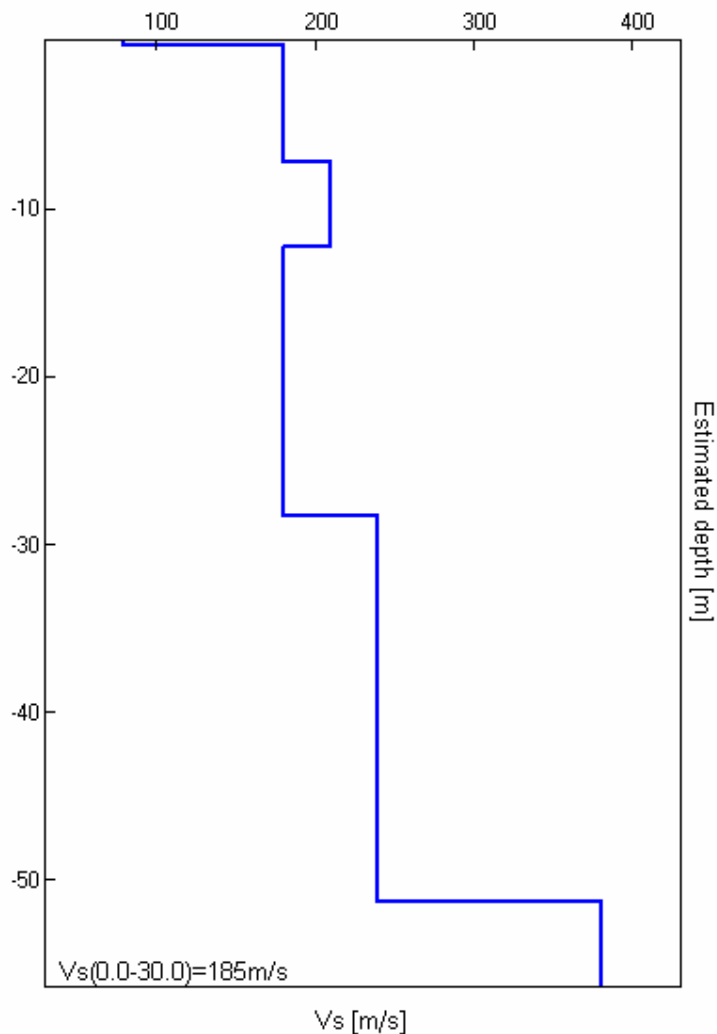
## EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $60.91 \pm 0.37$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	80	0.35
7.30	7.00	180	0.35
12.30	5.00	210	0.35
28.30	16.00	180	0.35
51.30	23.00	240	0.35
inf.	inf.	380	0.35

**Vs(0.0-30.0)=185m/s**



Max. H/V at 60.91 ± 0.37 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$60.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$69433.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1074 times	OK	

#### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	42.844 Hz	OK	
Exists $f^*$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.41 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00301  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18337 < 3.04531$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1708 < 1.58$	OK	



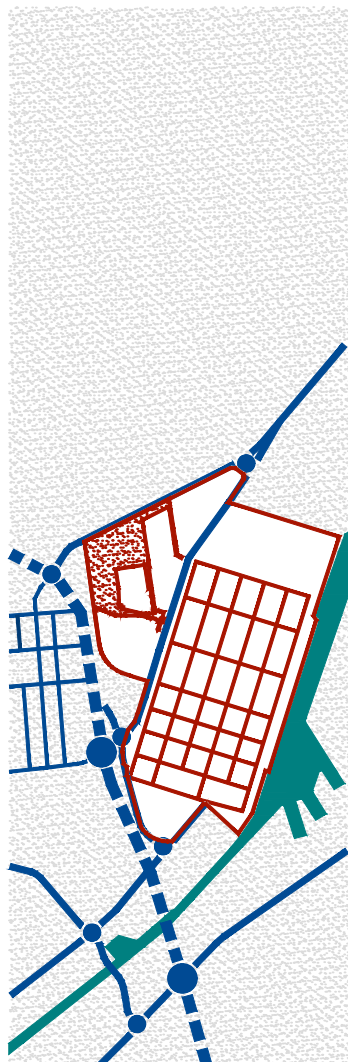
$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

# PUA EX ENICHEM

## SUB COMPARTO B

## CA' PONTICELLE



syndial



versalis



Ravenna  
Servizi Industriali

P.zza Boldrini 1, San Donato Milanese (MI) - P.iva 09702540155

P.zza Boldrini 1, San Donato Milanese (MI) - P.iva 01768800748

Via Baiona 107, 48123 Ravenna (RA) - P.iva 02168860399

P R O G E T T O

## PIANO URBANISTICO ATTUATIVO SUB COMPARTO B - CA' PONTICELLE

## AMBITO EX-ENICHEM

E L A B O R A T O

## RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA INTEGRAZIONE

ah

PROGETTO

ARCH. PAOLO FOCACCIA

CON ING. SABRINA SPINELLI ARCH. LUCA GALASSI ARCH. ARTURO DAPPORTO ARCH. GIORGIO PEZZI

luoghidellacittà architettura urbanistica conservazione viale della lirica 49 48124 ravenna

tel fax + 39 0544 278118 pec paolo.focaccia@archiworldpec.it mail paolo.focaccia@luoghidellacitta.it

ANALISI DEL SITO E ACUSTICI VAS SERVIZI ECOLOGICI S.r.l. FAENZA STUDI PAESAGGISTICI STUDIO VERDE S.r.l. FORLÌ PROG. IDRAULICA ING. G. MINORI RAVENNA

RELAZIONE GEOLOGICA DOTT. A. ANGELI E DOTT. O. DRAPELLI RAVENNA STUDI TRAFFICO E SOSTA ING. S. LONGHI RAVENNA RILIEVI GEOM. M. SERRA RAVENNA



## L U O G H I D E L L A C I T T À

codice progetto	
numero intervento	
file	
ctb	base norme grafiche-inprogress.ctb

rev. n	data	oggetto	eseguito	verificato	approvato
prima em.	ottobre 2017				
1	febbraio 2018	Modifiche post Conferenza di servizi 20.11.2017			PF
2					
3					

A termine di legge tutti i diritti sono riservati. E' vietata la riproduzione in qualsiasi forma senza autorizzazione.



**PROVINCIA DI RAVENNA**

**COMUNE DI RAVENNA**

*"PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DEL SUBCOMPARTO "B"*

*PONTICELLE LUNGO LA VIA BAIONA VIA CANALE MAGNI"*

**RELAZIONE GEOLOGICA-RELAZIONE SISMICA**

*-INTEGRAZIONI -AGGIORNAMENTO AL DECRETO DELLA GIUNTA DELLA*

*REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 2193/2015*

**CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE GEOTECNICHE**

**COMMITTENTE:**

*I LUOGHI DELLA CITTA'*

**REDATTO:**

*Dott. Geol.Oberdan Drapelli*

*N°938 ORDINE DEI GEOLOGI DELL'EMILIA ROMAGNA*

REV.	0	EMISSIONE FEBBRAIO 2018		
	1			

**DRAPELLI DR. OBERDAN –GEOLOGO-  
STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE**  
48100 RAVENNA, VIA CERCHIO, 57  
tel e fax 0544/202700 CELL. 338 8439633  
E-MAIL oberdandrapelli@gmail.com  
C.F. DRP BDN 68T22 H199Z P.IVA 01442260392

INDICE:

1.	PREMESSA.....	2
1.1	RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI .....	3
2	MODELLO GEOLOGICO.....	4
3	SISMICITA' DELL'AREA.....	9
3.1	MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO ESEGUITE CON IL "TROMINO" – SASW- MASW .....	11
3.2	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE.....	13
3.3	STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE .....	18
3.4	CEDIMENTI POST SISMICI .....	20
4	CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE GEOTECNICHE .....	24
5	COMPATIBILITÀ GEOTECNICA CON LA FUTURA RIQUALIFICAZIONE .....	25

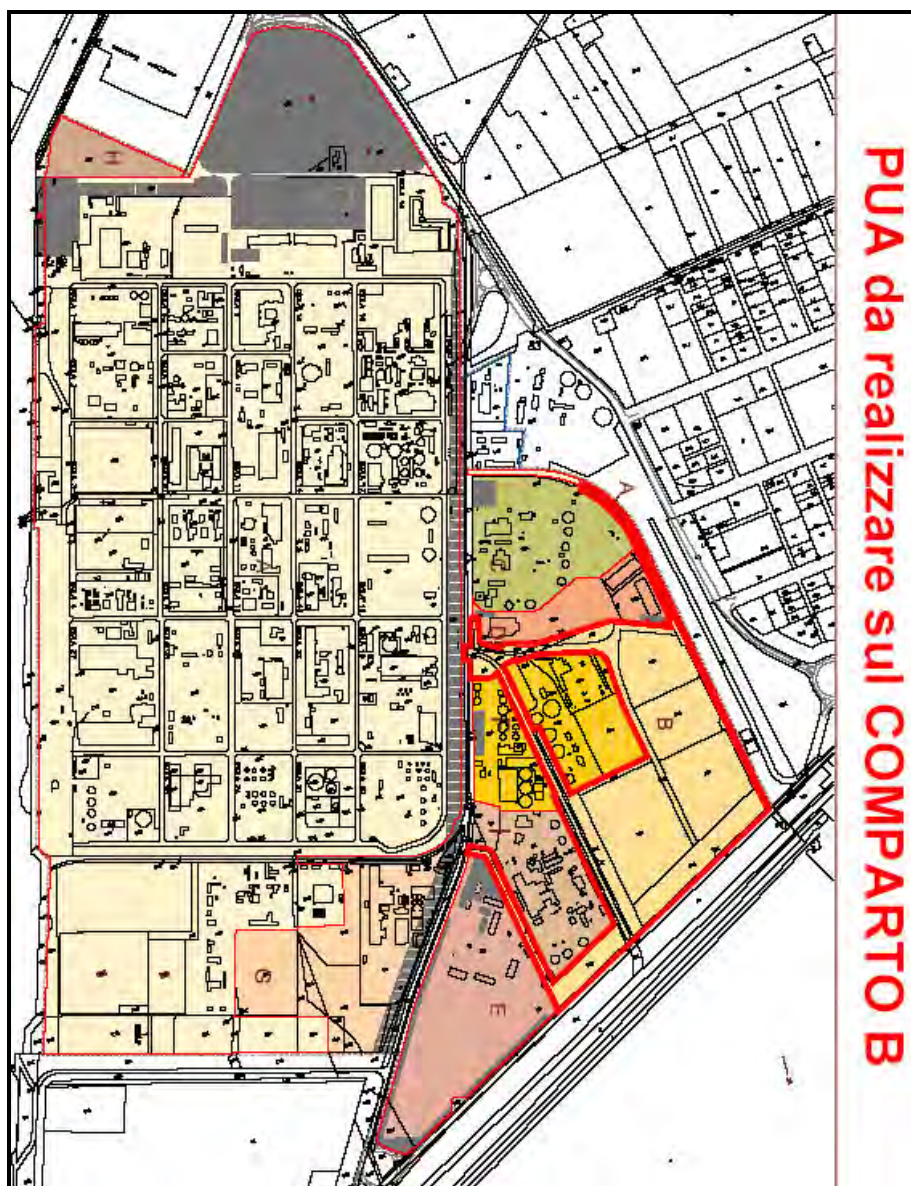
## 1. PREMESSA

Su incarico della committenza, si è redatta la presente relazione a corredo degli adempimenti amministrativi per il progetto di sub comparto "B" all'interno del comparto Ponticelle; l'area in esame è compresa fra la via Baiona, via Canale Magni e canaletta Anic, nella parte meridionale del comparto Ponticelle. Il presente studio inteso a verificare l'idoneità dell'area da un punto di vista geologico agli usi proposti, è basato sull'analisi estesa ad un adeguato intorno degli aspetti geomorfologici, litologici, e idrologici in modo da caratterizzare l'area nel suo insieme in quanto rivestono particolare importanza ai fini della futura edificazione. Una volta definiti gli obiettivi dell'indagine, si è proceduto alla raccolta dei dati esistenti in bibliografia ed ai sopralluoghi di campagna. Questa relazione va a completare quella già eseguita nel settembre 2012, redatta dal dott. geol. Angeli Angelo di Cesena e tutta la relazione si basa sulle sue indagini effettuate a suo tempo per la redazione del Pua. Per meglio caratterizzare la natura dei terreni furono realizzate nel 2012 3 prove penetrometriche cpt statiche eseguite con punta meccanica (cpt) spinte fino alla profondità di 30 metri dal p.c in modo da acquisire i parametri litologici e geotecnici necessari a verificare l'edificabilità, ed alcuni campioni di terreno per la determinazione delle caratteristiche geomeccaniche principali del terreno. Per la determinazione del parametro Vs30 furono eseguite due indagini geofisiche mediante Tromino (misura di H/V) integrate. Si sono inoltre consultate 6 prove di archivio effettuate nella zona ed un sondaggio a carotaggio continuo, ed un tromino effettuato nell'area di via Baiona.

La presente ad integrazione delle precedenti viene realizzata in quanto prima della presentazione del progetto è entrata in vigore il Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015, che cambiava sostanzialmente alcune indicazioni in materia di normativa sismica regionale. Pertanto la presente risulta essere semplicemente un adeguamento della relazione già presentata e revisionata come integrazioni alla allora legge vigente nel 2012, e non sono state effettuate indagini in sito aggiuntive.

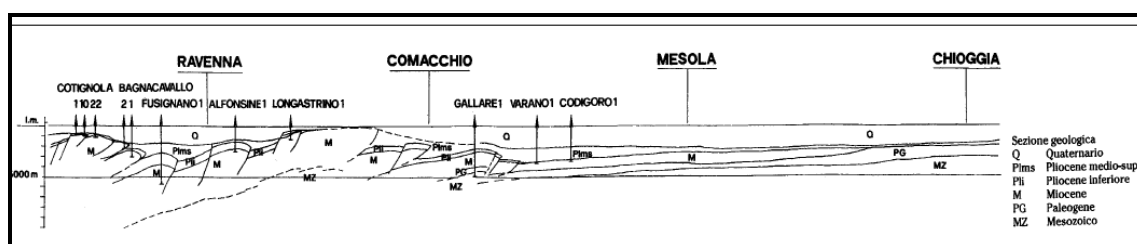
## 1.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- 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 EC7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- •Eurocode EC8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.



## 2 MODELLO GEOLOGICO

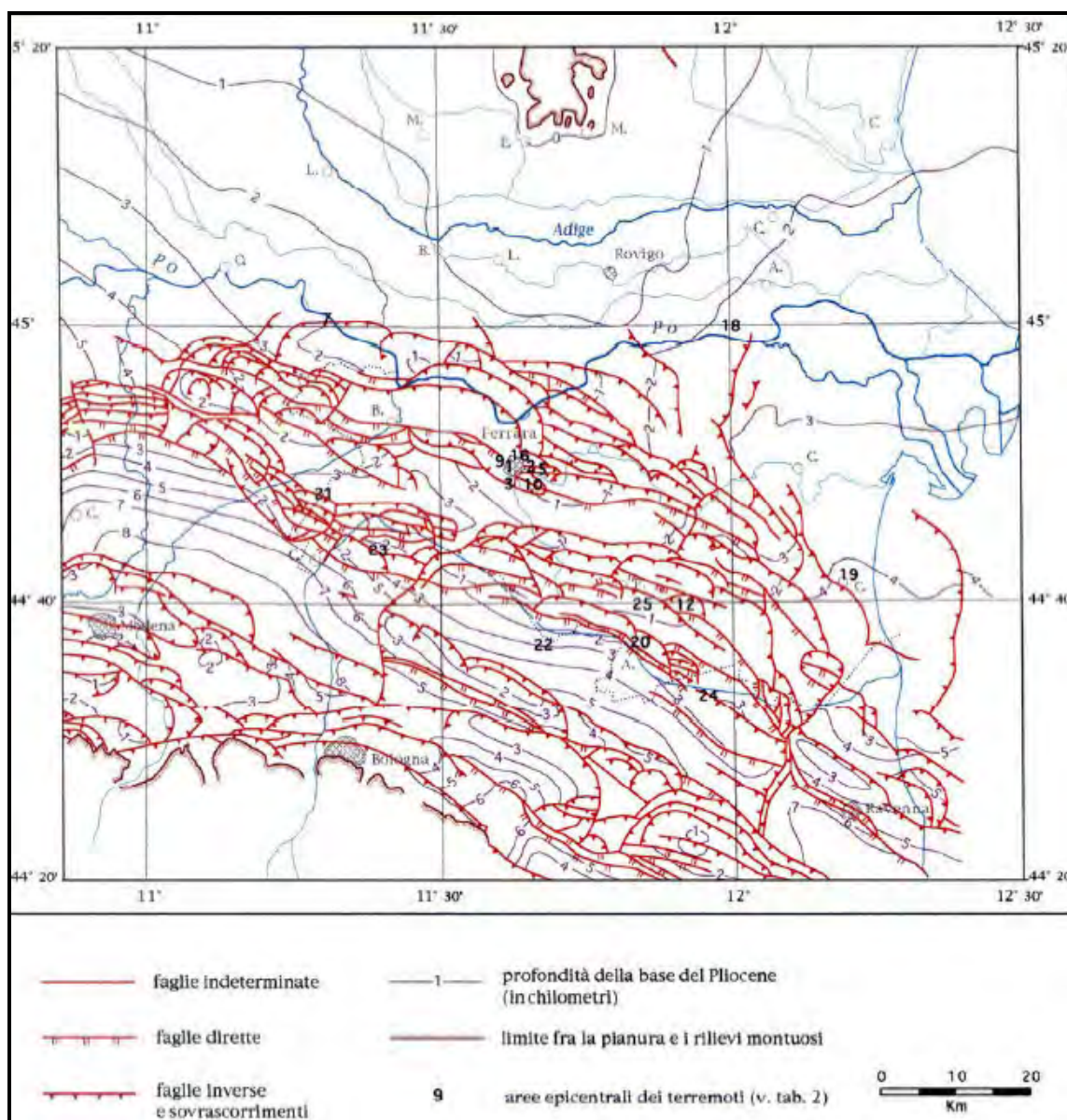
Nella FIGURA 3 si riporta la sezione geologica passante per Cotignola, Bagnacavallo, Ravenna, Comacchio, Codigoro, Mesola, Chioggia in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.



sezione geologica della bassa pianura padana



Nella FIGURA 3 si riporta uno stralcio della Carta Strutturale della Pianura Padana, con le Pieghe Ferraresi dell'Appennino sepolto (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) 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 Ravenna è stato inserito nella OPCM 3274/2003.



Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Il territorio del Comune di Ravenna, è inserito nel settore romagnolo dell'ampio bacino sedimentario padano; nel sottosuolo sono presenti successioni di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-quadernaria che poggiano su un substrato caratterizzato da una complessa configurazione a pieghe e pieghe- faglie. Gli elementi tettonici profondi, rilevati principalmente tramite prospezioni geofisiche effettuate dall'AGIP per la ricerca di idrocarburi, fanno parte delle pieghe adriatiche con asse parallelo ai principali lineamenti strutturali appenninici NO - SE e sono procedendo da nord verso sud:

- anticlinale di Argenta, Alfonsine
- sinclinale di Miravalle, Conselice
- anticlinale di Minerbio, Villa Serraglio
- sinclinale di Budrio, Bubano

Su questo substrato, caratterizzato da pieghe e faglie, si sono deposte le prime formazioni marine del Pliocene superiore e del Quadernario marino caratterizzati da frequenti variazioni litologiche con corpi sabbiosi isolati intercalati da livelli argillosi sabbiosi e limo argillosi. In seguito col Quadernario continentale si sono avuti depositi clastici di varia natura e dimensioni, messi in posto dalle alluvioni dei fiumi appenninici.

La zona oggetto del presente studio rientra nel settore orientale dell'ampio bacino padano, in prossimità della zona costiera; l'evoluzione strutturale dell'area è intimamente legata alle diverse fasi tettoniche che hanno interessato il comparto Sudalpino ed Appenninico. L'area è inserita nella parte più orientale dell'arco delle pieghe appenniniche che a settentrione si accavallano alla monoclinale pedevalpina, testimonianza di un raccorciamento crostale. Le fasi tettoniche caratterizzanti tali deformazioni, hanno generato sequenze alterne di ambienti deposizionali di tipo marino, costiero, deltizio e lagunare, strettamente collegati e controllati da processi di sollevamento e di subsidenza. Il territorio ha subito importanti fenomeni di subsidenza dal Pliocene all'inizio del Quadernario; alla fine di tale periodo si instaura un importante fenomeno di sedimentazione che, in connessione con le regressioni marine provocate dalle glaciazioni, generano sedimenti continentali sovrapposti a sedimenti di origine

marina. Si assiste quindi ad una trasgressione marina con arretramento della linea di costa di svariati chilometri rispetto all'attuale a cui segue una regressione multifase che sposta verso oriente la linea di costa sino alla posizione attuale. Il complesso plio-quadernario del basso ferrarese riflette la pluralità di ambienti succedutisi in varie fasi: esso risulta infatti costituito da un alternanza di sedimenti sabbiosi, limosi ed argillosi miscelati tra loro in varie misure. L'assetto attuale del territorio, formato da fenomeni di deposizione sedimentaria legati a morfodinamiche di tipo fluviale/deltizio e costiero ha avuto un'evoluzione geologica molto recente ed appare legato anche all'attività antropica. Fino al III secolo d. C., l'area era sommersa ad eccezione della parte meridionale costituita dall'apparato deltizio Padò-Eridano; dall'Alto Medio Evo, si assiste alla progradazione dell'apparato deltizio del Volano con la bocca principale che genera l'emersione della zona a formare l'ala meridionale del nuovo apparato costituitosi. Numerosi sono i bacini lagunari e le aree paludose che hanno occupato la zona sin dall'Età del Bronzo, età a cui sono riferibili i primi cordoni litoranei ancora oggi in parte visibili. L'assetto attuale del territorio è dovuto anche all'azione antropica, che mediante svariate opere (bonifica, costruzione di argini circondariali, ecc) ha fortemente modificato l'ambiente. La litologia prevalente di tutta l'area è costituita da sabbia, di genesi litoranea dunale e di spiaggia, rinvenibile sino a profondità medie di -15.00 metri; si passa poi a sabbie limose e limi sabbiosi. Seguono in profondità le argille marine, fino a -30.00 e -50.00 m a cui seguono nuovamente sabbie continentali e di transizione. L'assetto altimetrico dell'area è legato alla sua evoluzione geomorfologica di ambiente costiero, caratterizzato da un rilevato e vasto sistema di dune costiere. La zona in oggetto è infatti ubicata su di una fascia di dune costiere contemporanee, in parte spianate e/o sepolte e risulta caratterizzata da quote di +1.00-2.00 metri sul livello medio marino.



**a1** Paleovalle del Fiumi Ronco e Montone deviate più a sud a metà del '700 (Fiumi Uniti) con depositi fluviali prevalentemente sabboso-limosi

**d** Dune (un tempo affioranti ed ora coperte da terreno di riporto) del delta di Punta Marina formatosi quando qui sfociavano i fiumi riuniti Ronco e Montone seguendo l'attuale tracciato del Canale del Molino

**S4** Cordone sabboso della costa attuale, di 7-10 m di spessore, costituito da sabbia fine con intercalate lenti argiloso-limose molto molli, le quali localmente possono risultare anche molto frequenti. Il banco di sabbia poggia su depositi argiloso-limosi normalconsolidati di ambiente marino,

**S3** Cordone Sabboso delle Pinete di San Vitale e di Classe, di 10-15 m di spessore, il quale interseca e sormonta sul lato monte il più antico cordone sabboso delle Bassette. Al banco di sabbia seguono in profondità i depositi argiloso-limosi normalconsolidati di ambiente marino con molte lenti di sabbia intercalate. Nella zona compresa fra il Candiano ed il Canale del Molino il cordone sabboso è localmente interrotto da incisioni (canali di marea e paleovalle) colme di depositi fini recenti molli.

**S2** Cordone sabboso delle Bassette (spessore 10-12 m) a cui segue in profondità un'alternanza di strati argiloso-limosi normalconsolidati di ambiente marino e lenti di sabbia fine.

**S1** Cordone sabboso di Sant'Alberto, in genere coperto da qualche metro di alluvioni recenti e terreno di riporto con resti antropici. La base del banco di sabbia è oltre i 20 m di profondità. Nella parte bassa possono essere presenti intercalazioni argiloso-limose molli. La base del banco poggia sulle alluvioni argiloso-limose della fine del Pleistocene a 24-25 m di prof.,

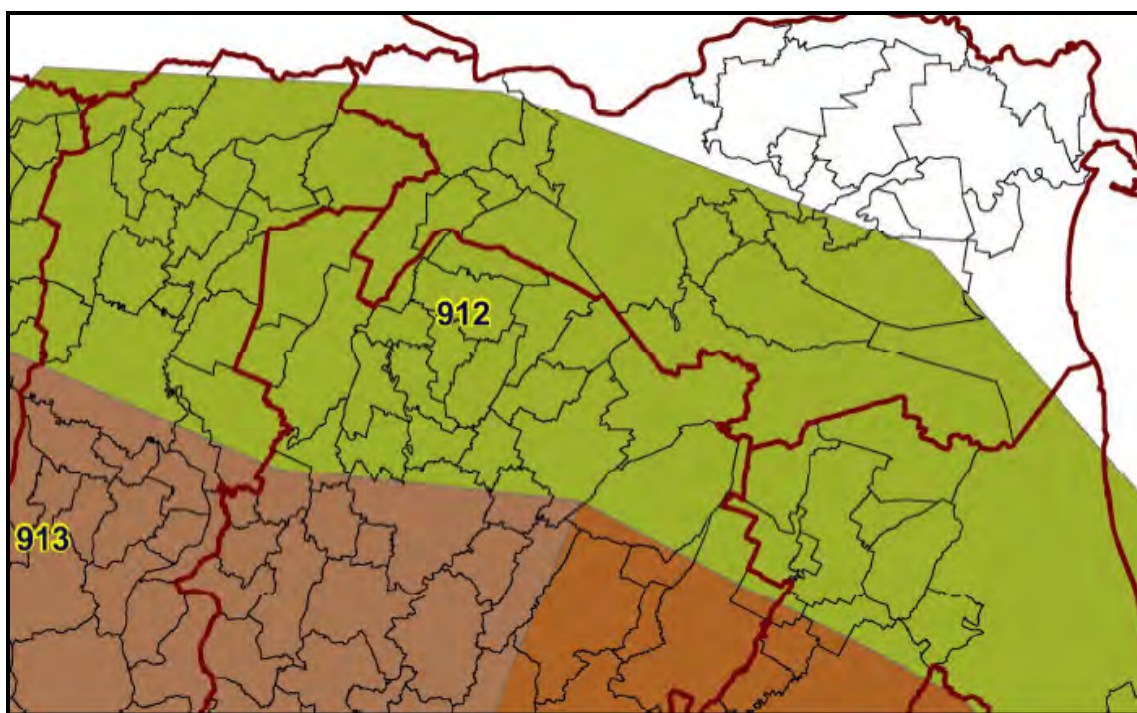
**A3** Zona con terreno superficiale costituito da alluvioni argiloso-limose recenti, passanti in basso a depositi vallivi e lagunari di spessore variabile, generalmente non elevato nell'ambito della zona interessata dal delta triangolare di Punta Marina, salvo le fasce corrispondenti ad antichi canali. Segue un banco prevalentemente sabboso fino ai 15 m di profondità e poi argiloso-limose normalconsolidate di ambiente marino con lenti di sabbia.

**A2** Zona con rilevanti spessori (anche oltre 10 m) di depositi vallivi e lagunari recenti (argilla molle ed argilla torbosa con lenti di torba e poche intercalazioni argiloso-sabbiose) che ricoprono il banco sabboso dei depositi di spiaggia e duna la cui base è oltre i 20 m di profondità.

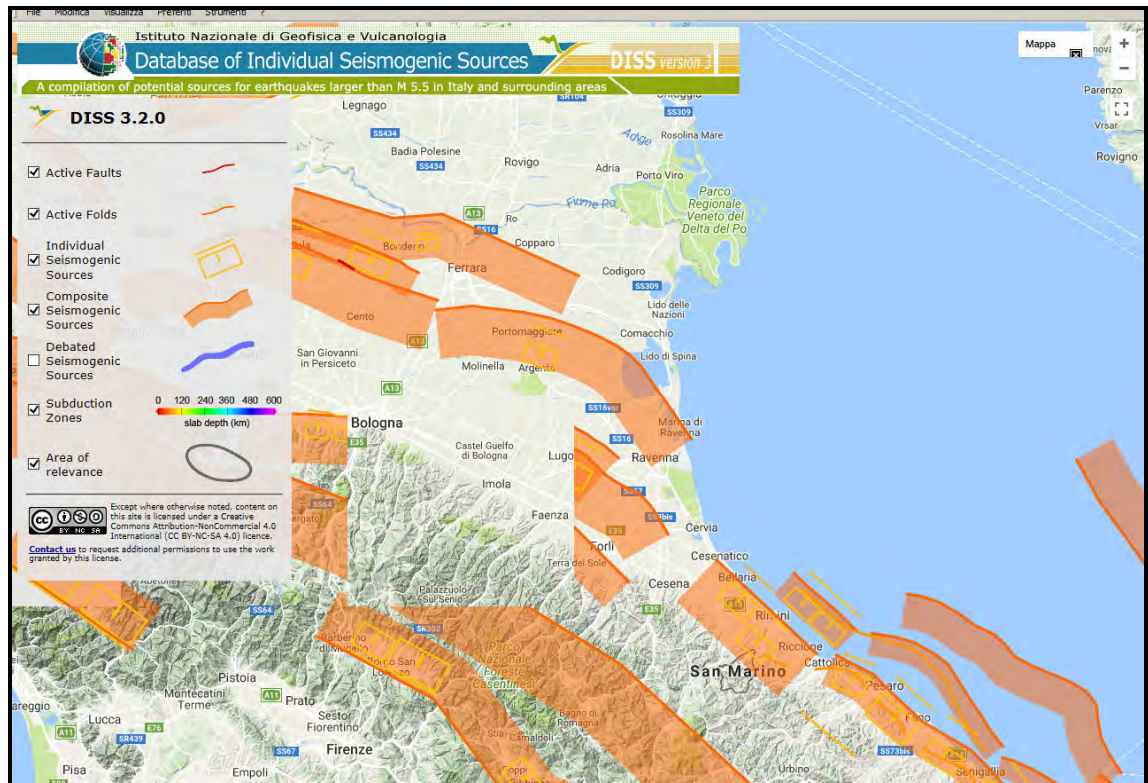
**A1** Zona a monte del cordone sabboso di Sant'Alberto, dove il banco di sabbie oloceniche è coperto da diversi metri di depositi lagunari e vallivi e da terreno di riporto con resti antropici. La base del banco di sabbia è a 23-24 m di profondità e poggia sulle alluvioni argiloso-limose della fine del Pleistocene

### 3 SISMICITA' DELL'AREA

L'attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Ravenna è stato inserito nella OPCM 3274/2003, in cui l'area comunale è entrata a far parte delle aree definite a “rischio sismico” ed inserita in zona 3; la nuova classificazione sismica mette il territorio del comune di Ravenna in zona sismica 3 con accelerazione pari **a 0.15 g secondo la normativa nazionale**. La Regione Emilia Romagna ha emanato “L’Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”. In queste linee di indirizzo si danno i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T = 0$ , espressa in frazione dell’accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), per ogni comune della regione. **Per Ravenna si è data una accelerazione di 0.164**. Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Ravenna ricade all’interno della zona sismogenetica 912 MACROAREA 012 MALALBERGO RAVENNA.







## ZONA SISMOGENETICA RAVENNA (INGV) MACRO AREA ITCS012 MALALBERGO RAVENNA

La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismotettonica. 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 IXX grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sudorientale, 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 massima 5,9.

**LA MASSIMA MAGNITUDO ATTESA IN QUESTO SITO RISULTA ESSERE 6.14.**

### 3.1 MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO ESEGUITE CON IL “TROMINO” – SASW-MASW

Dall'integrazione delle misure sismiche passive (Tromino) e attive (Masw) è possibile giungere alla valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della Vs30, Il Tromino è uno strumento in grado di misurare i microtremori. Il tremore sismico, comunemente definito “rumore sismico”, esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 \times H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore. Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici. La misurazione attiva delle SASW/MASW, permettono la misurazione della velocità delle onde di Rayleigh, comparabili con la velocità delle onde Vs, attraverso l'esecuzione di sismica attiva. Si utilizza il Tromino come acquisitore e a distanza prefissata lungo uno stendimento lineare si posiziona un Trigger e si energizza il punto. Nel caso specifico è stato realizzato stendimento secondo uno schema X-X con campionature ogni 3 m. Stendimento X (m)= 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33 36 39 42 45 48 51. La calibrazione delle misure dei microtremori e delle misure Masw è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine. La prova eseguita impiegando la suddetta metodologia dei microtremori ha evidenziato, combinata con la MASW, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), correlata ed integrata con le misure attive MASW, una  $V_{s30} = 211$  m/s. Nel caso specifico è possibile individuare, in prima analisi, la sottostante frequenza fondamentale per il deposito esaminato, anche se non ben evidenziata dalla curva H/V.

La progettazione e le verifiche del modello sismico delle opere in progetto potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.



Anche se lo spettro nei ns terreni risulta alquanto complesso da identificare in quanto non è presente un picco ben definibile, dalla esperienza si è potuto notare che la frequenza caratteristica del deposito risulta essere (almeno nelle ns pianure) attorno a circa 0.9/1.0 hz.

Frequenza fondamentale di vibrazione del deposito	
Frequenza f (hz)	Periodo T(sec)
0.90	1.11

*Per quanto riguarda la categoria del suolo di fondazione, secondo la nuova normativa di legge, si inserisce tale suolo nella categoria a cavallo della categoria C e D, in quanto i valori ottenuti dalla indagine con tromografo digitale hanno dato come valori di riferimento una velocità compresa tra 173 e 190 m/s*

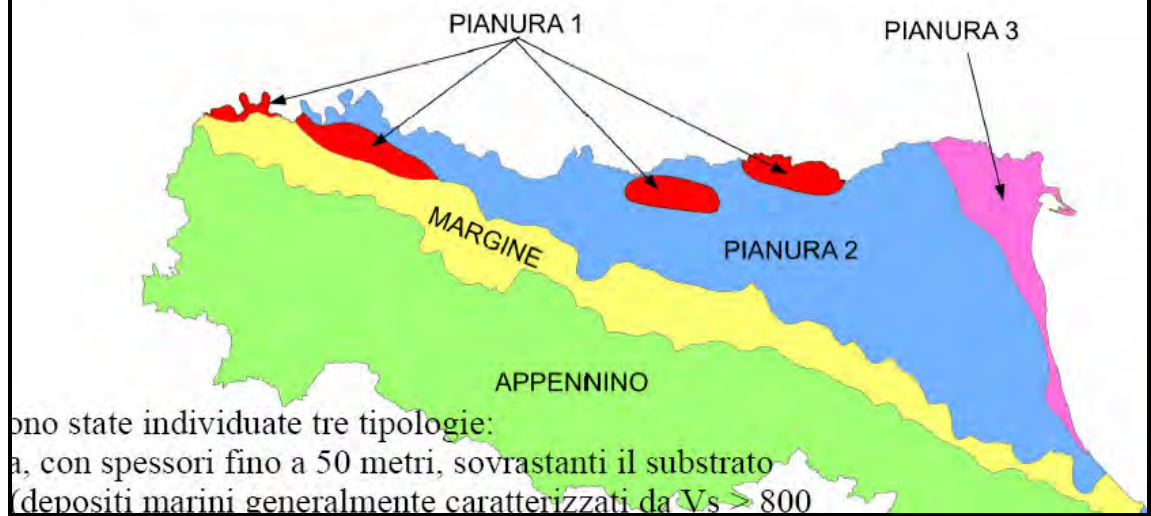
*In mancanza di indagini suppletive si ritiene opportuno effettuare i calcoli considerando un suolo di categoria "D" aventi una  $V_{s30} < 180$  m/s che corrisponde ad un valore di  $N_{spt} < 15cu < 70$  kPa*

### 3.2 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi semplificata devono essere realizzate indagini geotecniche che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura e della profondità del *bedrock* (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_sH$  e  $V_{s30}$ ) del deposito di copertura. Per il calcolo del fattore di amplificazione, secondo Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015.

Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 La Giunta Regionale ha approvato l'aggiornamento degli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (MS) per la pianificazione urbanistica, atto d'indirizzo ai sensi dell'art. 16 della LR 20/2000 (deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2 maggio 2007). In FIGURA viene mostrata la suddivisione delle zone sismogenetiche, i colori indicano i settori in cui è stato suddiviso il territorio.

# Ambienti geo-litologici



**PIANURA 3:** settore di pianura caratterizzato da elevati spessori di sedimenti prevalentemente fini e poco consolidati, alternanze di limi, argille e sabbie di ambiente alluvionale e transizionale, con substrato rigido a profondità non inferiori a 300 m dal p.c. Pur avendo ottenuto una  $V_s$  30 compresa tra 173 e 190 m/sec, (come indicato dalla relazione geofisica allegata), si considera, in termini cautelativi, una  $V_s$  pari a 200 m/sec al fine di ottenere i fattori di amplificazione.

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.3	1.3	1.3			
F.A. SI1	1.5	1.5	1.5			
F.A. SI2	2.3	2.3	2.2			
F.A. SI3	2.6	2.6	2.4			

Pianura 3. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3**.

**SI1** :  $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

**SI2** :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

**SI3** :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

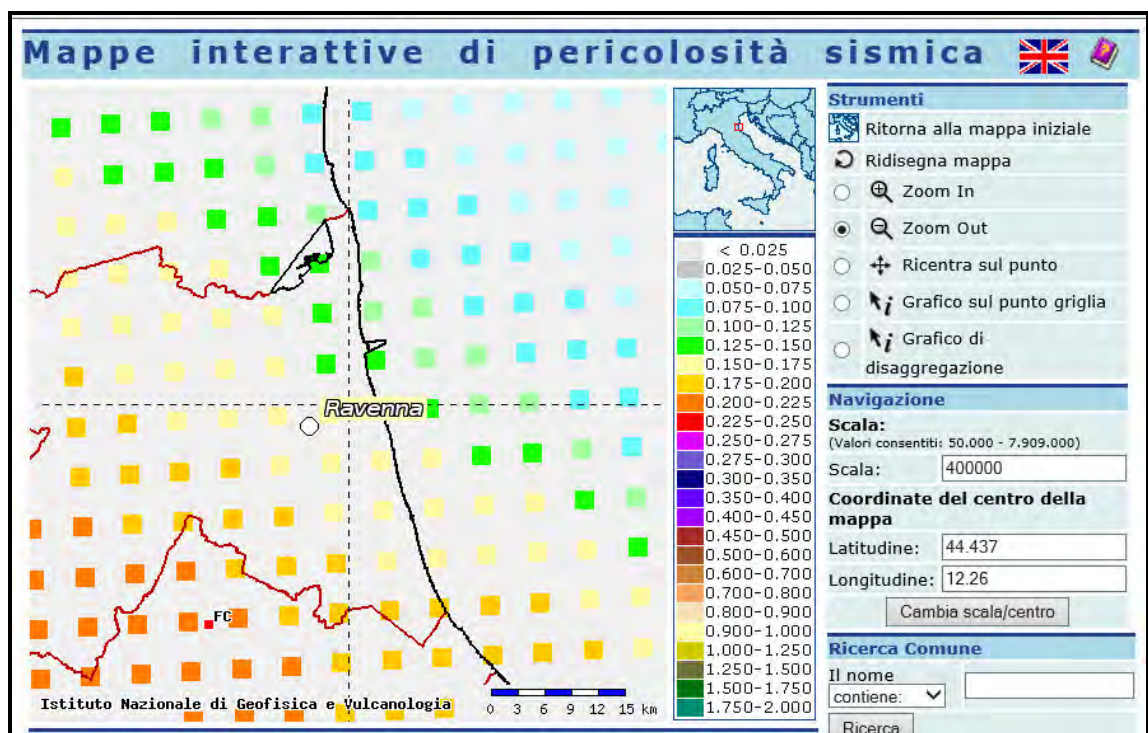
F.A. P.G.A.= 1.3

F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.1s < T_0 < 0.5s = 1.5$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.5s < T_0 < 1.0s = 2.3$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.5s < T_0 < 1.5s = 2.6$

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 14/01/2008, prevede per il comune di Ravenna una accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T=0$  e su suolo rigido ( $V_{s30} > 800\text{m/sec}$ ), appartenente all'intervallo  $0,175g - 0,200g$ , con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale. In FIGURA si riporta un particolare della mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV, secondo la Tabella 1, allegata alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.



## Sito in esame.

latitudine: 44,4642362750762

longitudine: 12,2379387744762

Classe: 2

Vita nominale: 50

## Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16965 Lat: 44,4782 Lon: 12,2294 Distanza: 1693,641

Sito 2 ID: 16966 Lat: 44,4789 Lon: 12,2994 Distanza: 5139,556

Sito 3 ID: 17188 Lat: 44,4289 Lon: 12,3004 Distanza: 6323,874

Sito 4 ID: 17187 Lat: 44,4282 Lon: 12,2304 Distanza: 4053,576

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,043 g

Fo: 2,488

Tc\*: 0,262 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,054 g

Fo: 2,490

Tc\*: 0,276 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,149 g

Fo: 2,575

Tc\*: 0,278 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,199 g

Fo: 2,524

Tc\*: 0,283 [s]

#### Coefficienti Sismici

##### SLO:

Ss: 1,800

Cc: 2,440

St: 1,000

Kh: 0,016

Kv: 0,008

Amax: 0,763

Beta: 0,200

##### SLD:

Ss: 1,800

Cc: 2,380

St: 1,000

Kh: 0,020

Kv: 0,010

Amax: 0,960

Beta: 0,200

##### SLV:

Ss: 1,800

Cc: 2,370

St: 1,000

Kh: 0,065

Kv: 0,032

Amax: 2,636

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,650

Cc: 2,350

St: 1,000

Kh: 0,079

Kv: 0,039

Amax: 3,216

Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 44.463304

longitudine: 12.236967

### 3.3 STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua. Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto da una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso. In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico. In definitiva, un'elevata magnitudo del sisma e una lunga durata dello stesso rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito a prevalenza sabbiosa. Dall'analisi dei fattori che predispongono un terreno alla liquefazione, tra i quali la granulometria, la profondità del livello potenzialmente liquefacibile, il grado di addensamento dei depositi, in linea generale si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti costituiti da sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile dallo 0 al 25%, si trovano sotto falda, sono da poco a mediamente addensati e si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori a 15 metri). Per la presenza di depositi granulari/incoerenti con spessori > 1,00 m e saturi d'acqua, si

ritiene necessario eseguire la verifica a liquefazione. Come indicato nella DAL n. 112/2007, tra i metodi semplificati sono raccomandati quelli basati su prove CPT e tra questi in particolare il metodo di Idriss & Boulanger, 2004-2008. Per il presente studio sono state quindi realizzate le verifiche della propensione alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma sulle verticali delle prove penetrometriche statiche eseguite. Per i calcoli è stato utilizzato il programma "Cliq 2.1" della Geologismiki Geotechnical Software, sviluppato in collaborazione con il Prof. Peter Robertson. L'algoritmo di calcolo utilizzato si basa sul metodo di Idriss & Boulanger, 2004-2007. Le analisi eseguite seguono le procedure di riferimento dettate dall'NCEER. Lo stesso software esegue il calcolo dei cedimenti attesi secondo il metodo proposto da Zhang ed al. (2002), calcolando per tutti i livelli che hanno un fattore di sicurezza inferiore a 2. Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza FSL, definito dal rapporto CRR su CSR. La metodologia utilizzata permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica  $q_c$  normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR e CSR). Il fattore di sicurezza alla liquefazione FSL è definito dal rapporto:  $FSL = CRR \cdot MSF / CSR$  (dove MSF è il coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma. La liquefazione è in relazione al fattore di sicurezza nel seguente modo

- $FS_L > 1,0$                       **liquefazione assente**
- $1,0 < FS_L < 1,25$             **liquefazione possibile**
- $FS_L < 1,00$                     **liquefazione molto probabile**

Secondo la normativa i livelli di sabbia presenti alla varie profondità potrebbero avere problematica secondo questa problematica ma tale livello risulta essere troppo sottile per poter essere preso in considerazione per tale pericolo. E' necessario considerare che, secondo alcuni autori (Sherif-Ishibashi, 1978), occorre che i depositi siano costituiti da sabbie o sabbie limose con frazione fine inferiore al 25% che si trovino sotto il livello statico di falda e che siano sovrastati da livelli non liquefacibili con spessore inferiore a 3 metri. I valori dei fattori di sicurezza ottenuti dalle verifiche, comunque superiori all'unità, uniti alla presenza di depositi coesivi dello spessore di almeno 10 metri al di sopra degli strati sabbiosi potenzialmente liquefacibili portano a concludere che i rischi in tal senso nell'area interessata dall'intervento edilizio si possono considerare

estremamente ridotti. Si segnala comunque che, nel caso specifico, alcuni livelli degli strati considerati presentano fattori di sicurezza inferiore a 1; pertanto, per maggiore dettaglio, si è proceduto alla Valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  secondo quanto riportato nell'Allegato A3 della Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 – Oggetto n. 2131 del 2 Maggio 2007, modificato dalla DGR 2193-2015 allegato A3, il rischio di liquefazione in base ai valori di tale indice risulta essere:

$I_L =$	→	NON LIQUEFACIBILE ( $F_l > 1.2$ )
$0 < I_L \leq 2$	→	RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "BASSO"
$2 < I_L \leq 5$	→	RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "MODERATO"
$5 < I_L \leq 15$	→	RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "ALTO"
$I_L > 15$	→	RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "MOLTO ALTO"

L'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$  è definito dalla seguente relazione:

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

in cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri e  $w(z) = 10 - 0.5z$ ; ad una data 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.

A seconda dei diversi autori si sono ottenuti i seguenti risultati.

**Idriss & Boulanger, 2004-2007:** dallo sviluppo dei calcoli attraverso il software CLIQ, si ottiene un valore di  $I_L = 1.28$  consente, nel caso specifico, di attribuire al sito in questione un **rischio di liquefazione basso**.

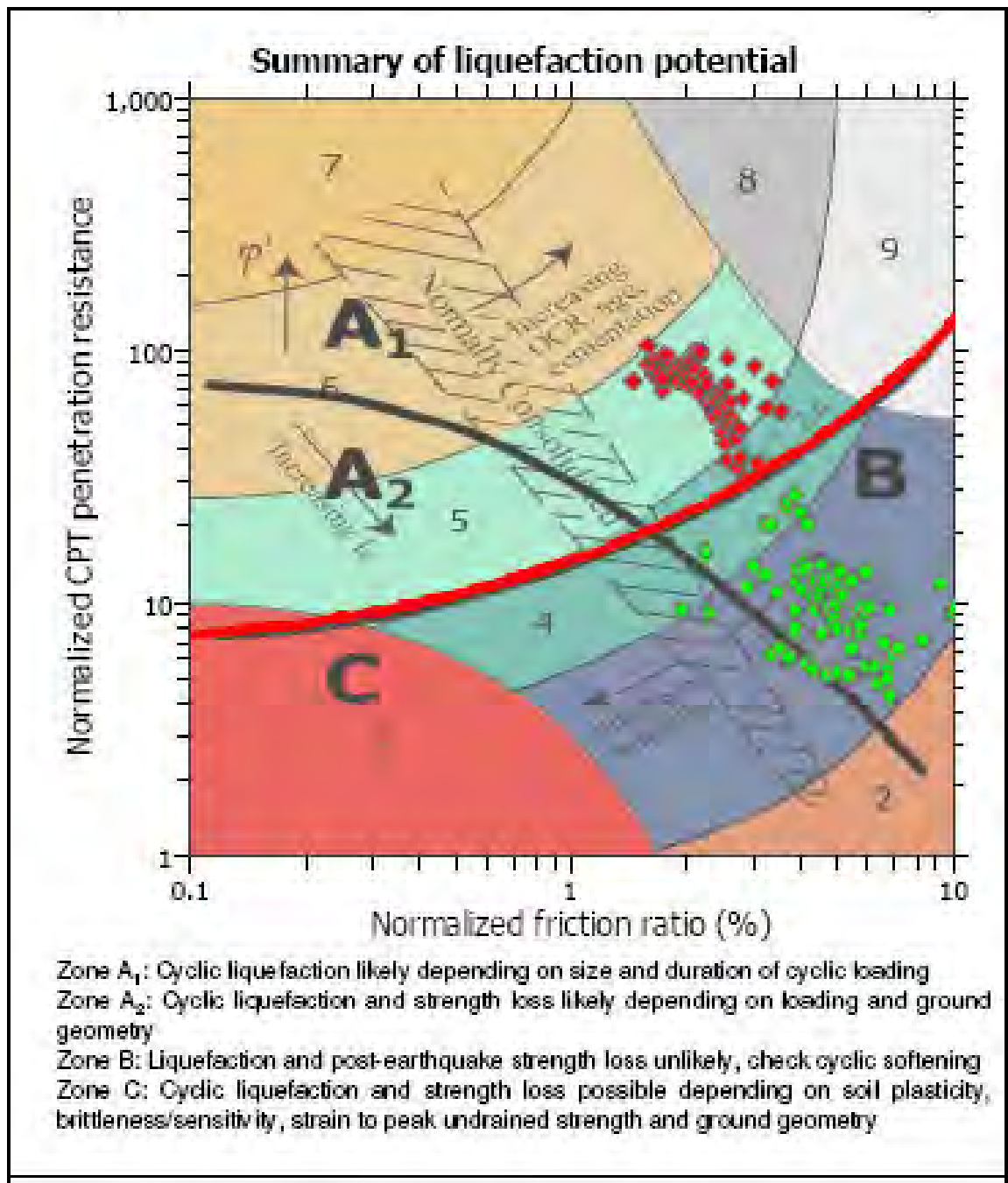
**Idriss & Boulanger, 2004-2007:** dallo sviluppo dei calcoli attraverso il software CLIQ, si ottiene un valore di  $I_L = 3.13$  consente, nel caso specifico, di attribuire al sito in questione un **rischio di liquefazione moderato**.

### 3.4 CEDIMENTI POST SISMICI

In condizioni di sisma vi possono essere effetti di "riordino" dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi e che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi. Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento "non drenato"),



provocate da perdite di resistenza. Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine “cyclic softening” (Idriss & Boulanger, 2004-2007). Per la stima dei cedimenti post sisma, si è proceduto alla verifica basata sulla classificazione di comportamento di tutti i terreni proposta da Robertson (1990; 2009). La figura propone il diagramma (Q<sub>tn</sub>-F) di classificazione nel quale si distinguono le zone di potenziale liquefazione e/o di “cyclic softening”. Le zone A1 e A2 corrispondono ai sedimenti di bassa coesione attribuibili a comportamento granulare e suscettibili di liquefazione ciclica, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona A2 risultano più suscettibili a perdite anche significative di resistenza in caso di sisma; le Zone B e C ( $I_c > 2,6$ ) corrispondono invece ai terreni coesivi a comportamento argilloso ed entrambi sensibili a “cyclic softening”, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona C risultano più suscettibili a perdite di resistenza post-sisma. Limi non plastici saturi spesso cadono nella zona C, tuttavia, il loro CRR è fortemente controllato dalla coesione non drenata  $c_u$ .



Nella medesima figura è riportato, inoltre, il plottaggio dei risultati dell'indagine CPT: si evince che i sedimenti a comportamento granulare ( $I_c > 2,60$ ), si distribuiscono quasi totalmente nel campo A1 (sabbie – da sabbie pulite a sabbie limose). I depositi fini ricadono prevalentemente nella zona B. La verifica ha tenuto conto di un livello piezometrico in caso di sisma pari a -1 m e considerando che nei primi 20 metri sono preponderanti i depositi sabbioso limosi, l'analisi dei cedimenti è stata impostata esclusivamente sulle tessiture granulari in condizioni sature. Cedimenti post-sismici in terreni granulari saturi. Nei sedimenti saturi a comportamento granulare, in particolare,

si è proceduto alla stima automatica dei cedimenti utilizzando la recente procedura di Robertson (2009). L'approccio si basa sulla valutazione delle deformazioni volumetriche post-cicliche e calcola i cedimenti sulla base dell'entità del fattore di sicurezza alla liquefazione FL calcolato (se  $<1,25$ ) e sulla base degli esiti di densità relativa  $D_r$  desunti dalle resistenze di punta  $(q_{c1N})_{cs}$ , in accordo con le correlazioni per le stime dei cedimenti di post-liquefazione nelle sabbie sature da prove CPT proposte da Zhang et Al. (2007). I risultati cumulativi dei cedimenti indotti da sisma sono anch'essi stati calcolati attraverso il software Cliq v. 2.2 della Geologismiki Geotechnical Software e riportati graficamente in allegato: in sintesi, si sono ottenuti valori di cedimento pari a **3.69 cm.**

#### 4 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE GEOTECNICHE

L'area in esame è compresa fra la via Baiona, via Canale Magni e canaletta Anic, nella parte meridionale del comparto Ponticelle. Il presente studio, inteso a **verificare l'idoneità dell'area da un punto di vista geologico agli usi proposti**, e' basato sull'analisi estesa ad un adeguato intorno degli aspetti geomorfologici, litologici, e idrologici in modo da caratterizzare l'area nel suo insieme in quanto rivestono particolare importanza ai fini della futura edificazione.

Una volta definiti gli obbiettivi dell'indagine, si e' proceduto alla raccolta dei dati esistenti in bibliografia ed ai sopralluoghi di campagna. **Questa relazione va a completare quella già eseguita nel settembre 2012**, redatta dal dott. geol. Angeli Angelo di Cesena e **tutta la relazione si basa sulle sue indagini effettuate a suo tempo per la redazione del PUA**. In particolare, nel 2012 furono realizzate 3 prove penetrometriche statiche eseguite con punta meccanica (CPT) spinte fino alla profondità di 30 metri dal p.c., in modo da acquisire i parametri litologici e geotecnici necessari a verificare l'edificabilità, e 2 indagini geofisiche per la determinazione del parametro  $v_{s,30}$  (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità) mediante tromografo digitale "Tromino". In aggiunta a queste prove, sono state consultate alcune indagini presenti in archivio:

- 6 prove penetrometriche ed un sondaggio a carotaggio continuo eseguite in prossimità dell'area in esame;
- un'indagine geofisica "Tromino" eseguita nell'area di via Baiona.

Per maggiori dettagli sull'ubicazione delle indagini e sui risultati delle stesse, si rimanda alla relazione geologica del settembre 2012, di cui vengono di seguito sintetizzate le conclusioni:

- a. stratigrafia del terreno: **"Dalle sezioni risulta evidente come la stratigrafia del terreno sia sostanzialmente uniforme su tutta l'area in esame"**;
- b. caratteristiche geotecniche del terreno: **"La situazione del terreno di fondazione è tale da consentire in generale l'adozione di fondazioni dirette"**;
- c. aspetti sismici: **"Nessuno degli strati analizzati è risultato liquefacibile per cui si può escludere il pericolo di liquefazione per l'area in esame (secondo quanto**

riportato dal dott. Angeli Angelo); secondo l'autore Idriss&Boulanger 2014 l'area ha un potenziale di liquefazione definito moderato.

In sintesi, non avendo ad oggi effettuato indagini geognostiche ulteriori nell'area in esame e viste le prescrizioni della Conferenza dei Servizi del 20.11.2017, **gli obiettivi del presente documento** vengono di seguito elencati:

1. integrare la relazione geologica del settembre 2012 secondo opportune indicazioni in materia di normativa sismica regionale, riportate nel Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n.2913/2015;
2. rispondere alle prescrizioni della Conferenza dei Servizi del 20.11.2017 in merito alla compatibilità, dal punto di vista geotecnico, dei futuri interventi di riqualificazione industriale con l'intervento di messa in sicurezza previsto dal Progetto Operativo di Bonifica.

## 5 COMPATIBILITÀ GEOTECNICA CON LA FUTURA RIQUALIFICAZIONE

L'intervento di Messa In Sicurezza Permanente (MISP), adeguatamente dettaglio nel Progetto Operativo di Bonifica (POB), prevede un capping di copertura che risponda ai seguenti requisiti:

- isolamento dei materiali interrati dall'ambiente esterno;
- minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua;
- riduzione al minimo degli interventi di manutenzione;
- resistenza agli assestamenti ed alle sollecitazioni (anche transiti soprastanti il pacchetto).

Il sistema di copertura sarà costituito da un pacchetto multistrato, formato dai seguenti elementi (dall'alto verso il basso):

1. strato di protezione/copertura con spessore minimo di 50 cm (di tipologia differente in base alle previsioni di sviluppo futuro delle aree);
2. geocomposito drenante a protezione del telo sottostante ed in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra i manti geosintetici di impermeabilizzazione;
3. geomembrana impermeabile in HDPE da 1,5 mm di spessore (funzione di impermeabilizzazione);
4. geocomposito bentonico (con funzione barriera naturale a bassa permeabilità).

5. strato di regolarizzazione con spessore variabile.

Al termine della posa del sistema di copertura, l'intervento di MISP sarà soggetto a due fasi distinte di carico, ovvero:

1. fase transitoria, in cui lo strato di protezione/copertura verrà opportunamente aumentato in termini di spessore in base alle installazioni previste dalla futura riqualifica industriale;
2. fase a lungo termine, in cui l'intero pacchetto multistrato sarà soggetto ad ulteriori carichi a seconda della tipologia di riqualificazione:
  - aree destinate ad infrastrutture stradali e parcheggi;
  - aree verdi di mitigazione standard;
  - aree destinate all'impianto fotovoltaico
  - aree destinate ad attività produttive con edifici e impianti.

Sulla base di quanto sopra esposto ed analizzando strutturalmente il pacchetto impermeabile del capping (geomembrana impermeabile in HDPE e geocomposito bentonitico), **la condizione di carico più gravosa risulta essere quella sviluppata nelle aree destinate ad attività produttive con edifici e impianti.**

Secondo quanto riportato nel POB, è stato valutato in via preliminare di installare strutture con opere fondazionali di tipo superficiale, al fine di evitare l'insorgere di forze localizzate e di permettere una distribuzione omogenea degli sforzi, con carico strutturale agente sul piano di appoggio variabile indicativamente da 0,5 kg/cm<sup>2</sup> a 5 kg/cm<sup>2</sup>. Lo spettro di carico è legato alla possibilità di installare diverse soluzioni di fondazioni superficiali (plinti, travi rovesce, platee), le quali distribuiscono differentemente il carico delle strutture fuori terra.

Il pacchetto impermeabile del capping, costituito dalla geomembrana impermeabile in HDPE e dal geocomposito bentonitico, risulta essere:

- altamente deformabile e quindi adattabile rispetto ai terreni di copertura e di riprofilatura in cui è inserito;
- di spessore trascurabile rispetto agli strati di terreno confinanti;
- solidale, sia fisicamente che in termini di risposta strutturale, ai terreni di copertura e di riprofilatura.

**Tale configurazione implica che il pacchetto impermeabile non risulti essere sostanzialmente soggetto ai carichi fondazionali.**

Un approfondimento in merito alla resistenza strutturale della geomembrana e del geocomposito può essere condotto attraverso **l'analisi dei cedimenti legati ai carichi insistenti**.

A titolo esemplificativo, ipotizzando la realizzazione di un edificio a due piani fuori terra con le seguenti caratteristiche:

- fondazione diretta su platea impostata a **0.40/0.50 m** con ingombri in sagoma di area pari a 400 mq (in pianta 20 \* 20 m);
- pressione massima scaricata sul terreno di fondazione in riferimento allo SLE (Stato Limite di Esercizio) pari a circa 0.60-0.80 kg/cm<sup>2</sup>;

è possibile calcolare i cedimenti attesi sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e definendo i seguenti parametri:  $\Delta S_n$  = incremento di carico dello strato n;  $m_{a,n}$  = indice di compressibilità volumetrica dello strato n, dedotto da correlazioni empiriche con  $R_p$  (resistenza alla punta misurata con il penetrometro), dedotte da tabella;  $H_n$  = spessore dello strato n;  $\Delta S_n$  = cedimento dello strato n;  $S_{TOT}$  = cedimento totale.

Si applica quindi la formula  $\Delta S_n = \Delta P_{an} \times m_v \times H_n$ . Sotto questi carichi il cedimento previsto risulta essere di circa 5/8 cm.

Pertanto, considerando ulteriormente di analizzare i cedimenti anche nelle condizioni di carico in riferimento allo SLU (Stato Limite Ultimo), **l'ordine di grandezza dei cedimenti risultanti è comunque non paragonabile con le caratteristiche prestazionali del pacchetto impermeabile**, il quale garantisce:

- elevate resistenze alla trazione, al punzonamento ed alla lacerazione;
- estrema deformabilità (la membrana in HDPE garantisce valori di allungamento a snervamento superiore al 10% ed allungamenti a rottura dell'ordine dell'800%).

Per quanto sopra, l'analisi dettagliata dei cedimenti (assoluti e differenziali) in fase di progettazione esecutiva verrà sviluppata per soddisfare *in primis* la verifica dell'integrità strutturale, sia in termini di SLE che SLU, degli edifici/impianti fuori terra a seconda della tipologia di opera fondazionale (garanzia della compatibilità strutturale). I cedimenti calcolati per soddisfare gli stati limite non vanno ad influire sulle caratteristiche prestazionali dell'intervento di MISP.

In sintesi, si può confermare che:



- l'intervento di MISP è compatibile a livello geotecnico, sia in termini di resistenza al carico che alle deformazioni, con le future opere di riqualificazione industriale.



Assieme alla compatibilità geotecnica, dovrà essere garantito il mantenimento dell'efficacia del sistema di isolamento delle matrici ambientali offerte dal capping di progetto previsto nel POB. In particolare, nel corso della progettazione delle opere, dovranno essere tenuti in considerazione i seguenti elementi di attenzione:

- si dovrà tener conto della presenza del capping di messa in sicurezza del sito, costituito, oltre che dallo strato di regolarizzazione sottostante, da un pacchetto di materiali geosintetici (geocomposito bentonico + geomembrana in HDPE + georete drenante) e dal sovrastante terreno di copertura/protezione di spessore  $\geq 50$  cm;
- si dovrà comunque garantire che la deformazione attesa, legata allo sviluppo di cedimenti differenziali dei terreni, sia tale da:
  - non sottoporre la geomembrana in HDPE a deformazioni superiori al suo carico di snervamento, quantificabile in un allungamento max. del telo del 10% rispetto alla configurazione indeformata, pur rimarcando che anche in seguito a snervamento, sono garantiti allungamenti del telo dell'ordine dell'800%, prima dell'insorgenza di fenomeni di rottura;
  - non permettere l'eventuale formazione di contropendenze tali da alterare il sistema di regimazione delle acque nei bacini di laminazione permanenti;
- si dovrà garantire il mantenimento di un franco di sicurezza di circa 50 cm dai teli geosintetici nel caso di realizzazione di pavimentazioni carrabili e fondazioni superficiali di strutture pesanti;
- si dovrà garantire il mantenimento di un franco di sicurezza di circa 20 cm dai teli geosintetici nel caso di realizzazione di sottoservizi (scatolari, cavidotti, tubazioni, ecc.).

In fase di progettazione esecutiva sarà condotta una campagna di caratterizzazione geotecnica finalizzata a definire nel dettaglio la risposta geomeccanica sia del terreno in posto che di quello facente parte del capping. Tali risultati fungeranno da base per la riformulazione dei carichi strutturali e dei cedimenti derivanti. In particolare, la

progettazione delle strutture fuori terra sarà sviluppata in funzione dei cedimenti assoluti e differenziali, sia nel breve che nel lungo termine (possibili fenomeni di consolidazione nel caso di presenza di lenti argillose).

Infine, si precisa che **le quote dei riporti di terreno, di caratteristiche certificate, che saranno previste nell'ambito degli interventi di urbanizzazione primaria e di riqualifica industriale, consentiranno spessori adeguati per la compresenza nelle varie aree delle opere previste.** Inoltre, si rappresenta che sarà valutata la necessità di adottare opportune soluzioni tecniche per l'ottimizzazione della capacità portante in funzione delle future opere previste da PUA/riqualifica industriale (a riguardo, nel POB è previsto il consolidamento dei terreni con calce nelle aree destinate ad infrastrutture stradali e parcheggi).

	SITO/LOCALITA' Ravenna (RA)	N° DOC. 090001-ENG-R-RV-6296	PVI: 090001	N° COMMESSA RE-0001-BSRA-3-I
	TITOLO Progettazione FEED PUA - Area Ponticelle		Pag. 24 di 27	
	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE  TEBO	INDICE DI REV. 00	

**ANNESSO 2: Indagini geognostiche in area FORSU: Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, prelievo campioni indisturbati, SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati, Prove penetrometriche CPTU (con prove dissipazione), Indagine georadar Prove sismiche in sito MASW e HVSR. Sito Eni Ravenna – area Ponticelle. Report attività svolte (Gaia, marzo-aprile 2018)**



**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

---

## **INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo,  
prelievo campioni indisturbati,  
SPT in foro e prelievo campioni rimaneggiati,  
Prove penetrometriche CPTU,  
Prove di dissipazione,  
Rilievo topografico**

**sito ENI**

**Ravenna – area Ponticelle**

### **REPORT ATTIVITA' SVOLTE**

**Periodo attività: 08 Marzo - 06 Aprile 2018**

## ATTIVITA' IN SITO

Nel periodo compreso tra l'8 marzo e il 6 aprile 2018 sono state eseguite attività di caratterizzazione geognostica sul sito Eni Ravenna - Ponticelle. Le attività hanno riguardato, in particolare:

- ☑ Realizzazione di n°3 sondaggi stratigrafici a caro taggio continuo, denominati BH\_01, BH\_02 e BH\_03;
- ☑ Prelievo campioni indisturbati, n°2 per ciascun ca rotaggio, destinati a prove di laboratorio geotecnico (trattate nel capitolo successivo);
- ☑ Realizzazione di n°32 (complessive) prove SPT, a punta aperta, in foro di sondaggio, con prelievo campioni rimaneggiati da destinare a prove di laboratorio geotecnico (trattate nel capitolo successivo).
- ☑ Realizzazione di n°7 prove penetrometriche statiche e di tipo CPTU, denominate CPTU 1, CPTU 2, CPTU 3, CPTU 4, CPTU 5, CPTU 6 e CPTU 7;
- ☑ Realizzazione di n°3 (complessive) prove di dissipazione durante l'esecuzione delle prove penetrometriche
- ☑ Rilievo topografico di tutti i punti indagine (carotaggi e penetrometrie)

In **Allegato 1** si riportano le stratigrafie relative a BH\_01, BH\_02 e BH\_03; in **Allegato 2** si riporta log stratigrafico delle CPTU, con sintesi parametri geotecnici; in **Allegato 3** si riporta certificato delle prove di dissipazione eseguite; in **Allegato 4** si riporta planimetria con ubicazione punti indagine (da rilievo topografico), unitamente alle quote; in **Allegato 5** si riporta copia dei certificati di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni indisturbati e in **Allegato 6** si riporta copia dei certificati di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni rimaneggiati

Di seguito si riporta documentazione fotografica relativa all'esecuzione delle attività svolte.

## SONDAGGI STRATIGRAFICI CON PROVE SPT IN FORO

### SONDAGGIO BH-01



**Fig. 1.** Posizionamento ed esecuzione del sondaggio BH-01 con sonda Gaia.



**Fig. 2.** Carote del tratto tra 0,0m e 5,0m da p.c. del sondaggio BH-01.





**Fig. 3.** Carote del tratto tra 5,0m e 10,0m da p.c. del sondaggio BH-01.



**Fig. 4.** Carote del tratto tra 10,0m e 15,0m da p.c. del sondaggio BH-01.





**Fig. 5.** Carote del tratto tra 15,0m e 20,0m da p.c. del sondaggio BH-01. Campione indisturbato di tipo Shelby (BH-01 Sh1) prelevato tra 15,0m e 15,5m da p.c.



**Fig. 6.** Carote del tratto compreso tra 20,0m e 25,0m da p.c. del sondaggio BH-01. Campione indisturbato di tipo Shelby (BH-01 Sh2) prelevato tra 21,0m e 21,5m da p.c.





**Fig. 7.** Carote del tratto compreso tra 25,0m e 30,0m da p.c. del sondaggio BH-01.



**Fig. 8.** Carote del tratto compreso tra 30,0m e 35,0m da p.c. del sondaggio BH-01.



**Fig. 9.** Esecuzione prove SPT durante il sondaggio BH-01



## SONDAGGIO BH-02



**Fig.10.** Posizionamento ed esecuzione del sondaggio BH-02 con sonda Gaia.



**Fig. 11.** Carote del tratto compreso tra 0,0m e 0,5m da p.c. del sondaggio BH-02





**Fig. 12.** Carote del tratto compreso tra 5,0m e 10,0m da p.c. del sondaggio BH-02.



**Fig. 13.** Carote del tratto compreso tra 10,0m e 15,0m da p.c. del sondaggio BH-02.





**Fig. 14.** Carote del tratto compreso tra 15,0m e 20,0m da p.c. del sondaggio BH-02. Vuoto tra 15,0m - 15,5m e 19,5m-20,0m per prelievo campioni indisturbati.



**Fig. 15.** Carote del tratto compreso tra 20,0m e 25,0m da p.c. del sondaggio BH-02.





Fig. 16. Carote del tratto compreso tra 25,0m e 30,0m da p.c. del sondaggio BH-02.

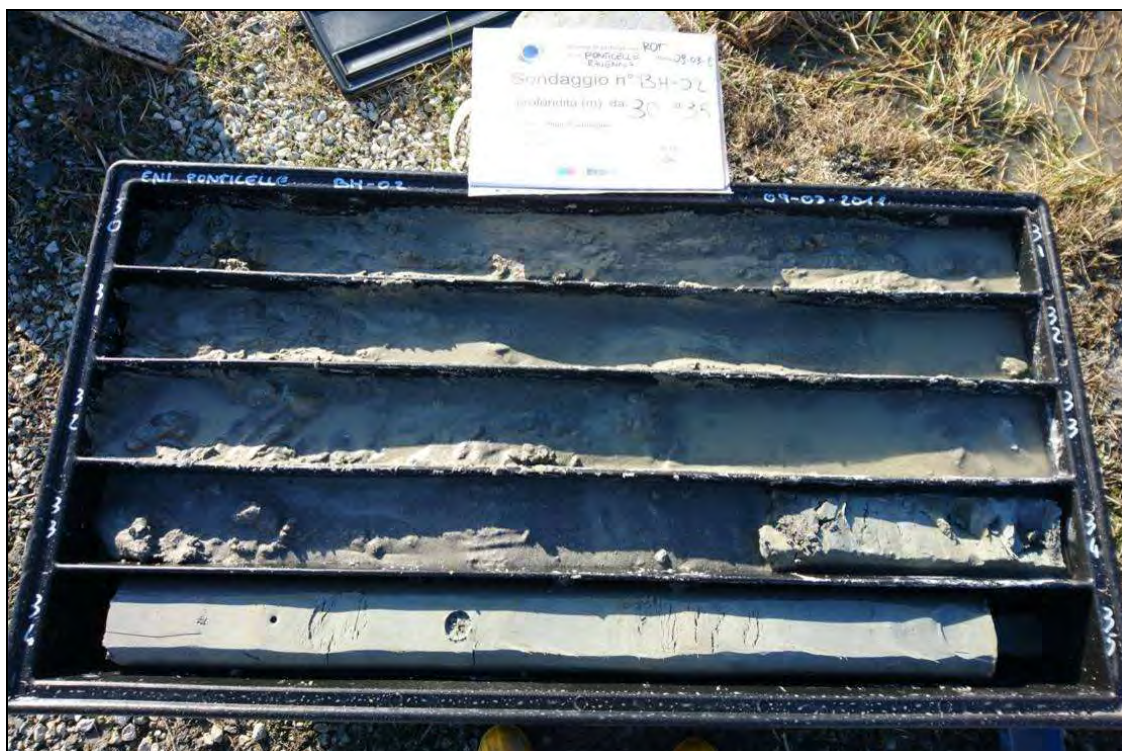


Fig. 17. Carote del tratto compreso tra 30,0m e 35,0m da p.c. del sondaggio BH-02.





**Fig. 18.** Campioni indisturbati di tipo Shelby (Sh-01, Sh-02) prelevati durante il sondaggio BH-02.



**Fig. 19.** Esecuzione delle prove SPT all'interno del sondaggio BH-02.

### SONDAGGIO BH-03



**Fig.20.** Posizionamento ed esecuzione del sondaggio BH-03 con sonda Gaia.



**Fig. 21.** Carote del tratto compreso tra 0,0m e 5,0m da p.c. del sondaggio BH-03





Fig. 22. Carote del tratto compreso tra 5,0m e 10,0m da p.c. del sondaggio BH-03



Fig. 23. Carote del tratto compreso tra 10,0m e 15,0m da p.c. del sondaggio BH-03.



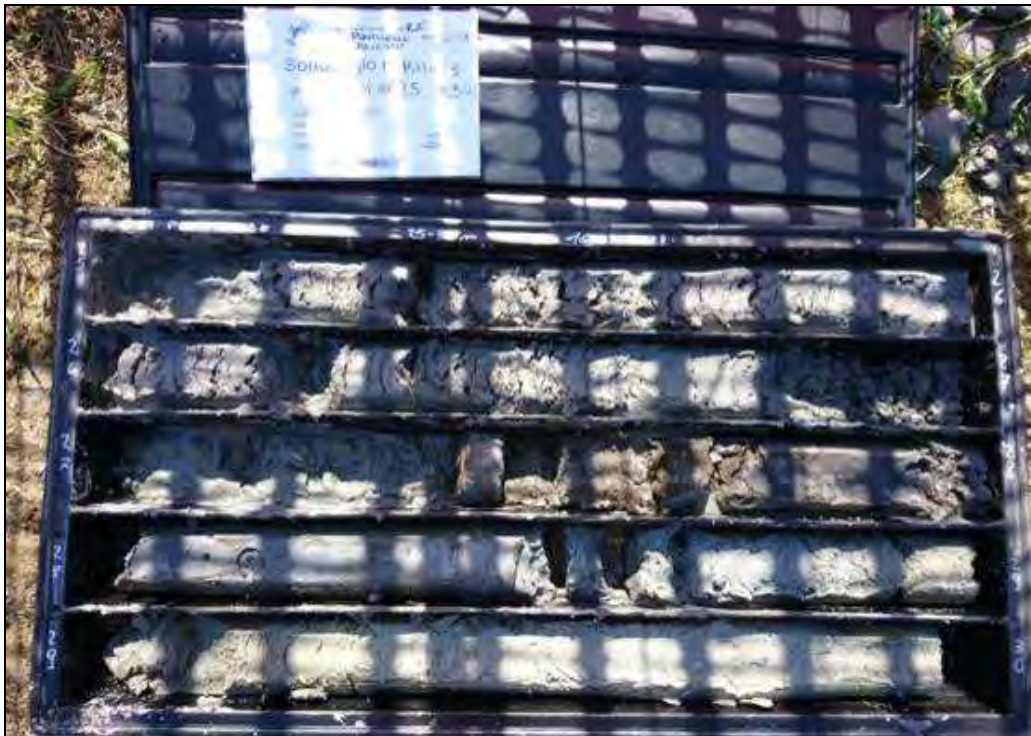


**Fig. 24.** Carote del tratto compreso tra 15,0m e 20,0m da p.c. del sondaggio BH-03. Campione indisturbato di tipo Shelby (BH-03 Sh1) prelevato tra 18,0m e 18,5m da p.c.



**Fig. 25.** Carote del tratto compreso tra 20,0m e 25,0m da p.c. del sondaggio BH-03. Vuoto tra 21,0m - 21,5m per prelievo campione indisturbat BH\_03 Sh 2.



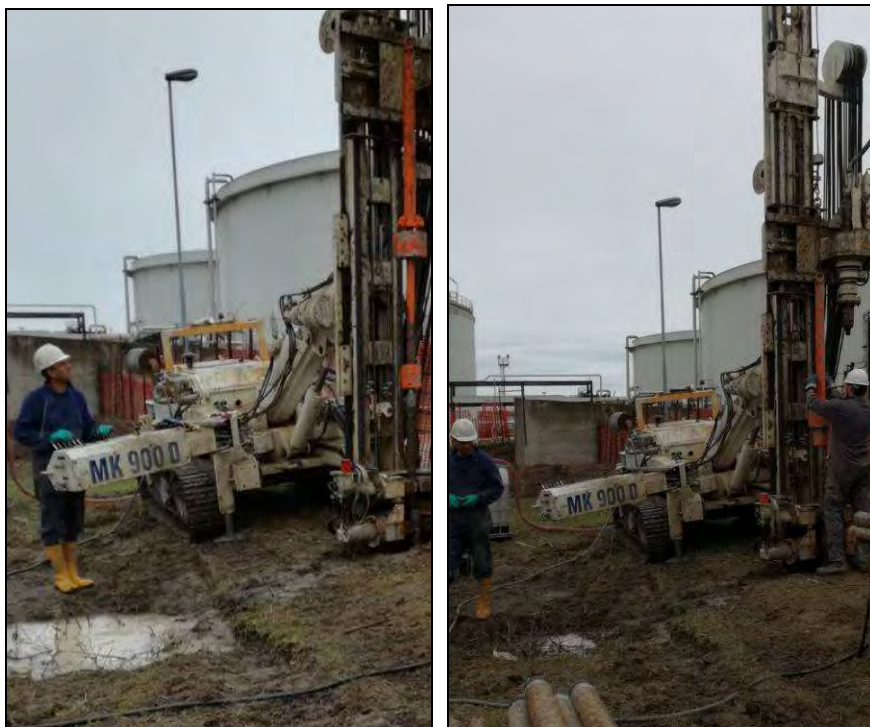


**Fig. 26.** Carote del tratto compreso tra 25,0m e 30,0m da p.c. del sondaggio BH-03



**Fig. 27.** Carote del tratto compreso tra 30,0m e 35,0m da p.c. del sondaggio BH-03.





**Fig. 28.** Esecuzione delle prove SPT all'interno del sondaggio BH-03.



**Fig. 29.** Apertura del campionatore utilizzato per le SPT effettuate all'interno dei sondaggi.



### PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPTU



**Fig. 30.** Esecuzione della prova CPTU-01, piazzamento della sonda (Geoprobe Gaia), segnaletica di sicurezza e delimitazione dell'area con nastro B/R.



**Fig. 31..** Esecuzione della prova CPTU-02, piazzamento della sonda (Geoprobe Gaia), segnaletica di sicurezza e delimitazione dell'area con nastro B/R.



**Fig. 32..** Esecuzione della prova CPTU-03, piazzamento della sonda (Geoprobe Gaia) segnaletica di sicurezza e delimitazione dell'area con nastro B/R.



**Fig. 33..** Esecuzione della prova CPTU-05, piazzamento della sonda (Geoprobe Gaia).



**Fig. 34..** Esecuzione della prova CPTU-06, piazzamento della sonda (Geoprobe Gaia) e delimitazione dell'area con nastro B/R.



**Fig. 35..** Esecuzione della prova CPTU-07, piazzamento della sonda (Geoprobe Gaia) e delimitazione dell'area con nastro B/R.



## **RILIEVO TOPOGRAFICO**



**Fig. 36..** Esecuzione rilievo topografico

## ATTIVITA' DI LABORATORIO GEOTECNICO

Come anticipato si è proceduto al prelievo di n°6 campioni indisturbati (due campioni per ciascun carotaggio) destinati all'esecuzione di prove di laboratorio geotecnico, unitamente al prelievo dei campioni rimaneggiati da SPT in foro, per la valutazione della tessitura. Di seguito la sintesi delle caratteristiche dei campioni prelevati, indisturbati e rimaneggiati.

<b>CAMPIONI INDISTURBATI PRELEVATI</b>		
<b>CAMPIONE</b>	<b>PROFONDITA' (m-m da p.c.)</b>	<b>PROVE ESEGUITE</b>
<b>BH_01 Sh1</b>	15,0-15,5	Granulometria per sedimentazione Umidità naturale Peso di volume Limiti di Atterberg Peso specifico dei grani Prova edometrica Prova di taglio diretto
<b>BH_01 Sh2</b>	21,0-21,5	Granulometria per sedimentazione Umidità naturale Peso di volume Limiti di Atterberg Peso specifico dei grani Prova edometrica
<b>BH_02 Sh1</b>	15,0-15,5	Granulometria per sedimentazione Umidità naturale Peso di volume Limiti di Atterberg Peso specifico dei grani Prova edometrica Prove chimiche
<b>BH_02 Sh2</b>	19,5-20,0	Granulometria per sedimentazione Umidità naturale Peso di volume Limiti di Atterberg Peso specifico dei grani Prova edometrica Prova di taglio diretto
<b>BH_03 Sh1</b>	18,0-18,5	Granulometria per sedimentazione Umidità naturale Peso di volume Limiti di Atterberg Peso specifico dei grani Prova edometrica Prova di taglio diretto
<b>BH_03 Sh2</b>	21,0-21,5	Granulometria per sedimentazione Umidità naturale Peso di volume Limiti di Atterberg Peso specifico dei grani Prova edometrica

<b>CAMPIONI RIOMANEGGIATI PRELEVATI</b>					
<b>CAMPIONE</b>	<b>PROF. (m-m da p.c.)</b>	<b>PROVE ESEGUITE</b>	<b>CAMPIONE</b>	<b>PROF. (m-m da p.c.)</b>	<b>PROVE ESEGUITE</b>
<b>BH_01 SPT01</b>	3,00-3,45	Granulometria	<b>BH_02 SPT06</b>	10,50-10,95	Granulometria
<b>BH_01 SPT02</b>	4,50-4,95	Granulometria	<b>BH_02 SPT07</b>	12,00-12,45	Granulometria
<b>BH_01 SPT03</b>	6,00-6,45	Granulometria	<b>BH_02 SPT08</b>	13,50-13,95	Granulometria
<b>BH_01 SPT04</b>	7,50-7,95	Granulometria	<b>BH_02 SPT09</b>	30,00-30,45	Granulometria
<b>BH_01 SPT05</b>	9,00-9,45	Granulometria	<b>BH_02 SPT10</b>	31,50-31,95	Granulometria

<p><b>Sito:</b>  <b>Stabilimento ENI</b>  <b>Ravenna, loc. Ponticelle</b></p>	 <p><b>gaia</b> di Elena Ghetti &amp; C. s.n.c.  Sede legale e operativa:  via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  Tel/Fax: 0532-898245  e-mail: indagini@gaia-ambiente.eu</p>
---	---

<b>BH_01 SPT06</b>	10,50-10,95	Granulometria	<b>BH_02 SPT11</b>	33,00-33,45	Granulometria
<b>BH_01 SPT07</b>	12,00-12,45	Granulometria	<b>BH_03 SPT01</b>	3,00-3,45	Granulometria
<b>BH_01 SPT08</b>	13,50-13,95	Granulometria	<b>BH_03 SPT02</b>	4,50-4,95	Granulometria
<b>BH_01 SPT09</b>	28,50-28,95	Granulometria	<b>BH_03 SPT03</b>	6,00-6,45	Granulometria
<b>BH_01 SPT10</b>	30,00-30,45	Granulometria	<b>BH_03 SPT04</b>	7,50-7,95	Granulometria
<b>BH_01 SPT11</b>	31,50-31,95	Granulometria	<b>BH_03 SPT05</b>	9,00-9,45	Granulometria
<b>BH_02 SPT01</b>	3,00-3,45	Granulometria	<b>BH_03 SPT06</b>	10,50-10,95	Granulometria
<b>BH_02 SPT02</b>	4,50-4,95	Granulometria	<b>BH_03 SPT07</b>	12,00-12,45	Granulometria
<b>BH_02 SPT03</b>	6,00-6,45	Granulometria	<b>BH_03 SPT08</b>	30,00-30,45	Granulometria
<b>BH_02 SPT04</b>	7,50-7,95	Granulometria	<b>BH_03 SPT09</b>	31,50-31,95	Granulometria
<b>BH_02 SPT05</b>	9,00-9,45	Granulometria	<b>BH_03 SPT10</b>	33,00-33,45	Granulometria

In **Allegato 5** e in **Allegato 6** si riporta, rispettivamente, copia dei certificati di prova sui campioni indisturbati e rimaneggiati emessi dal laboratorio geotecnico incaricato (Elletipi srl, di Ferrara).





**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

---

## **Sito ENI Ravenna - Ponticelle**

### **ALLEGATO 1 - STRATIGRAFIE SONDAGGI**



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente: ENI SpA R&M and Chemicals Ditta perforatrice: GAIA Snc  
Sito: Ravenna - area Ponticelle Diametro perforazione: 101 mm  
Progetto: Indagine ambientale Diametro rivestimento: 127 mm  
Data di inizio: 14-03-2018 Operatore: Rusu Victor  
Data di fine: 15-03-2018 Responsabile: Tamburini Silvia  
Macchina perforatrice: CMV MK900D Metodo di perforazione: Carotaggio a rotazione  
SONDAGGIO: BH 01 Profondità falda: 0,9 m da p.c.

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	S.P.T. prof. (m)	S.P.T. n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
0,5			2,1	Limo sabbioso e sabbia limosa con isolati clasti centimetrici, color nocciola				
1,5		2,1						
2,5		2,7	0,6	Sabbia limosa media, colore da grigio scuro a grigio chiaro, sciolta				
3,5					BH 01 SPT 01 3,0-3,45	SPT 01 3,0m	N1=3 N2=5 N3=8	
4,5			3,1	Sabbia debolmente limosa medio fine sciolta, color nocciola - livello torboso a 5,8m				
5,5					BH 01 SPT 02 4,5-4,95	SPT 02 4,5m	N1=4 N2=7 N3=8	
6,5		6,0						
7,5					BH 01 SPT 03 6,0-6,45	SPT 03 6,0m	N1=1 N2=2 N3=2	
8,5								
9,5					BH 01 SPT 04 7,5-7,95	SPT 04 7,5m	N1=4 N2=10 N3=14	
10,5								
			8,6	Sabbia debolmente limosa medio fine, colore grigio, sciolta				
					BH 01 SPT 05 9,0-9,45	SPT 05 9,0m	N1=5 N2=10 N3=16	
					BH 01 SPT 06 10,5-10,95	SPT 06 10,5m	N1=6 N2=8 N3=14	
11,5								



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente:	<u>ENI SpA R&amp;M and Chemicals</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Snc</u>
Sito:	<u>Ravenna - area Ponticelle</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Indagine ambientale</u>	Diametro rivestimento:	<u>127 mm</u>
Data di inizio:	<u>14-03-2018</u>	Operatore:	<u>Rusu Victor</u>
Data di fine:	<u>15-03-2018</u>	Responsabile:	<u>Tamburini Silvia</u>
Macchina perforatrice:	<u>CMV MK900D</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a rotazione</u>
SONDAGGIO:	<u>BH 01</u>	Profondità falda:	<u>0,9 m da p.c.</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	S.P.T. prof. (m)	S.P.T. n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
11,5								
12,5				Sabbia debolmente limosa medio fine, colore grigio	BH 01 SPT 07 12,0-12,45	SPT 07 12,0m	N1=4 N2=9 N3=14	
13,5								
14,5		14,6			BH 01 SPT 08 13,5-13,95	SPT 08 13,5m	N1=5 N2=8 N3=15	
		15,0	0,4	Limo debolmente sabbioso color grigio				
15,5		15,5	0,5	VUOTO PER PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO	BH 01 Sh. 01 15,0-15,5			
16,5		16,5	1,0	Argilla limosa plastica poco consistente, colore grigio				15,7 m pp 0,25 16,2 m pp 0,4 16,5 m pp 0,25 16,8 m pp 0,3 17,3 m pp 0,4 tv 0,2 17,5 m pp 0,45 tv 0,2 17,7 m pp 0,4 tv 0,2
17,5		17,7	1,2	Limo argilloso poco consistente, colore grigio				18,2 m pp 0,6 tv 0,25 18,7 m pp 0,5 tv 0,2
		18,0	0,3	Limo sabbioso di colore grigio				19,3 m pp 0,35 tv 0,15 19,6 m pp 0,55 tv 0,2
18,5			3,0	Alternanze centimetriche di limi, limi argillosi e limi sabbiosi, colore grigio, poco consistenti				20,2 m pp 0,65 tv 0,25 20,5 m pp 0,5 tv 0,15
19,5		21,0						20,8 m pp 0,7 tv 0,2
20,5		21,5	0,5	VUOTO PER PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO	BH 01 Sh. 02 21,0-21,5			22,4 m pp 0,65 tv 0,25
21,5								22,8 m pp 0,6 tv 0,25
22,5				Limo argilloso poco consistente di colore grigio, locali gasteropodi, frazione sabbiosa fine tra 24,8 e 25m				



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente:	<u>ENI SpA R&amp;M and Chemicals</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Snc</u>
Sito:	<u>Ravenna - area Ponticelle</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Indagine ambientale</u>	Diametro rivestimento:	<u>127 mm</u>
Data di inizio:	<u>14-03-2018</u>	Operatore:	<u>Rusu Victor</u>
Data di fine:	<u>15-03-2018</u>	Responsabile:	<u>Tamburini Silvia</u>
Macchina perforatrice:	<u>CMV MK900D</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a rotazione</u>
SONDAGGIO:	<u>BH 01</u>	Profondità falda:	<u>0,9 m da p.c.</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	S.P.T. prof. (m)	S.P.T. n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
23,5								23,4 m pp 0,45 tv 0,15
24,5			5,4	Limo argilloso poco consistente di colore grigio, locali gasteropodi, frazione sabbiosa fine tra 24,8 e 25m				23,8 m pp 0,35 tv 0,2 24,2 m pp 0,55 tv 0,2 24,7 m pp 0,45 tv 0,15 25,2 m pp 0,25 25,5 m pp 0,45 25,8 m pp 0,25 26,2 m pp 0,35 26,5 m pp 0,3 26,8 m pp 0,25
26,5		26,9						
		27,3	0,4	Torba				
27,5		27,7	0,4	Argilla compatta color grigio scuro				27,5 m pp 0,9
			0,6	Limo sabbioso debolmente argilloso, colore grigio				
28,5		28,3						
					BH 01 SPT 09 28,5-28,95	SPT 09 28,5m	N1=8 N2=13 N3=17	
29,5								
			3,6	Sabbia medio-fine, colore grigio, mediamente addensata				
30,5					BH 01 SPT 10 30,0-30,45	SPT 10 30,0m	N1=10 N2=16 N3=21	
31,5								
		31,9			BH 01 SPT 11 31,5-31,95	SPT 11 31,5m	N1=8 N2=9 N3=12	
32,5		32,3	0,4	Argilla torbosa				
			0,6	Argilla compatta color grigio chiaro con frazione limosa tra 32,5 e 32,6				32,5 m pp 0,85 32,7 m pp 1,05
		32,9						
		33,2	0,3	Limo sabbioso molle color grigio chiaro				
33,5								33,5 m pp 0,85 33,7 m pp 0,9
			1,8	Argilla a tratti debolmente limosa, molto plastica e consistente, color grigio chiaro				
34,5								34,2 m pp 1,35 34,5 m pp 1,55 34,7 m pp 1,4
		35,0		NOTE: tutti gli intervalli sabbiosi contengono frammenti di bivalvi				



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente: ENI SpA R&M and Chemicals Ditta perforatrice: GAIA Snc  
Sito: Ravenna - area Ponticelle Diametro perforazione: 101 mm  
Progetto: Indagine ambientale Diametro rivestimento: 127 mm  
Data di inizio: 08-03-2018 Operatore: Rusu Victor  
Data di fine: 09-03-2018 Responsabile: Ganzerla Davide  
Macchina perforatrice: CMV MK900D Metodo di perforazione: Carotaggio a rotazione  
SONDAGGIO: BH 02 Profondità falda da p.c.: 1,0 m

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	SPT prof. (m)	SPT n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
0,5		0,3	0,3	Ghiaia di riporto color grigio, sciolta				
1,5		2,7	2,7	Sabbia fine debolmente limosa color marrone, sciolta				
2,5		3,0						
3,5					BH 02 SPT 01 3,0-3,45	SPT 01 3,0m	N1=4 N2=6 N3=8	
4,5					BH 02 SPT 02 4,5-4,95	SPT 02 4,5m	N1=4 N2=6 N3=9	
5,5								
6,5					BH 02 SPT 03 6,0-6,45	SPT 03 6,0m	N1=4 N2=6 N3=9	
7,5				Sabbia media con frammenti di gusci di bivalvi, color grigio scuro, sciolta	BH 02 SPT 04 7,5-7,95	SPT 04 7,5m	N1=4 N2=6 N3=10	
8,5								
9,5					BH 02 SPT 05 9,0-9,45	SPT 05 9,0m	N1=5 N2=8 N3=11	
10,5					BH 02 SPT 06 10,5-10,95	SPT 06 10,5m	N1=5 N2=8 N3=11	
11,5								





## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente:	<u>ENI SpA R&amp;M and Chemicals</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Snc</u>
Sito:	<u>Ravenna - area Ponticelle</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Indagine ambientale</u>	Diametro rivestimento:	<u>127 mm</u>
Data di inizio:	<u>08-03-2018</u>	Operatore:	<u>Rusu Victor</u>
Data di fine:	<u>09-03-2018</u>	Responsabile:	<u>Ganzerla Davide</u>
Macchina perforatrice:	<u>CMV MK900D</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a rotazione</u>
SONDAGGIO:	<u>BH 02</u>	Profondità falda da p.c.:	<u>1,0 m</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	SPT prof. (m)	SPT n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm <sup>2</sup> )
11,5								
12,5			10,9	Sabbia media con frammenti di gusci di bivalvi, color grigio scuro, sciolta	BH 02 SPT 07 12,0-12,45	SPT 07 12,0m	N1=5 N2=9 N3=13	
13,5		13,9			BH 02 SPT 08 13,5-13,95	SPT 08 13,5m	N1=5 N2=8 N3=12	
14,5		15,0	1,1	Limo argilloso debolmente sabbioso con frammenti di gusci di bivalvi, color grigio scuro, poco compatto				14,2 m pp 0,35 14,5 m pp 0,30 14,8 m pp 0,25
15,5		15,5	0,5	VUOTO PER PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO	BH02 Sh.01 15,0-15,5			
16,5			2,6	Limo debolmente argilloso, con livelli centimetrici limo-sabbiosi, color grigio scuro, poco consistente				15,8 m pp 0,35 16,3 m pp 0,5 vt 0,25 16,6 m pp 0,4 vt 0,2 17,2 m pp 0,45 17,5 m pp 0,5 17,8 m pp 0,45
17,5		18,1						
18,5			1,4	Limo sabbioso color grigio scuro, sciolto				
19,5		19,5						
		20,0	0,5	VUOTO PER PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO	BH02 Sh.02 19,5-20,0			
20,5			2,0	Limo argilloso debolmente sabbioso color grigio scuro, poco compatto (inconsistente fino a 20,7 m)				20,8 m pp 0,5 21,2 m pp 0,55 21,5 m pp 0,5 vt 0,2 21,8 m pp 0,55
21,5		22,0						
22,5			0,8	Limo sabbioso color grigio scuro, poco addensato				
		22,8						



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente:	<u>ENI SpA R&amp;M and Chemicals</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Snc</u>
Sito:	<u>Ravenna - area Ponticelle</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Indagine ambientale</u>	Diametro rivestimento:	<u>127 mm</u>
Data di inizio:	<u>08-03-2018</u>	Operatore:	<u>Rusu Victor</u>
Data di fine:	<u>09-03-2018</u>	Responsabile:	<u>Ganzerla Davide</u>
Macchina perforatrice:	<u>CMV MK900D</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a rotazione</u>
SONDAGGIO:	<u>BH 02</u>	Profondità falda da p.c.:	<u>1,0 m</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	SPT prof. (m)	SPT n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
23,5								23,2 m pp 0,6
								23,5 m pp 0,55
								23,8 m pp 0,7
								vt 0,25
24,5			5,0	Limo argilloso debolmente sabbioso color grigio scuro, mediamente compatto				24,2 m pp 0,65
								24,5 m pp 0,5
								24,8 m pp 0,6
25,5								25,2 m pp 0,5
								25,5 m pp 0,45
								25,8 m pp 0,5
								26,2 m pp 0,5
26,5								26,5 m pp 0,55
								26,8 m pp 0,7
								27,5 m pp 0,8
27,5		27,8						vt. 0,35
		28,2	0,4	Argilla organica con resti vegetali color marrone-rossastro, molto compatta				28 m pp 1,2
		28,5	0,3	Sabbia fine limosa color grigio chiaro, poco addensata				vt 0,5
28,5								
			1,5	Sabbia fine-media debolmente limosa color grigio chiaro, poco addensata				
29,5		30,0						
30,5					BH 02 SPT 09 30,0-30,45	SPT 09 30,0m	N1=9 N2=15 N3=20	
31,5			3,8	Sabbia media color grigio chiaro, sciolta	BH 02 SPT 10 31,5-31,95	SPT 09 31,5m	N1=8 N2=13 N3=19	
32,5								
33,5		33,8			BH 02 SPT 11 33,0-33,45	SPT 11 33,0m	N1=10 N2=16 N3=21	
34,5			1,2	Argilla color grigio chiaro, compatta				34,2 m pp 1,6
								vt 0,6
								34,5 m pp 1,7
		35,0						34,8 m pp 1,45



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente:	<u>ENI SpA R&amp;M and Chemicals</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Snc</u>
Sito:	<u>Ravenna - area Ponticelle</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Indagine ambientale</u>	Diametro rivestimento:	<u>127 mm</u>
Data di inizio:	<u>15-03-2018</u>	Operatore:	<u>Rusu Victor</u>
Data di fine:	<u>16-03-2018</u>	Responsabile:	<u>Tamburini Silvia</u>
Macchina perforatrice:	<u>CMV MK900D</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a rotazione</u>
SONDAGGIO:	<u>BH 03</u>	Profondità falda:	<u>0,8 m da p.c.</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	S.P.T. prof. (m)	S.P.T. n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
0,5			1,7	Sabbia limosa fine color nocciola, sciolta				
1,5		1,7						
		2,3	0,6	Torba				
2,5								
3,5			2,6	Sabbia fine limosa color nocciola, sciolta	BH 03 SPT 01 3,0-3,45	SPT 01 3,0m	N1=5 N2=8 N3=9	
4,5		4,9						
					BH 03 SPT 02 4,5-4,95	SPT 02 4,5m	N1=4 N2=6 N3=8	
5,5								
6,5			4,1	Sabbia media con numerosi gusci di bivalvi, color grigio nocciola, sciolta	BH 03 SPT 03 6,0-6,45	SPT 03 6,0m	N1=4 N2=7 N3=8	
7,5								
					BH 03 SPT 04 7,5-7,95	SPT 04 7,5m	N1=5 N2=5 N3=9	
8,5								
9,5		9,0			BH 03 SPT 05 9,0-9,45	SPT 05 9,0m	N1=2 N2=4 N3=4	
10,5				Sabbia medio-fine con frequenti gusci di bivalvi e gasteropodi, color grigio, sciolta				
					BH 03 SPT 06 10,5-10,95	SPT 06 10,5m	N1=6 N2=7 N3=12	
11,5								



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente:	<u>ENI SpA R&amp;M and Chemicals</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Snc</u>
Sito:	<u>Ravenna - area Ponticelle</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Indagine ambientale</u>	Diametro rivestimento:	<u>127 mm</u>
Data di inizio:	<u>15-03-2018</u>	Operatore:	<u>Rusu Victor</u>
Data di fine:	<u>16-03-2018</u>	Responsabile:	<u>Tamburini Silvia</u>
Macchina perforatrice:	<u>CMV MK900D</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a rotazione</u>
SONDAGGIO:	<u>BH 03</u>	Profondità falda:	<u>0,8 m da p.c.</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	S.P.T. prof. (m)	S.P.T. n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
11,5								
12,5			4,5	Sabbia medio fine con frequenti bivalvi e gasteropodi, colore grigio	BH 03 SPT 07 12,0-12,45	SPT 07 12,0m	NI=5 N2=9 N3=13	
13,5		13,5						13,8 m pp 0,25
14,5								14,2 m pp 0,3
15,5			4,1	Argilla limosa plastica di consistenza medio-bassa, con livelli limoso-sabbiosi isolati, colore grigio				14,5 m pp 0,5
16,5								14,8 m pp 0,45
17,5		17,6						15,3 m pp 0,6
		18,0	0,4	Limo di colore grigio, di media consistenza				15,5 m pp 0,55
		18,5	0,5	VUOTO PER PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO	BH 03 Sh. 01 18,0-18,5			16,2 m pp 0,5
18,5								16,5 m pp 0,6
19,5			1,5	Alternanze centimetriche di limi argillosi, limi e limi sabbiosi color grigio chiaro				16,8 m pp 0,45
20,5		20,0						17,2 m pp 0,4
		21,0	1,0	Limo argilloso con sabbia color grigio scuro, poco compatto				17,5 m pp 0,45
		21,5	0,5	VUOTO PER PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO	BH 03 Sh. 02 21,0-21,5			17,8 m pp 0,5
21,5								18,7 m pp 0,55
22,5				Limo sabbioso debolmente argilloso color grigio scuro, poco compatto				19,2 m pp 0,4
								19,5 m pp 0,5
								19,8 m pp 0,35
								20,2 m pp 0,3
								20,5 m pp 0,35
								20,8 m pp 0,45
								21,7 m pp 0,35
								22,2 m pp 0,25
								22,5 m pp 0,3
								22,8 m pp 0,3



## MODULO STRATIGRAFIA TERRENI

Herambiente SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA  
TIM OIL/EUREKA/VEOLIA

Committente:	<u>ENI SpA R&amp;M and Chemicals</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Snc</u>
Sito:	<u>Ravenna - area Ponticelle</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Indagine ambientale</u>	Diametro rivestimento:	<u>127 mm</u>
Data di inizio:	<u>15-03-2018</u>	Operatore:	<u>Rusu Victor</u>
Data di fine:	<u>16-03-2018</u>	Responsabile:	<u>Tamburini Silvia</u>
Macchina perforatrice:	<u>CMV MK900D</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a rotazione</u>
SONDAGGIO:	<u>BH 03</u>	Profondità falda:	<u>0,8 m da p.c.</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Campione prelevato (m)	S.P.T. prof. (m)	S.P.T. n. colpi	P.P., V.T. (kg/cm2)
23,5								
24,5			5,3	Limo sabbioso debolmente argilloso color grigio nerastro, poco compatto				
25,5								
26,5		26,8						26,2 m pp 0,2 26,6 m pp 0,3
27,5		27,5	0,7	Sabbia fine limosa color grigio nerastro, poco addensata				
		27,8	0,3	Argilla debolmente limosa organica color nero-marrone, compatta				
28,5		28,5	0,7	Argilla debolmente limosa color grigio scuro, compatta				27,8 m pp 0,75 28,2 m pp 1,5 tv 0,55
29,5								
30,5			5,5	Sabbia media di colore grigio, sciolta	BH 03 SPT 08 30,0-30,45	SPT 08 30,0m	N1=7 N2=14 N3=18	
31,5								
32,5					BH 03 SPT 09 31,5-31,95	SPT 09 31,5m	N1=9 N2=12 N3=19	
33,5								
		34,0			BH 03 SPT 10 33,0-33,45	SPT 10 33,0m	N1=7 N2=11 N3=16	
34,5		35,0	1,0	Argilla debolmente limosa color grigio chiaro, mediamente compatta				34,2 m pp 1,2 tv 0,5 34,5 m pp 1,5 34,7 m pp 1,35





**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

---

## **Sito ENI Ravenna - Ponticelle**

<h3><b>ALLEGATO 2 - PROVE PENETROMETRICHE CPTU</b></h3>
---

Probe CPTU - Piezocone CPTU 1  
Strumento utilizzato TECNIO PENTA TP CPL2IN

Committente:  
ENI S.p.A.  
Cantiere: Caratterizzazione geognostica  
Località: Ravenna - Area Porticelle

Data: 29/03/2018

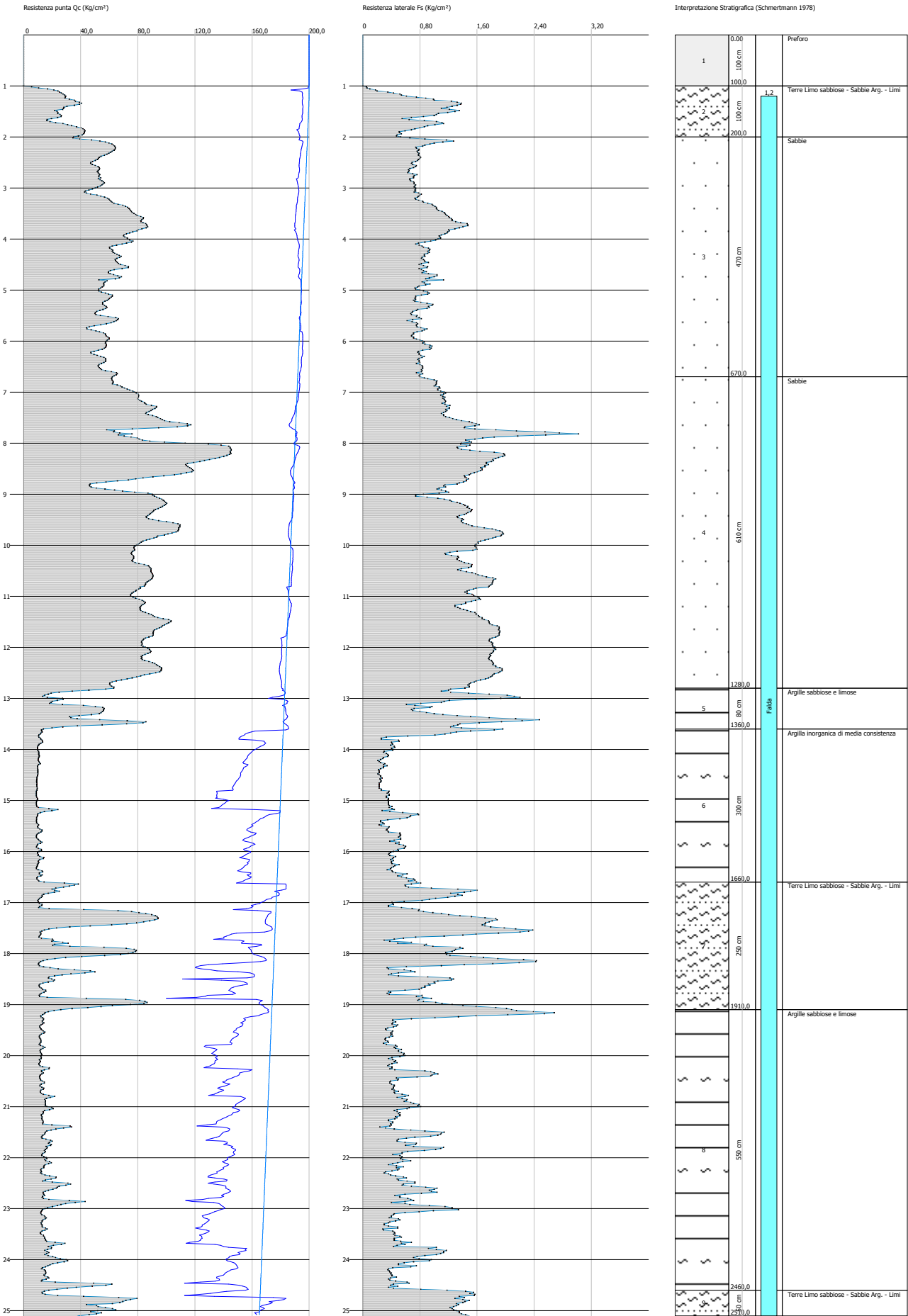
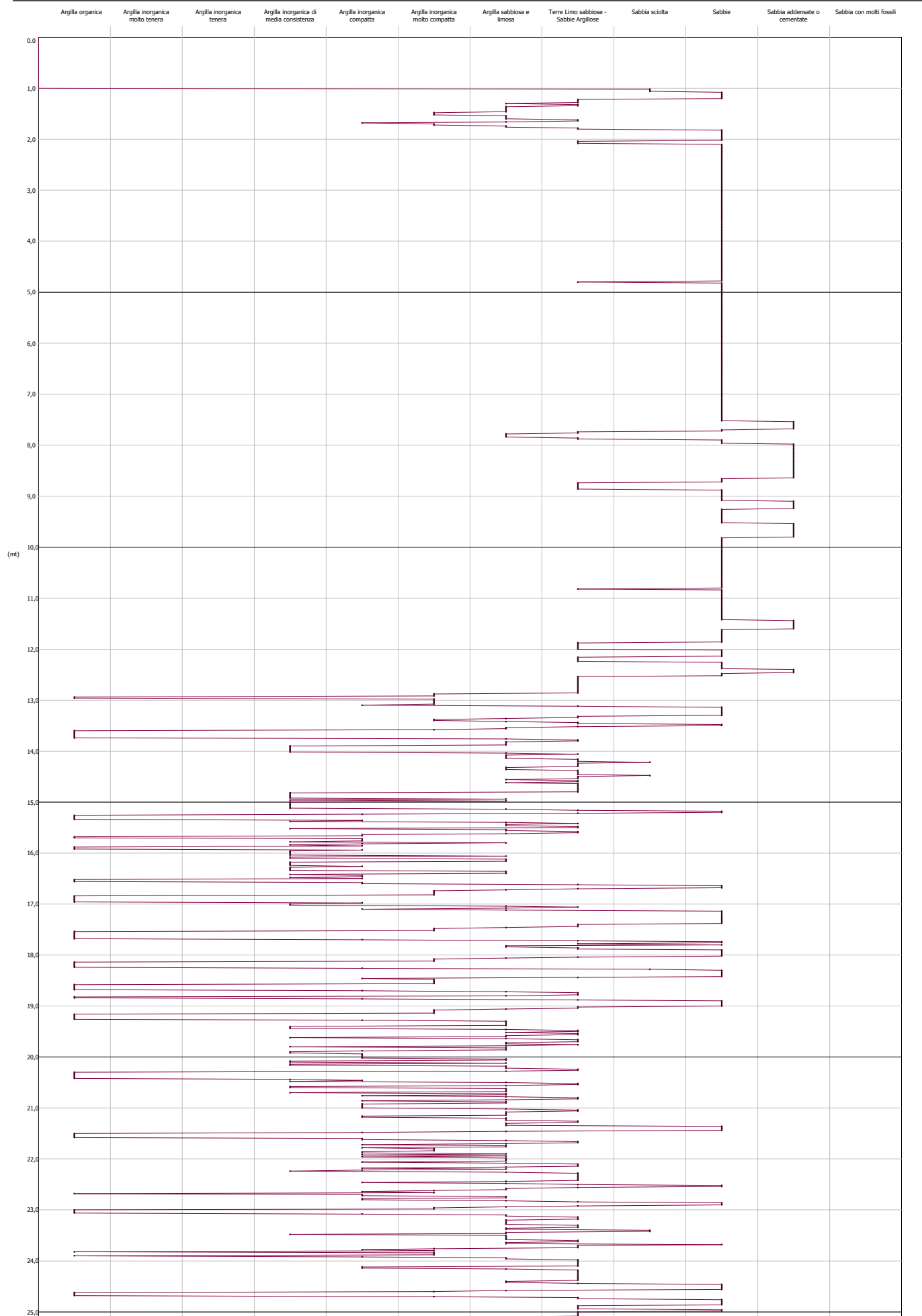


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)  
PROVA: CPTU 1



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPTU 1

## TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Terzaghi	1,47
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Terzaghi	2,0
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Terzaghi	0,53
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Terzaghi	1,75
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Terzaghi	0,83
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Terzaghi	2,47

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Metodo generale del modulo Edometrico	58,94
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Metodo generale del modulo Edometrico	79,84
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Metodo generale del modulo Edometrico	44,79
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Metodo generale del modulo Edometrico	69,96
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Metodo generale del modulo Edometrico	47,61
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Metodo generale del modulo Edometrico	98,64

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Cancelli 1980	1102,56
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Cancelli 1980	1453,29
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Cancelli 1980	349,01
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Cancelli 1980	1252,62
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Cancelli	548,12

Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	1980 Cancelli 1980	1766,29
----------	-------	-------	------	------	------	--------------------------	---------

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Imai & Tomauchi	221,28
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Imai & Tomauchi	266,37
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Imai & Tomauchi	118,75
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Imai & Tomauchi	245,72
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Imai & Tomauchi	155,6
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Imai & Tomauchi	303,11

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Schmertman n 1978	OCR > 6
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Schmertman n 1978	OCR = 3
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Schmertman n 1978	OCR = 3
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Schmertman n 1978	OCR = 3

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Meyerhof	2,04
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Meyerhof	2,08
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Meyerhof	1,84
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Meyerhof	2,06
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Meyerhof	1,92
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Meyerhof	2,12

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	0,11213	0,01458
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	0,1119	0,01455

Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	0,192	0,02496
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	0,11617	0,0151
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	0,14731	0,01915
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	0,10603	0,01378

Peso unità di volume saturo

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Meyerhof 2,12
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Meyerhof 2,16
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Meyerhof 1,92
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Meyerhof 2,14
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Meyerhof 2,0
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Meyerhof 2,2

Velocità onde di taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001 172,50
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001 286,39
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001 230,32
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001 293,44
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001 264,98
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001 329,75

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Baldi 1978 - Schmertman n 1976 69,26
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Baldi 1978 - Schmertman n 1976 67,4
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Baldi 1978 - Schmertman n 1976 65,28
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Baldi 1978 - Schmertman n 1976 37,61

Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Baldi 1978 - Schmertman n 1976 29,56
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Baldi 1978 - Schmertman n 1976 5,34
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Baldi 1978 - Schmertman n 1976 34,47

Angolo di resistenza al taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	De Beer 34,8
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	De Beer 30,7
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	De Beer 28,2
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	De Beer 22,7
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	De Beer 20,7
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	De Beer 16,1
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	De Beer 20,7

Modulo di Young

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Robertson & Campanella 1983 58,94
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Robertson & Campanella 1983 120,9
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Robertson & Campanella 1983 178,62
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Robertson & Campanella 1983 79,84
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Robertson & Campanella 1983 69,96
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Robertson & Campanella 1983 33,12
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Robertson & Campanella 1983 98,64

Modulo Edometrico

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometric o (Kg/cm²)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Robertson & Campanella da Schmertmann Robertson & 79,22
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Robertson & 70,65



Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Campanella da Schmertmann Robertson & Campanella da Schmertmann	68,93
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Robertson & Campanella da Schmertmann	40,92
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Robertson & Campanella da Schmertmann	35,34
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Robertson & Campanella da Schmertmann	27,18
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Robertson & Campanella da Schmertmann	45,96

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Imai & Tomauchi	221,28
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Imai & Tomauchi	343,23
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Imai & Tomauchi	435,67
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Imai & Tomauchi	266,37
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Imai & Tomauchi	245,72
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Imai & Tomauchi	155,6
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Imai & Tomauchi	303,11

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Stress- History	>9
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Stress- History	4,28
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Stress- History	2,49
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Stress- History	0,8
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Stress- History	0,52
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Stress- History	<0.5
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Stress- History	0,52

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Kulhawy & Mayne (1990)	0,90
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Kulhawy & Mayne (1990)	0,63
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Kulhawy & Mayne (1990)	0,30
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Kulhawy & Mayne (1990)	0,23
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Kulhawy & Mayne (1990)	0,23

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	0,11213	0,01458
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	0,10143	0,01319
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	0,09546	0,01241
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	0,1119	0,01455
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	0,11617	0,0151
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	0,14731	0,01915
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	0,10603	0,01378

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Meyerhof	1,8
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Meyerhof	1,9
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Meyerhof	1,8
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Meyerhof	1,8
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Meyerhof	1,8
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Meyerhof	1,8
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Meyerhof	2,1
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Meyerhof	2,2

Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Meyerhof	2,1
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Meyerhof	2,1
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Meyerhof	2,1
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Meyerhof	2,1
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	204,93
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	298,32
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	369,42
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	314,72
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	316,13
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	268,94
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	359,57

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Piacentini- Righi 1988	2,01E-05
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Piacentini- Righi 1988	3,90E-03
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Piacentini- Righi 1988	1,14E-03
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Piacentini- Righi 1988	7,23E-07
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Piacentini- Righi 1988	1,28E-07
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Piacentini- Righi 1988	2,14E-06
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Piacentini- Righi 1988	4,66E-07
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Piacentini- Righi 1988	1,13E-05

Coefficiente di consolidazione

Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Coefficiente
--------------	----	----	----------	----------	--------------	--------------

	(m)	(Kg/cm²)	(Kg/cm²)	litostatica totale (Kg/cm²)	litostatica efficace (Kg/cm²)	di consolidazio ne (cm²/s)	
Strato 1	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	2,00	29,47	0,81	0,1	0,07	Piacentini- Righi 1988	1,774444
Strato 3	6,70	60,45	0,87	0,64	0,33	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 4	12,80	89,31	1,54	1,69	0,83	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	13,60	39,92	1,37	2,37	1,17	Piacentini- Righi 1988	8,659138E- 02
Strato 6	16,60	10,64	0,43	2,72	1,33	Piacentini- Righi 1988	4,073198E- 03
Strato 7	19,10	34,98	1,13	3,24	1,58	Piacentini- Righi 1988	0,2247185
Strato 8	24,60	16,56	0,61	4,01	1,94	Piacentini- Righi 1988	2,312666E- 02
Strato 9	25,10	49,32	1,39	4,58	2,22	Piacentini- Righi 1988	1,672399

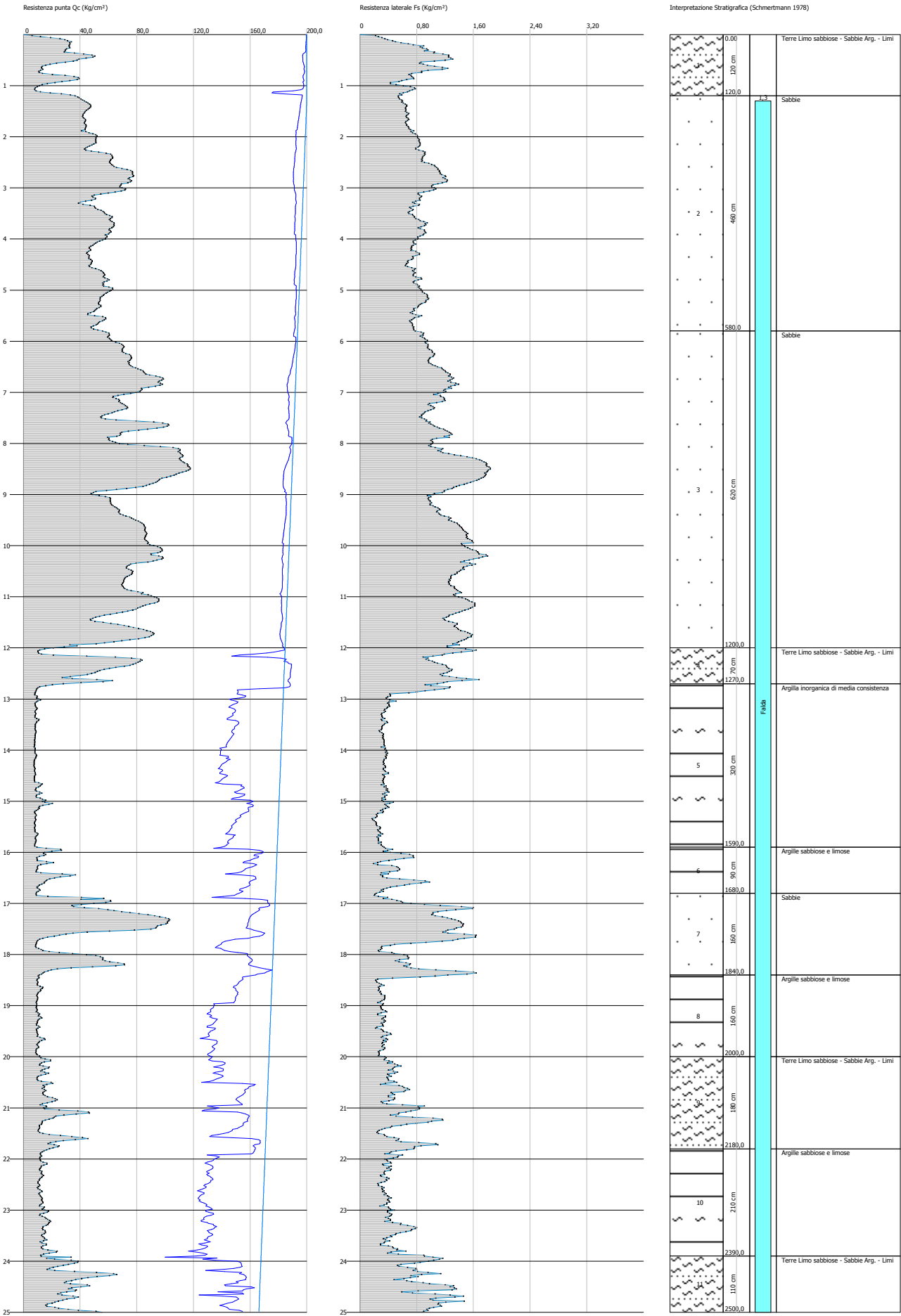
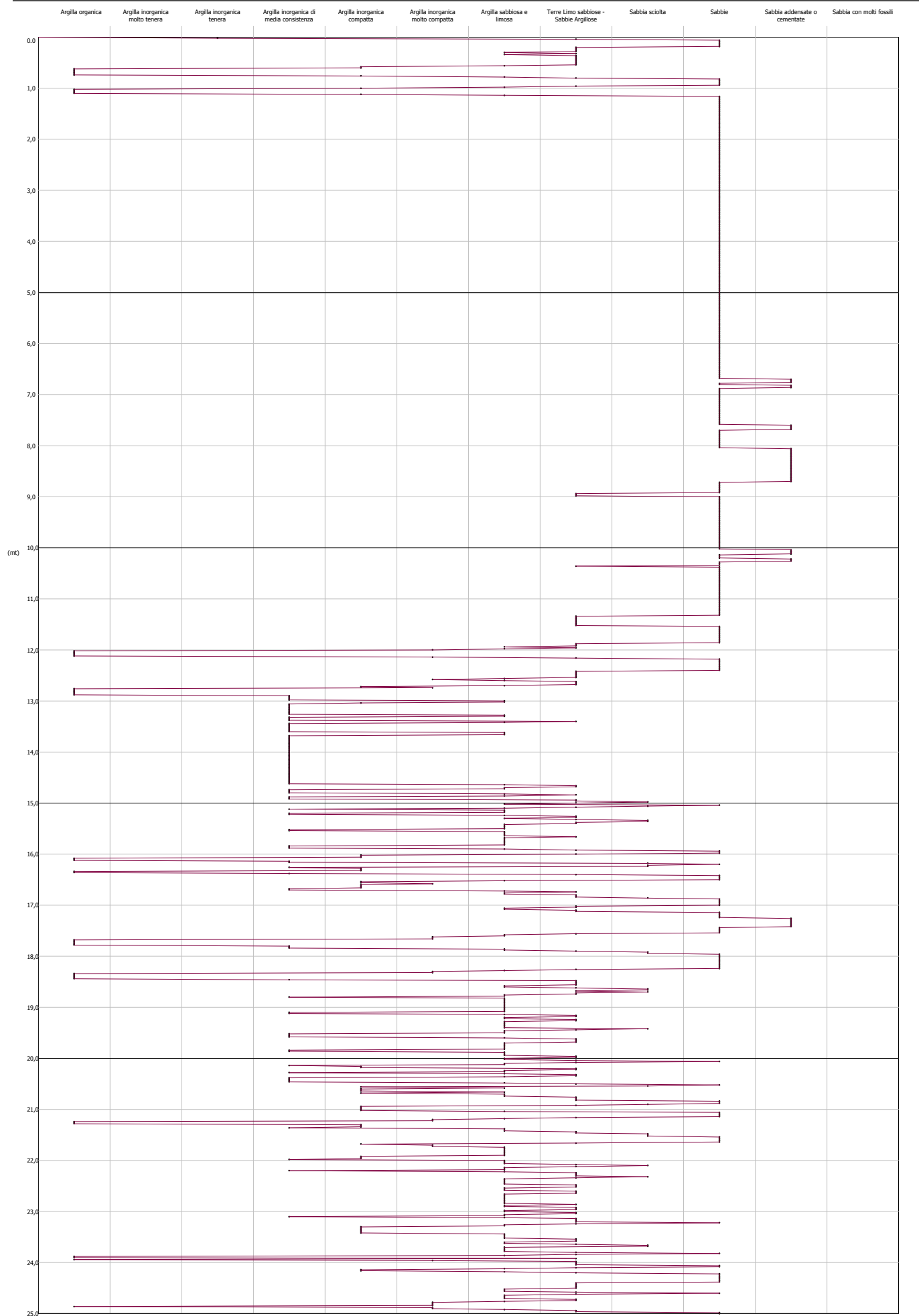


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)  
PROVA: CPTU 2



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPTU 2

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Terzaghi	1,28
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Terzaghi	2,46
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Terzaghi	0,46
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Terzaghi	0,75
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Terzaghi	0,52
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Terzaghi	0,92
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Terzaghi	0,69
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Terzaghi	1,68

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Metodo generale del modulo Edometrico	51,32
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Metodo generale del modulo Edometrico	98,24
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Metodo generale del modulo Edometrico	41,92
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Metodo generale del modulo Edometrico	48,39
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Metodo generale del modulo Edometrico	44,37
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Metodo generale del modulo Edometrico	45,29
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Metodo generale del modulo Edometrico	48,25
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Metodo generale del modulo Edometrico	67,34

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	Eu (Kg/cm²)
--	---------------------	----------------	----------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--------------	----------------

				(Kg/cm²)	(Kg/cm²)		
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Cancelli 1980	957,86
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Cancelli 1980	1794,4
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Cancelli 1980	294,12
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Cancelli 1980	504,8
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Cancelli 1980	320,45
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Cancelli 1980	613,74
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Cancelli 1980	433,95
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Cancelli 1980	1175,03

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm²)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Imai & Tomauchi	203,34
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Imai & Tomauchi	302,35
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Imai & Tomauchi	109,23
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Imai & Tomauchi	146,89
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Imai & Tomauchi	117,17
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Imai & Tomauchi	165,83
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Imai & Tomauchi	138,95
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Imai & Tomauchi	240,05

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Schmertman n 1978	OCR > 6
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Schmertman n 1978	OCR = 6
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Schmertman n 1978	OCR=1



Strato 11 25,00 33,67 0,96 4,65 2,34 Schmertman OCR = 1-1.5  
n 1978

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Meyerhof	2,01
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Meyerhof	2,12
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Meyerhof	1,82
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Meyerhof	1,91
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Meyerhof	1,83
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Meyerhof	1,94
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Meyerhof	1,88
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Meyerhof	2,05

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	0,11883	0,01545
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	0,10613	0,0138
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	0,21032	0,02734
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	0,15525	0,02018
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	0,19476	0,02532
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	0,13936	0,01812
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	0,16366	0,02128
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	0,11749	0,01527

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Meyerhof	2,09
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Meyerhof	2,2
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Meyerhof	1,9
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Meyerhof	1,99
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Meyerhof	1,91
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Meyerhof	2,02
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Meyerhof	1,96
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Meyerhof	2,13

## Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	183,23
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	301,42
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	227,38

Strato 6 16,80 15,07 0,48 3,11 1,61 Baldi et. al.  
1989 Andrus  
et. al. 2001 252,76

Strato 8 20,00 10,41 0,33 3,65 1,86 Baldi et. al.  
1989 Andrus  
et. al. 2001 242,02

Strato 9 21,80 18,38 0,55 3,97 2,01 Baldi et. al.  
1989 Andrus  
et. al. 2001 271,56

Strato 10 23,90 13,76 0,44 4,34 2,19 Baldi et. al.  
1989 Andrus  
et. al. 2001 261,13

Strato 11 25,00 33,67 0,96 4,65 2,34 Baldi et. al.  
1989 Andrus  
et. al. 2001 310,27

## TERRENI INCOERENT I

## Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	57,72
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	59,91
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	60,12
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	42,3
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	5,35
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	37,42
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	5,0
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	7,8
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	5,0
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	22,89

## Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	De Beer	31,6

Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	De Beer	28,7
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	De Beer	27,0
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	De Beer	23,3
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	De Beer	16,6
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	De Beer	21,8
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	De Beer	14,1
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	De Beer	16,4
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	De Beer	14,7
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	De Beer	18,6

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Robertson & Campanella 1983	51,32
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Robertson & Campanella 1983	108,84
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Robertson & Campanella 1983	158,8
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Robertson & Campanella 1983	98,24
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Robertson & Campanella 1983	30,14
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Robertson & Campanella 1983	96,38
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Robertson & Campanella 1983	20,82
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Robertson & Campanella 1983	36,76
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Robertson & Campanella 1983	27,52
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Robertson & Campanella 1983	67,34

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometric o (Kg/cm²)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Robertson & Campanella da Schmertmann	64,3
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Robertson & Campanella da Schmertmann	62,13
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Robertson & Campanella da	63,85

Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Schmertmann Robertson & Campanella da	46,6
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Schmertmann Robertson & Campanella da	23,22
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Schmertmann Robertson & Campanella da	44,83
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Schmertmann Robertson & Campanella da	26,08
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Schmertmann Robertson & Campanella da	28,06
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Schmertmann Robertson & Campanella da	29,96
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Schmertmann Robertson & Campanella da	34,73

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Imai & Tomauchi	203,34
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Imai & Tomauchi	321,89
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Imai & Tomauchi	405,46
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Imai & Tomauchi	302,35
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Imai & Tomauchi	146,89
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Imai & Tomauchi	298,84
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Imai & Tomauchi	117,17
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Imai & Tomauchi	165,83
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Imai & Tomauchi	138,95
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Imai & Tomauchi	240,05

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Stress- History	5,1
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Stress- History	2,81
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Stress-	1,95

Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	History Stress-History	0,9
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Stress-History	<0.5
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Stress-History	0,65
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Stress-History	<0.5
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Stress-History	<0.5
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Stress-History	<0.5
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Stress-History	<0.5

## Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Kulhawy & Mayne (1990)	1,01
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Kulhawy & Mayne (1990)	0,69
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Kulhawy & Mayne (1990)	0,54
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Kulhawy & Mayne (1990)	0,33
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Kulhawy & Mayne (1990)	0,26
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	0,11883	0,01545
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	0,10368	0,01348

Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	0,09685	0,01259
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	0,10613	0,0138
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	0,15525	0,02018
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	0,10662	0,01386
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	0,19476	0,02532
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	0,13936	0,01812
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	0,16366	0,02128
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	0,11749	0,01527

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Meyerhof	1,8
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Meyerhof	1,9
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Meyerhof	1,9
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Meyerhof	1,8
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Meyerhof	1,8
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Meyerhof	1,8
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Meyerhof	1,8
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Meyerhof	1,8
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Meyerhof	1,8
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Meyerhof	1,8

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Meyerhof	2,1
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Meyerhof	2,2
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Meyerhof	2,2
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Meyerhof	2,1
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Meyerhof	2,1
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Meyerhof	2,1
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Meyerhof	2,1
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Meyerhof	2,1
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Meyerhof	2,1
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Meyerhof	2,1

## Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	211,57
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	302,25
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	364,43
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	335,07
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Baldi et. al.	256,54

Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	1989 Andrus et. al. 2001 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	346,38
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	238,13
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	277,29
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	260,54
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	328,82

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Piacentini- Righi 1988	5,13E-06
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Piacentini- Righi 1988	3,00E-03
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Piacentini- Righi 1988	1,78E-03
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Piacentini- Righi 1988	4,71E-05
Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Piacentini- Righi 1988	1,71E-07
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Piacentini- Righi 1988	4,03E-06
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Piacentini- Righi 1988	4,24E-04
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Piacentini- Righi 1988	4,73E-06
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Piacentini- Righi 1988	8,44E-06
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Piacentini- Righi 1988	3,94E-06
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Piacentini- Righi 1988	1,22E-05

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne (cm²/s)
Strato 1	1,20	25,66	0,79	0,12	0,12	Piacentini- Righi 1988	0,3946999
Strato 2	5,80	54,42	0,82	0,67	0,45	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 3	12,00	79,4	1,29	1,71	0,95	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 4	12,70	49,12	1,23	2,37	1,27	Piacentini-	6,940464

Strato 5	15,90	9,28	0,37	2,74	1,44	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	4,765322E- 03
Strato 6	16,80	15,07	0,48	3,11	1,61	Piacentini- Righi 1988	0,1822665
Strato 7	18,40	48,19	0,96	3,35	1,72	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 8	20,00	10,41	0,33	3,65	1,86	Piacentini- Righi 1988	0,1477592
Strato 9	21,80	18,38	0,55	3,97	2,01	Piacentini- Righi 1988	0,4652913
Strato 10	23,90	13,76	0,44	4,34	2,19	Piacentini- Righi 1988	0,1625
Strato 11	25,00	33,67	0,96	4,65	2,34	Piacentini- Righi 1988	1,227539

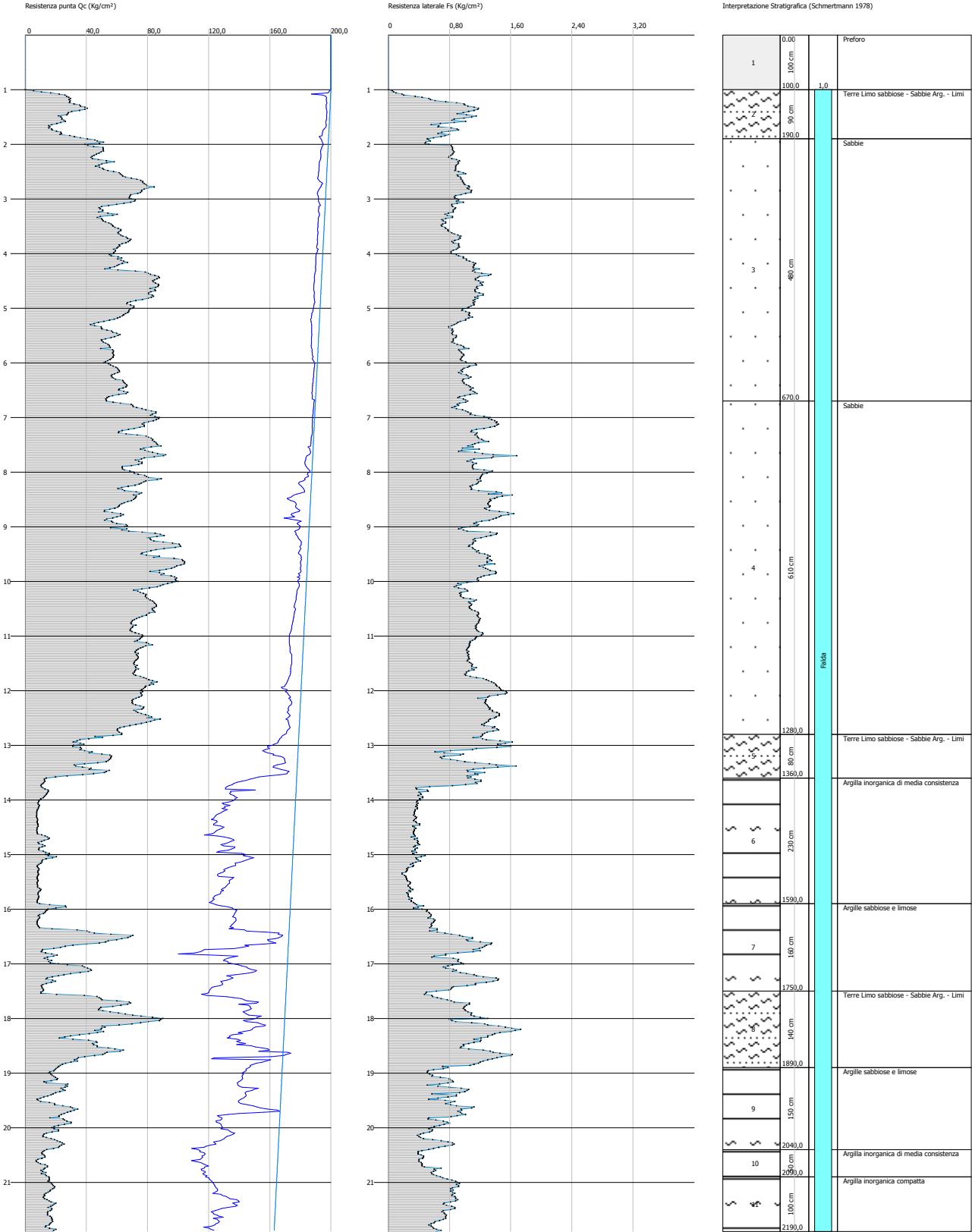
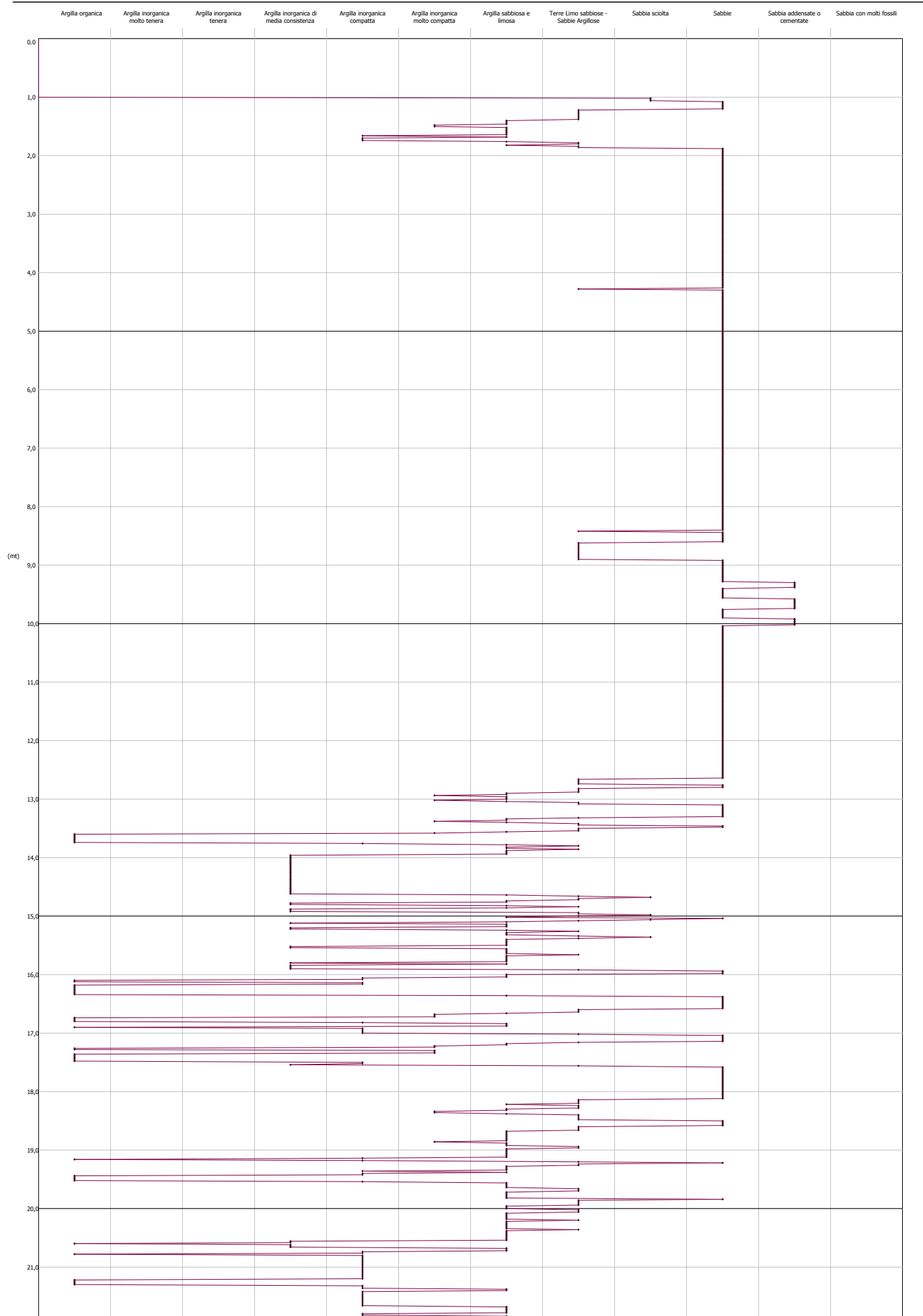


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)  
PROVA: CPTU 3





STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPTU 3

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Terzaghi	1,3
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Terzaghi	2,1
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Terzaghi	0,5
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Terzaghi	1,2
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Terzaghi	2,45
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Terzaghi	1,02
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Terzaghi	0,58
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Terzaghi	0,81

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Metodo generale del modulo Edometrico	51,96
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Metodo generale del modulo Edometrico	83,96
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Metodo generale del modulo Edometrico	43,52
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Metodo generale del modulo Edometrico	48,0
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Metodo generale del modulo Edometrico	98,04
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Metodo generale del modulo Edometrico	41,0
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Metodo generale del modulo Edometrico	46,39
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Metodo generale del modulo Edometrico	47,91

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	Eu (Kg/cm²)
--	---------------------	----------------	----------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--------------	----------------

				(Kg/cm²)	(Kg/cm²)		
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Cancelli 1980	972,6
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Cancelli 1980	1532,17
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Cancelli 1980	327,39
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Cancelli 1980	846,41
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Cancelli 1980	1779,33
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Cancelli 1980	704,53
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Cancelli 1980	369,15
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Cancelli 1980	535,73

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm²)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Imai & Tomauchi	204,88
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Imai & Tomauchi	274,69
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Imai & Tomauchi	114,26
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Imai & Tomauchi	195,19
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Imai & Tomauchi	301,98
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Imai & Tomauchi	177,27
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Imai & Tomauchi	125,51
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Imai & Tomauchi	153,29

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Schmertman n 1978	OCR > 6
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Schmertman n 1978	OCR = 3
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Schmertman n 1978	OCR = 3
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Schmertman n 1978	OCR=1

Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Schmertman n 1978	OCR=1
-----------	-------	-------	------	------	------	----------------------	-------

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Meyerhof	2,02
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Meyerhof	2,09
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Meyerhof	1,83
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Meyerhof	1,99
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Meyerhof	2,12
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Meyerhof	1,96
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Meyerhof	1,85
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Meyerhof	1,92

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	0,11819	0,01537
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	0,1104	0,01435
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	0,20013	0,02602
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	0,12242	0,01591
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	0,10618	0,0138
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	0,13188	0,01714
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	0,18116	0,02355
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	0,1493	0,01941

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Meyerhof	2,1
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Meyerhof	2,17
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Meyerhof	1,91
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Meyerhof	2,07
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Meyerhof	2,2
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Meyerhof	2,04
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Meyerhof	1,93
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Meyerhof	2,0

## Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	157,17
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	287,27
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	225,65

Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	269,82
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	311,74
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	269,91
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	245,74
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	262,28

## TERRENI INCOERENTI I

## Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	71,94
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	69,11
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	61,54
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	39,58
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	20,26
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	39,21
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	13,2

## Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	De Beer	36,3
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	De Beer	31,2
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	De Beer	27,6
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	De Beer	23,1
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	De Beer	19,3
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	De Beer	22,3
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	De Beer	17,7

## Modulo di Young

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Modulo di
--	--------------	----	----	----------	----------	--------------	-----------

	(m)	(Kg/cm²)	(Kg/cm²)	litostatica totale (Kg/cm²)	litostatica efficace (Kg/cm²)	Young (Kg/cm²)	
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Robertson & Campanella 1983	51,96
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Robertson & Campanella 1983	123,52
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Robertson & Campanella 1983	153,56
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Robertson & Campanella 1983	83,96
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Robertson & Campanella 1983	48,0
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Robertson & Campanella 1983	98,04
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Robertson & Campanella 1983	41,0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Robertson & Campanella da Schmertmann	80,3
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Robertson & Campanella da Schmertmann	72,66
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Robertson & Campanella da Schmertmann	64,64
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Robertson & Campanella da Schmertmann	42,73
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Robertson & Campanella da Schmertmann	24,48
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Robertson & Campanella da Schmertmann	45,53
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Robertson & Campanella da Schmertmann	24,6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Imai & Tomauchi	204,88
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Imai &	347,76

Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Tomauchi Imai & Tomauchi	397,23
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Imai & Tomauchi	274,69
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Imai & Tomauchi	195,19
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Imai & Tomauchi	301,98
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Imai & Tomauchi	177,27

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Stress- History	>9
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Stress- History	4,72
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Stress- History	2,23
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Stress- History	0,87
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Stress- History	<0.5
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Stress- History	0,73
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Stress- History	<0.5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,96
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Kulhawy & Mayne (1990)	0,59
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Kulhawy & Mayne (1990)	0,32
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Kulhawy & Mayne (1990)	0,29
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	0,11819	0,01537
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	0,10101	0,01313
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	0,09732	0,01265
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	0,1104	0,01435
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	0,12242	0,01591
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	0,10618	0,0138
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	0,13188	0,01714

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Meyerhof	1,8
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Meyerhof	1,9
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Meyerhof	1,8
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Meyerhof	1,8
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Meyerhof	1,8
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Meyerhof	2,1
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Meyerhof	2,2
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Meyerhof	2,2
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Meyerhof	2,1
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Meyerhof	2,1
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Meyerhof	2,1
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	187,95
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	297,07
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	353,94
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	317,22
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	284,10
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	343,92

Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	279,30
----------	-------	------	------	------	------	--	--------

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Piacentini- Righi 1988	1,17E-05
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Piacentini- Righi 1988	2,45E-03
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Piacentini- Righi 1988	2,30E-03
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Piacentini- Righi 1988	1,78E-05
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Piacentini- Righi 1988	3,57E-07
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Piacentini- Righi 1988	6,84E-07
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Piacentini- Righi 1988	1,23E-04
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Piacentini- Righi 1988	8,68E-07
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Piacentini- Righi 1988	5,97E-08
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Piacentini- Righi 1988	3,37E-09

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	1,90	25,98	0,75	0,09	0,04	Piacentini- Righi 1988	0,9090002
Strato 3	6,70	61,76	0,96	0,63	0,3	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 4	12,80	76,78	1,2	1,68	0,8	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	13,60	41,98	1,15	2,34	1,12	Piacentini- Righi 1988	2,247074
Strato 6	15,90	9,99	0,38	2,63	1,26	Piacentini- Righi 1988	1,068654E- 02
Strato 7	17,50	24,0	0,85	3,0	1,43	Piacentini- Righi 1988	0,0492655
Strato 8	18,90	49,02	1,12	3,29	1,57	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 9	20,40	20,5	0,72	3,58	1,71	Piacentini- Righi 1988	5,338704E- 02
Strato 10	20,90	11,65	0,49	3,77	1,81	Piacentini- Righi 1988	2,084933E- 03
Strato 11	21,90	16,16	0,77	3,91	1,87	Piacentini- Righi 1988	1,633012E- 04

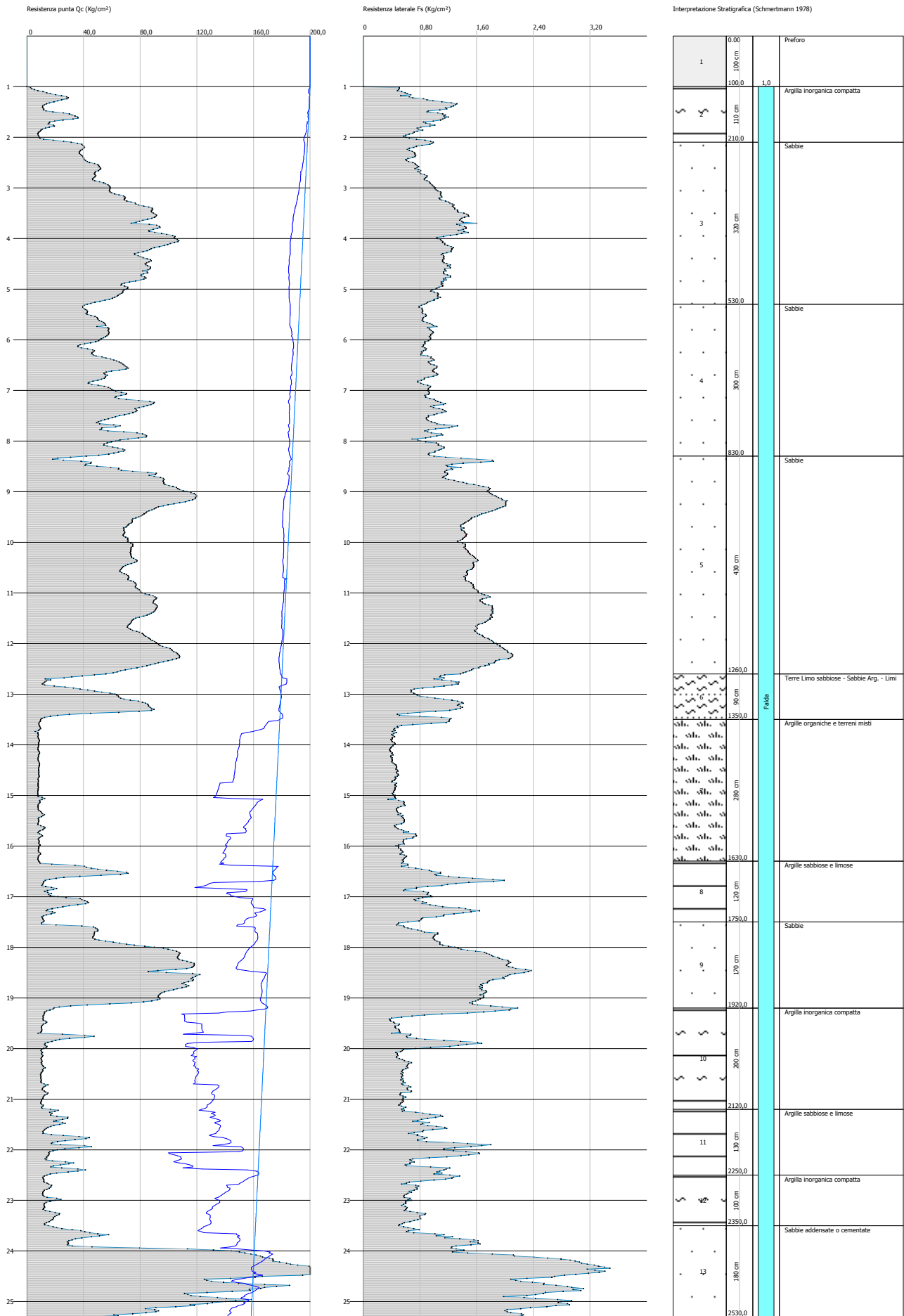
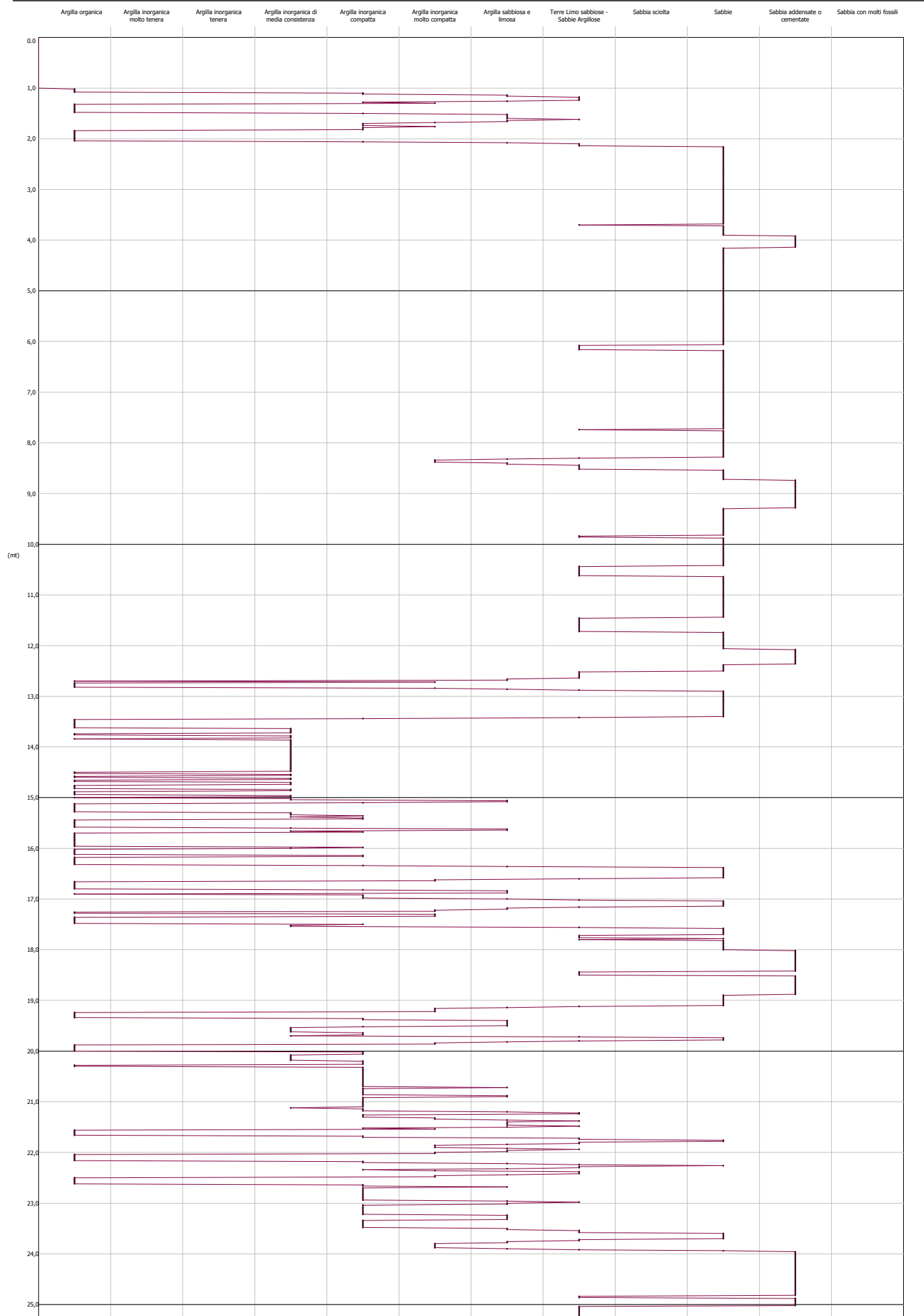


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)  
PROVA: CPTU 4





STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPTU 4

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Terzaghi	0,86
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Terzaghi	2,4
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Terzaghi	0,43
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Terzaghi	1,3
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Terzaghi	0,65
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Terzaghi	1,13
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Terzaghi	0,75

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Metodo generale del modulo Edometrico	46,91
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Metodo generale del modulo Edometrico	96,12
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Metodo generale del modulo Edometrico	40,35
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Metodo generale del modulo Edometrico	52,04
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Metodo generale del modulo Edometrico	47,85
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Metodo generale del modulo Edometrico	45,12
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Metodo generale del modulo Edometrico	48,41

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Cancelli 1980	644,98
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Cancelli 1980	1760,1

Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Cancelli 1980	277,12
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Cancelli 1980	921,37
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Cancelli 1980	423,42
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Cancelli 1980	774,44
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Cancelli 1980	484,64

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Imai & Tomauchi	159,53
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Imai & Tomauchi	298,35
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Imai & Tomauchi	104,78
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Imai & Tomauchi	205,07
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Imai & Tomauchi	134,52
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Imai & Tomauchi	187,95
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Imai & Tomauchi	146,11

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Schmertman n 1978	OCR > 6
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Schmertman n 1978	OCR = 6
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Schmertman n 1978	OCR=1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Meyerhof	1,95
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Meyerhof	2,12
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Meyerhof	1,81

Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Meyerhof	2,01
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Meyerhof	1,88
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Meyerhof	1,98
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Meyerhof	1,9

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	0,1441	0,01873
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	0,10668	0,01387
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	0,2204	0,02865
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	0,11811	0,01535
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	0,16892	0,02196
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	0,12595	0,01637
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	0,15602	0,02028

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Meyerhof	2,03
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Meyerhof	2,2
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Meyerhof	1,89
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Meyerhof	2,09
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Meyerhof	1,96
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Meyerhof	2,06
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Meyerhof	1,98

## Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	149,18
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	294,46
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	220,51
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	274,44
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	249,79
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	279,42
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	261,62

## TERRENI INCOERENT I

## Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	75,82
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	59,79
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	62,05
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	43,41
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	22,34
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	54,76
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	14,39
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	60,46

## Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	De Beer	32,8
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	De Beer	28,3
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	De Beer	27,5
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	De Beer	23,8
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	De Beer	19,6
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	De Beer	24,9
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	De Beer	17,7
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	De Beer	25,1

## Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Robertson & Campanella 1983	140,9
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Robertson & Campanella 1983	117,36
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Robertson & Campanella 1983	163,34
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Robertson &	96,12

						Campanella 1983	
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Robertson & Campanella 1983	52,04
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Robertson & Campanella 1983	170,42
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Robertson & Campanella 1983	45,12
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Robertson & Campanella 1983	242,52

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Robertson & Campanella da Schmertmann	80,5
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Robertson & Campanella da Schmertmann	61,96
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Robertson & Campanella da Schmertmann	65,57
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Robertson & Campanella da Schmertmann	46,82
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Robertson & Campanella da Schmertmann	26,82
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Robertson & Campanella da Schmertmann	62,57
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Robertson & Campanella da Schmertmann	26,95
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Robertson & Campanella da Schmertmann	74,0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Imai &	376,89

Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Tomauchi Imai & Tomauchi	337,06
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Imai & Tomauchi	412,5
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Imai & Tomauchi	298,35
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Imai & Tomauchi	205,07
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Imai & Tomauchi	423,34
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Imai & Tomauchi	187,95
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Imai & Tomauchi	525,18

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Stress- History	6,64
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Stress- History	2,58
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Stress- History	2,17
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Stress- History	0,99
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Stress- History	<0.5
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Stress- History	1,25
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Stress- History	<0.5
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Stress- History	1,31

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Kulhawy & Mayne (1990)	1,20
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Kulhawy & Mayne (1990)	0,65
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Kulhawy & Mayne (1990)	0,58
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Kulhawy & Mayne (1990)	0,35
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Kulhawy &	0,40

Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Mayne (1990) Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Kulhawy & Mayne (1990)	0,42

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	0,09864	0,01282
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	0,10204	0,01327
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	0,09649	0,01254
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	0,10668	0,01387
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	0,11811	0,01535
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	0,09597	0,01248
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	0,12595	0,01637
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	0,09388	0,0122

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Meyerhof	1,9
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Meyerhof	1,9
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Meyerhof	1,8
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Meyerhof	1,8
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Meyerhof	1,8
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Meyerhof	1,8
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Meyerhof	1,8
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Meyerhof	1,8

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Meyerhof	2,2
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Meyerhof	2,2
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Meyerhof	2,1
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Meyerhof	2,1
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Meyerhof	2,1
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Meyerhof	2,1
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Meyerhof	2,1
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Meyerhof	2,1

## Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	299,16

Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	314,19
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	363,40
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	328,23
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	290,45
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	395,66
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	289,98
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	449,03

## Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Piacentini- Righi 1988	5,69E-10
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Piacentini- Righi 1988	2,63E-03
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Piacentini- Righi 1988	1,90E-03
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Piacentini- Righi 1988	3,83E-04
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Piacentini- Righi 1988	1,89E-04
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Piacentini- Righi 1988	4,07E-11
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Piacentini- Righi 1988	1,08E-07
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Piacentini- Righi 1988	7,35E-04
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Piacentini- Righi 1988	3,68E-10
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Piacentini- Righi 1988	1,06E-08
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Piacentini- Righi 1988	2,89E-09
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Piacentini- Righi 1988	6,83E-04

## Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--	--	--------------	--

							(cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	2,10	17,25	0,88	0,11	0,05	Piacentini- Righi 1988	2,943662E- 05
Strato 3	5,30	70,45	1,08	0,52	0,25	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 4	8,30	58,68	0,95	1,11	0,53	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	12,60	81,67	1,62	1,82	0,87	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 6	13,50	48,06	1,05	2,33	1,12	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 7	16,30	8,67	0,51	2,67	1,28	Piacentini- Righi 1988	1,057917E- 06
Strato 8	17,50	26,02	1,02	3,04	1,45	Piacentini- Righi 1988	8,468174E- 03
Strato 9	19,20	85,21	1,56	3,32	1,59	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 10	21,20	13,05	0,69	3,68	1,76	Piacentini- Righi 1988	1,441814E- 05
Strato 11	22,50	22,56	1,0	3,99	1,91	Piacentini- Righi 1988	7,157495E- 04
Strato 12	23,50	14,94	0,72	4,22	2,02	Piacentini- Righi 1988	1,29509E-04
Strato 13	25,30	121,26	2,21	4,5	2,16	Piacentini- Righi 1988	0

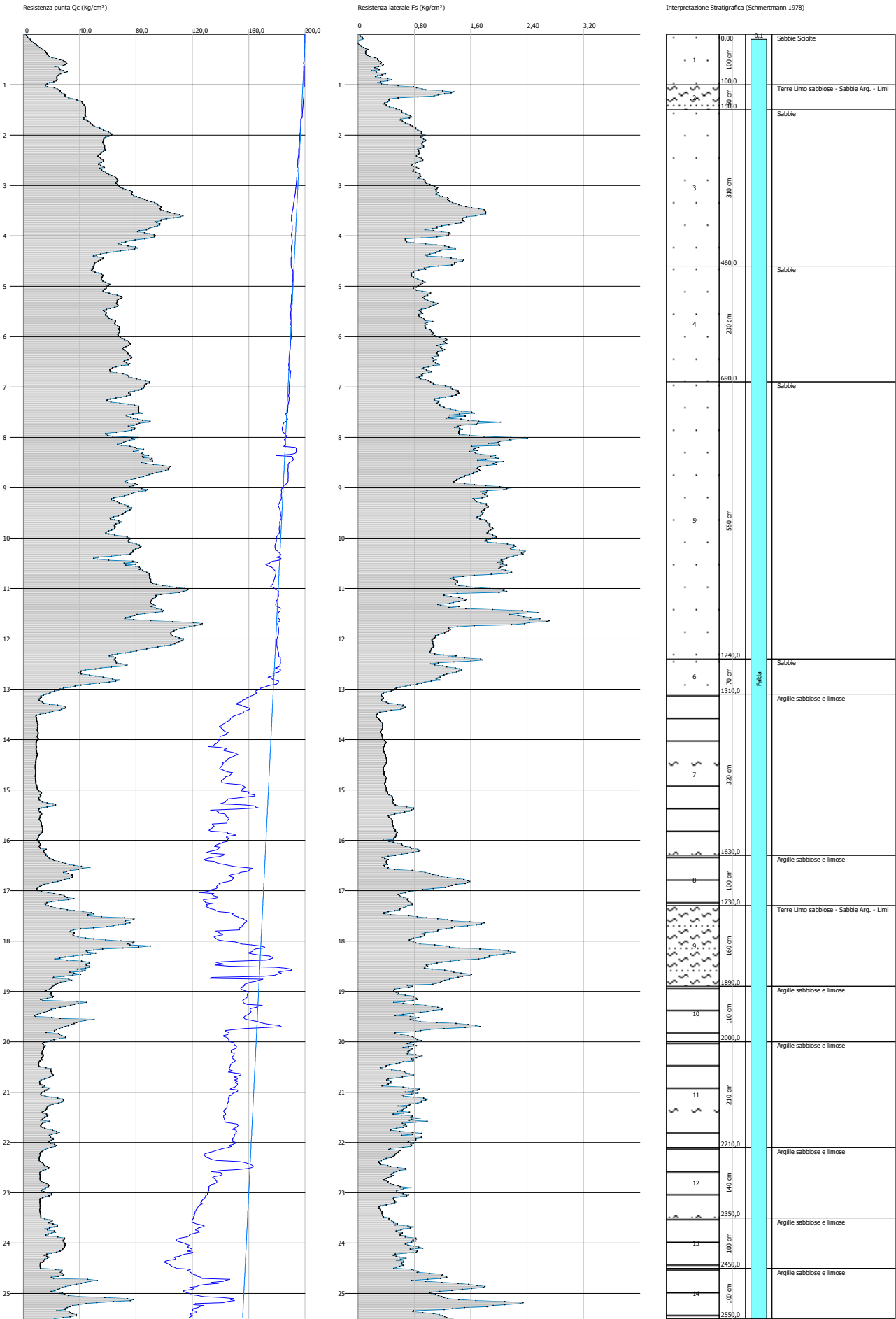
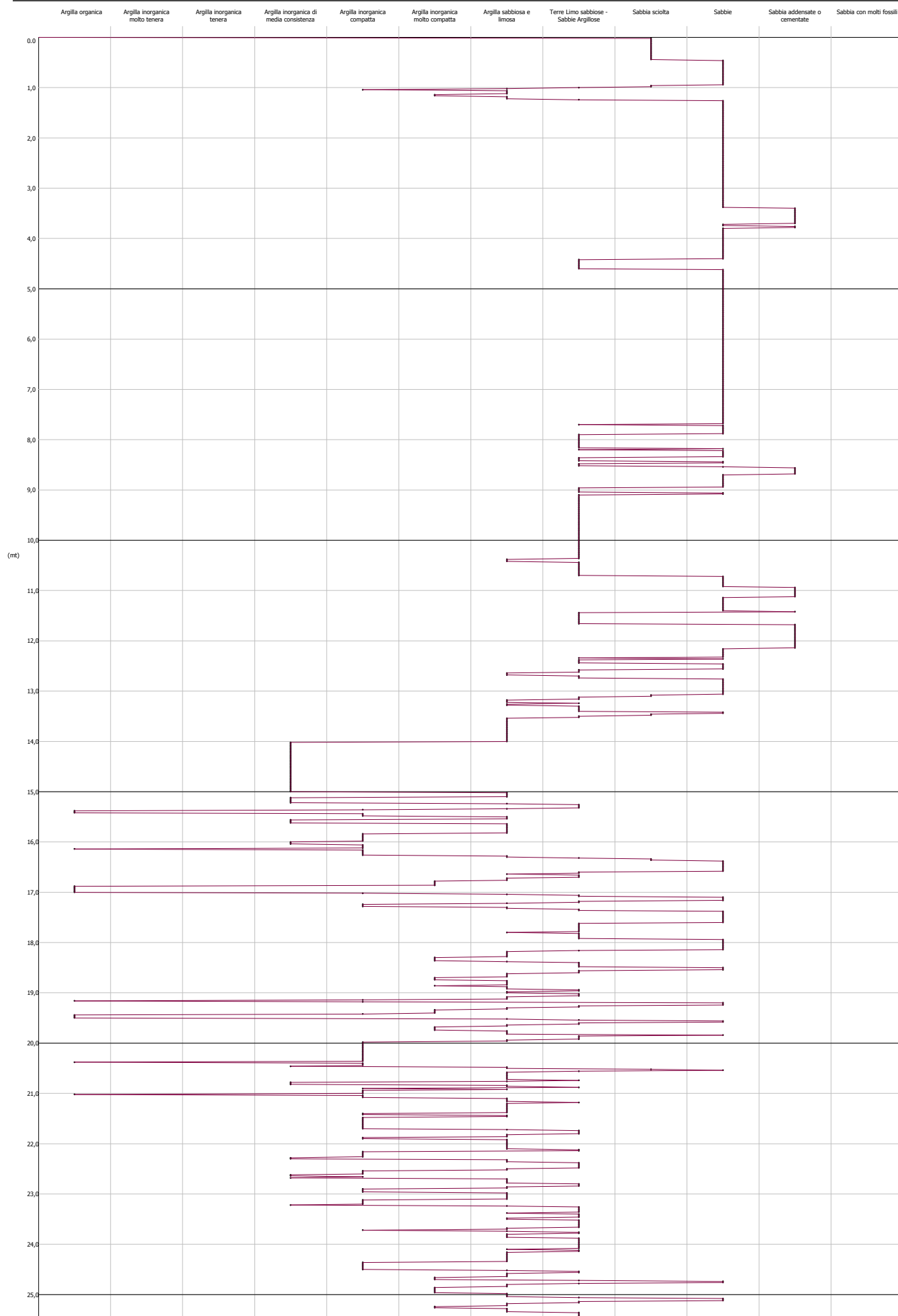




GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)  
PROVA: CPTU 5



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPTU 5

## TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Terzaghi	1,67
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Terzaghi	0,6
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Terzaghi	1,26
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Terzaghi	2,3
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Terzaghi	1,22
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Terzaghi	0,84
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Terzaghi	0,68
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Terzaghi	1,04
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Terzaghi	1,79

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Metodo generale del modulo Edometrico	66,98
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Metodo generale del modulo Edometrico	46,84
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Metodo generale del modulo Edometrico	50,44
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Metodo generale del modulo Edometrico	91,98
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Metodo generale del modulo Edometrico	48,92
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Metodo generale del modulo Edometrico	47,39
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Metodo generale del modulo Edometrico	48,19
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Metodo generale del modulo Edometrico	41,46
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Metodo generale del modulo Edometrico	71,62

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Cancelli 1980	1251,42
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Cancelli 1980	396,69
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Cancelli 1980	885,45
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Cancelli 1980	1659,51
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Cancelli 1980	847,07
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Cancelli 1980	554,16
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Cancelli 1980	429,29
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Cancelli 1980	691,4
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Cancelli 1980	1253,17

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Imai & Tomauchi	239,27
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Imai & Tomauchi	127,8
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Imai & Tomauchi	201,2
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Imai & Tomauchi	290,43
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Imai & Tomauchi	197,47
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Imai & Tomauchi	156,97
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Imai & Tomauchi	138,14
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Imai & Tomauchi	178,48
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Imai & Tomauchi	249,26

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Schmertman n 1978	OCR > 6
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Schmertman	OCR = 1-1.5

Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Schmertman n 1978	OCR = 3
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5

## Peso unità di volume

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	Meyerhof	2,06
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	Meyerhof	1,87
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	Meyerhof	2,0
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	Meyerhof	2,11
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	Meyerhof	1,99
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	Meyerhof	1,92
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	Meyerhof	1,88
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	Meyerhof	1,96
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	Meyerhof	2,06

## Fattori di compressibilità C Crm

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,11768	0,0153
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	0,17783	0,02312
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	0,11974	0,01557
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	0,10784	0,01402
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	0,12137	0,01578
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	0,14617	0,019
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	0,16458	0,0214
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	0,13116	0,01705
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	0,11538	0,015

## Peso unità di volume saturo

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	Meyerhof	2,14
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	Meyerhof	1,95
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	Meyerhof	2,08
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	Meyerhof	2,19
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	Meyerhof	2,07
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	Meyerhof	2,0
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	Meyerhof	1,96
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	Meyerhof	2,04
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	Meyerhof	2,14

## Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	192,73
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	237,81
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	277,43
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	313,12
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	282,66
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	267,36
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	260,58
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	283,34
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	314,94

## TERRENI INCOERENT I

## Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	60,1
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	65,08
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	73,1
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	62,97
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	61,54
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	42,14
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Baldi 1978 - Schmertman	5,0

Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	n 1976 Baldi 1978 - Schmertman	19,99
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	n 1976 Baldi 1978 - Schmertman	35,97
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	n 1976 Baldi 1978 - Schmertman	16,96
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	n 1976 Baldi 1978 - Schmertman	5,18
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	n 1976 Baldi 1978 - Schmertman	5,0
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	n 1976 Baldi 1978 - Schmertman	9,37
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	n 1976 Baldi 1978 - Schmertman	24,31

Angolo di resistenza al taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	De Beer	33,9
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	De Beer	32,8
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	De Beer	32,0
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	De Beer	28,8
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	De Beer	27,3
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	De Beer	23,3
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	De Beer	16,1
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	De Beer	19,0
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	De Beer	21,5
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	De Beer	18,1
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	De Beer	16,0
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	De Beer	14,6
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	De Beer	16,4
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	De Beer	18,8

Modulo di Young

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	Robertson & Campanella 1983	37,38
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	Robertson & Campanella 1983	66,98
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	Robertson & Campanella 1983	138,0
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	Robertson & Campanella	131,92

Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	1983 Robertson & Campanella	165,2
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	1983 Robertson & Campanella	96,9
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	1983 Robertson & Campanella	24,0
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	1983 Robertson & Campanella	50,44
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	1983 Robertson & Campanella	91,98
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	1983 Robertson & Campanella	48,92
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	1983 Robertson & Campanella	33,6
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	1983 Robertson & Campanella	27,26
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	1983 Robertson & Campanella	41,46
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	1983 Robertson & Campanella	71,62

Modulo Edometrico

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometric o (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	Robertson & Campanella da Schmertmann	71,2
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	Robertson & Campanella da Schmertmann	71,94
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	Robertson & Campanella da Schmertmann	77,14
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	Robertson & Campanella da Schmertmann	65,41
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	Robertson & Campanella da Schmertmann	65,3
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	Robertson & Campanella da Schmertmann	46,28
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	Robertson & Campanella da Schmertmann	20,94
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	Robertson &	25,54

Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Campanella da Schmertmann Robertson & Campanella da Schmertmann	43,4
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Robertson & Campanella da Schmertmann	26,58
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Robertson & Campanella da Schmertmann	28,12
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Robertson & Campanella da Schmertmann	29,89
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Robertson & Campanella da Schmertmann	31,4
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Robertson & Campanella da Schmertmann	36,73

## Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Imai & Tomauchi	167,54
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Imai & Tomauchi	239,27
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Imai & Tomauchi	372,13
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Imai & Tomauchi	362,03
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Imai & Tomauchi	415,37
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Imai & Tomauchi	299,83
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Imai & Tomauchi	127,8
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Imai & Tomauchi	201,2
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Imai & Tomauchi	290,43
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Imai & Tomauchi	197,47
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Imai & Tomauchi	156,97
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Imai & Tomauchi	138,14
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Imai & Tomauchi	178,48
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Imai & Tomauchi	249,26

## Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	Ocr
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--------------	-----

			(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )			
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Stress- History	8,28
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Stress- History	6,56
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Stress- History	5,6
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Stress- History	2,87
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Stress- History	2,07
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Stress- History	0,9
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Stress- History	<0,5
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Stress- History	<0,5
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Stress- History	0,62
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Stress- History	<0,5
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Stress- History	<0,5
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Stress- History	<0,5
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Stress- History	<0,5
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Stress- History	<0,5

## Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Kulhawy & Mayne (1990)	1,38
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Kulhawy & Mayne (1990)	1,19
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Kulhawy & Mayne (1990)	1,07
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Kulhawy & Mayne (1990)	0,69
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Kulhawy & Mayne (1990)	0,56
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Kulhawy & Mayne (1990)	0,33
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Kulhawy & Mayne (1990)	0,26
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	0,13816	0,01796
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	0,11768	0,0153
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	0,09898	0,01287
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	0,09977	0,01297
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	0,09634	0,01252
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	0,10648	0,01384
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	0,17783	0,02312
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	0,11974	0,01557
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	0,10784	0,01402
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	0,12137	0,01578
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	0,14617	0,019
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	0,16458	0,0214
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	0,13116	0,01705
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	0,11538	0,015

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Meyerhof	1,9
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Meyerhof	1,8
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Meyerhof	1,9
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Meyerhof	1,9
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Meyerhof	1,8
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Meyerhof	1,8
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Meyerhof	1,8
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Meyerhof	1,8
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Meyerhof	1,8
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Meyerhof	1,8
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Meyerhof	1,8
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Meyerhof	1,8
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Meyerhof	1,8
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Meyerhof	1,8

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Meyerhof	2,2
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Meyerhof	2,1
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Meyerhof	2,2
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Meyerhof	2,2
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Meyerhof	2,1
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Meyerhof	2,1
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Meyerhof	2,1
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Meyerhof	2,1
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Meyerhof	2,1
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Meyerhof	2,1
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Meyerhof	2,1
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Meyerhof	2,1
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Meyerhof	2,1
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Meyerhof	2,1

## Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	176,84
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	226,61
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	303,20
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	323,96
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	367,09
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	333,25
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	238,58
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	291,92
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	342,70
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	295,21
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	271,25
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Baldi et. al.	259,83



						1989 Andrus et. al. 2001	
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	290,45
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	334,93

## Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Piacentini- Righi 1988	2,10E-04
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Piacentini- Righi 1988	2,60E-03
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Piacentini- Righi 1988	3,02E-03
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Piacentini- Righi 1988	3,23E-04
Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Piacentini- Righi 1988	2,42E-04
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Piacentini- Righi 1988	4,13E-07
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Piacentini- Righi 1988	2,04E-06
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Piacentini- Righi 1988	3,04E-05
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Piacentini- Righi 1988	7,58E-07
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Piacentini- Righi 1988	7,01E-08
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Piacentini- Righi 1988	1,39E-06
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Piacentini- Righi 1988	4,42E-06
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Piacentini- Righi 1988	2,68E-07

## Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1,00	18,69	0,21	0,09	0,05	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	1,50	33,49	0,73	0,23	0,12	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 3	4,60	69,0	1,06	0,58	0,29	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 4	6,90	65,96	0,99	1,1	0,53	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	12,40	82,6	1,67	1,88	0,93	Piacentini- Righi 1988	0

Strato 6	13,10	48,45	1,03	2,51	1,25	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 7	16,30	12,0	0,45	2,88	1,42	Piacentini- Righi 1988	1,488446E- 02
Strato 8	17,30	25,22	0,83	3,28	1,61	Piacentini- Righi 1988	0,15407
Strato 9	18,90	45,99	1,2	3,54	1,74	Piacentini- Righi 1988	4,200962
Strato 10	20,00	24,46	0,86	3,81	1,87	Piacentini- Righi 1988	5,563119E- 02
Strato 11	22,10	16,8	0,69	4,12	2,02	Piacentini- Righi 1988	3,533705E- 03
Strato 12	23,50	13,63	0,47	4,45	2,18	Piacentini- Righi 1988	5,700567E- 02
Strato 13	24,50	20,73	0,65	4,68	2,29	Piacentini- Righi 1988	0,2747899
Strato 14	25,50	35,81	1,31	4,88	2,39	Piacentini- Righi 1988	2,874858E- 02

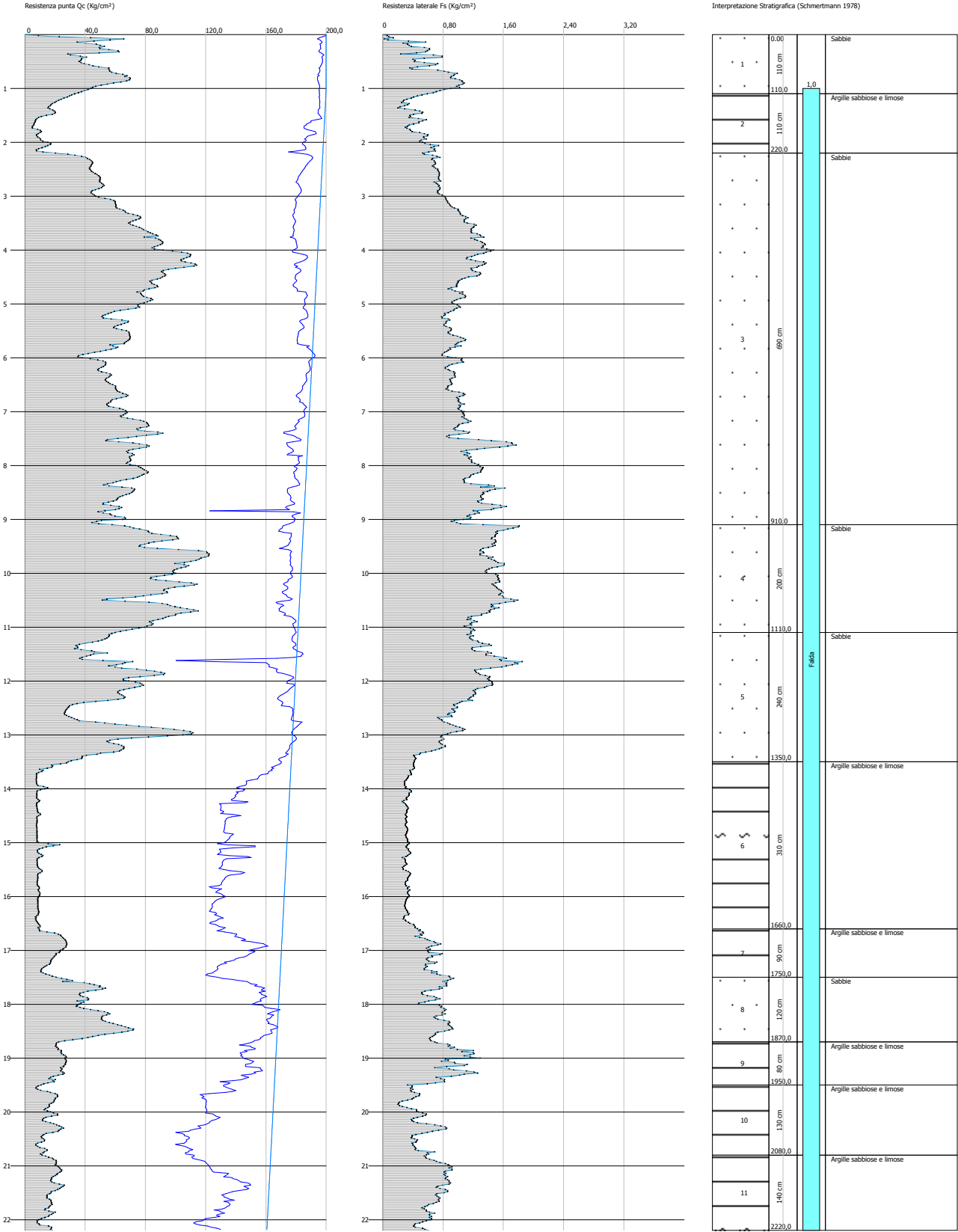
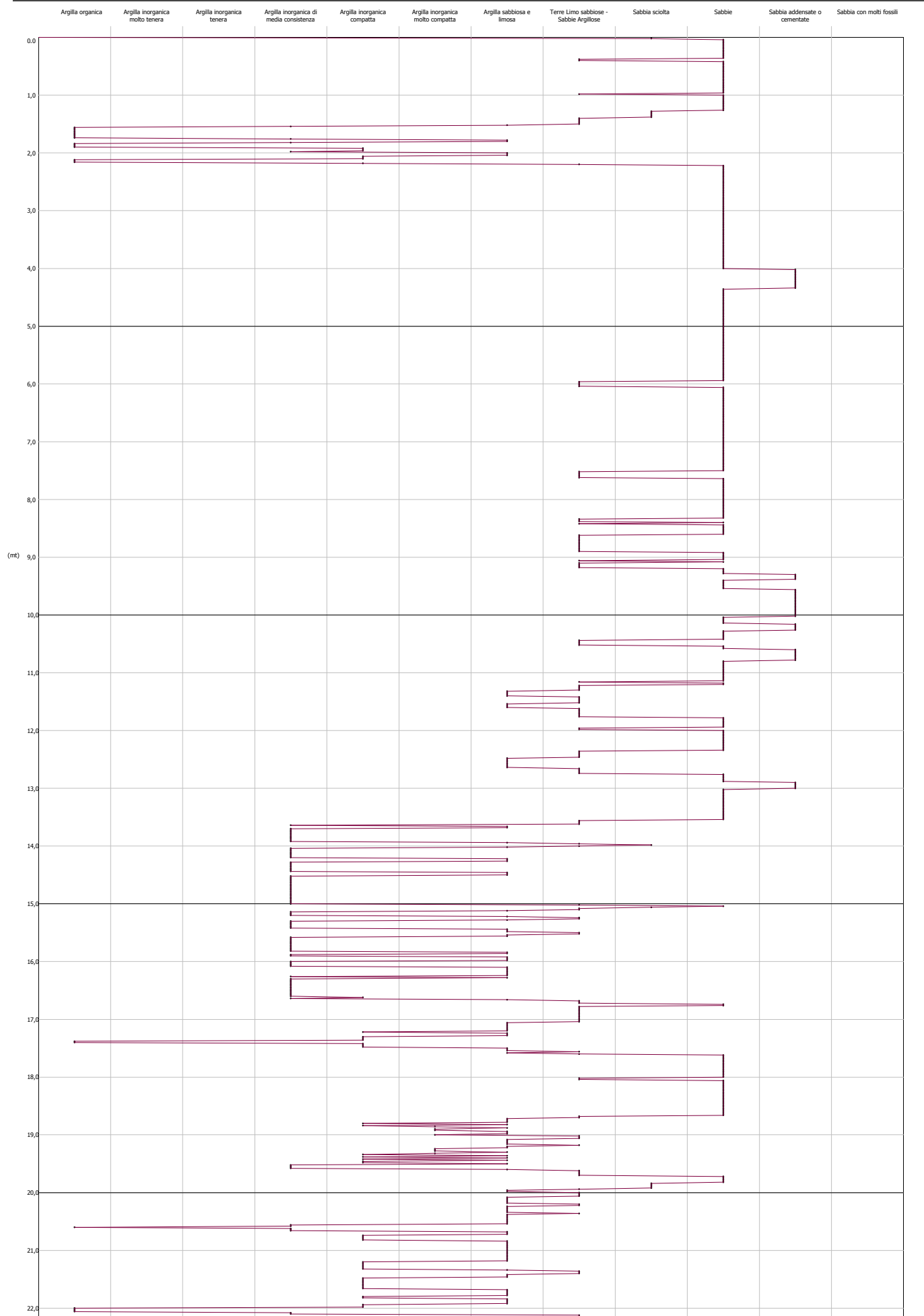


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)  
PROVA: CPTU 6



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPTU 6

## TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Terzaghi	0,69
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Terzaghi	0,47
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Terzaghi	0,98
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Terzaghi	1,14
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Terzaghi	0,77
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Terzaghi	0,89

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Metodo generale del modulo Edometrico	48,25
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Metodo generale del modulo Edometrico	42,32
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Metodo generale del modulo Edometrico	42,88
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Metodo generale del modulo Edometrico	45,52
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Metodo generale del modulo Edometrico	48,31
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Metodo generale del modulo Edometrico	46,21

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Cancelli 1980	507,1
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Cancelli 1980	298,25
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Cancelli 1980	672,82
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Cancelli 1980	783,72
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Cancelli	503,32

Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	1980 Cancelli 1980	589,05
-----------	-------	-------	------	------	------	--------------------------	--------

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Imai & Tomauchi	139,01
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Imai & Tomauchi	110,45
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Imai & Tomauchi	172,53
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Imai & Tomauchi	188,97
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Imai & Tomauchi	148,73
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Imai & Tomauchi	162,56

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Schmertman n 1978	OCR = 6
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Schmertman n 1978	OCR=1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Meyerhof	1,91
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Meyerhof	1,82
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Meyerhof	1,95
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Meyerhof	1,98
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Meyerhof	1,91
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Meyerhof	1,93

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	0,16359	0,02127
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	0,20774	0,02701

Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	0,13482	0,01753
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	0,12544	0,01631
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	0,15348	0,01995
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	0,14176	0,01843

## Peso unità di volume saturo

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25 Meyerhof	1,99
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5 Meyerhof	1,9
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67 Meyerhof	2,03
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86 Meyerhof	2,06
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96 Meyerhof	1,99
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08 Meyerhof	2,01

## Velocità onde di taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	184,47
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	229,62
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	266,63
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	278,74
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	261,77
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	271,40

## TERRENI INCOERENT I

## Densità relativa

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	77,32
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	29,39
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	61,54
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	63,35

Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	46,92
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	5,0
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	12,32
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	35,88
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	15,0
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	5,0
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	6,4

## Angolo di resistenza al taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11 De Beer	35,1
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25 De Beer	25,0
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62 De Beer	28,3
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03 De Beer	27,3
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25 De Beer	24,1
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5 De Beer	14,7
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67 De Beer	17,6
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77 De Beer	21,4
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86 De Beer	17,8
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96 De Beer	15,7
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08 De Beer	16,1

## Modulo di Young

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11 Robertson & Campanella 1983	96,92
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25 Robertson & Campanella 1983	27,54
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62 Robertson & Campanella 1983	134,62
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03 Robertson & Campanella 1983	185,92
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25 Robertson & Campanella 1983	114,68

Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Robertson & Campanella 1983	18,9
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Robertson & Campanella 1983	39,22
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Robertson & Campanella 1983	92,46
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Robertson & Campanella 1983	45,52
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Robertson & Campanella 1983	30,76
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Robertson & Campanella 1983	35,58

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Robertson & Campanella da Schmertmann	81,68
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Robertson & Campanella da Schmertmann	31,56
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Robertson & Campanella da Schmertmann	63,98
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Robertson & Campanella da Schmertmann	67,96
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Robertson & Campanella da Schmertmann	51,42
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Robertson & Campanella da Schmertmann	21,74
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Robertson & Campanella da Schmertmann	24,05
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Robertson & Campanella da Schmertmann	43,54
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Robertson & Campanella da Schmertmann	26,4
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Robertson & Campanella da Schmertmann	27,32
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Robertson & Campanella da Schmertmann	28,84

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Imai & Tomauchi	299,87
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Imai & Tomauchi	139,01
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Imai & Tomauchi	366,53
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Imai & Tomauchi	446,46
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Imai & Tomauchi	332,33
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Imai & Tomauchi	110,45
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Imai & Tomauchi	172,53
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Imai & Tomauchi	291,36
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Imai & Tomauchi	188,97
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Imai & Tomauchi	148,73
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Imai & Tomauchi	162,56

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Stress-History	>9
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Stress-History	1,29
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Stress-History	2,54
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Stress-History	2,09
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Stress-History	1,07
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Stress-History	<0.5
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Stress-History	<0.5
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Stress-History	0,61
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Stress-History	<0.5
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Stress-History	<0.5
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Stress-History	<0.5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	Ko
--	------------------	-------------	-------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------	----



				(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Kulhawy & Mayne (1990)	0,41
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Kulhawy & Mayne (1990)	0,64
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Kulhawy & Mayne (1990)	0,57
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Kulhawy & Mayne (1990)	0,37
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	0,10647	0,01384
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	0,16359	0,02127
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	0,09941	0,01292
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	0,09507	0,01236
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	0,10253	0,01333
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	0,20774	0,02701
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	0,13482	0,01753
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	0,1077	0,014
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	0,12544	0,01631
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	0,15348	0,01995
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	0,14176	0,01843

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Meyerhof	1,9
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Meyerhof	1,8
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Meyerhof	1,9

Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Meyerhof	1,9
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Meyerhof	1,8
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Meyerhof	1,8
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Meyerhof	1,8
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Meyerhof	1,9
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Meyerhof	1,8
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Meyerhof	1,8
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Meyerhof	1,8

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Meyerhof	2,2
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Meyerhof	2,1
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Meyerhof	2,2
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Meyerhof	2,2
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Meyerhof	2,1
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Meyerhof	2,1
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Meyerhof	2,2
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Meyerhof	2,1
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Meyerhof	2,1
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Meyerhof	2,1

## Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	244,87
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	198,65
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	331,40
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	383,32
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	347,65
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	226,14
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	275,31
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	343,86
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	289,71
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	264,24

Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	276,17
-----------	-------	-------	------	------	------	--	--------

## Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Piacentini- Righi 1988	6,85E-03
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Piacentini- Righi 1988	2,18E-06
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Piacentini- Righi 1988	2,37E-03
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Piacentini- Righi 1988	2,37E-03
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Piacentini- Righi 1988	5,98E-04
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Piacentini- Righi 1988	1,31E-06
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Piacentini- Righi 1988	3,26E-06
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Piacentini- Righi 1988	2,09E-03
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Piacentini- Righi 1988	4,61E-08
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Piacentini- Righi 1988	8,94E-06
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Piacentini- Righi 1988	1,13E-07

## Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1,10	48,46	0,63	0,11	0,11	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	2,20	13,77	0,46	0,31	0,25	Piacentini- Righi 1988	8,994008E- 02
Strato 3	9,10	67,31	1,05	1,08	0,62	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 4	11,10	92,96	1,44	1,94	1,03	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	13,50	57,34	1,09	2,38	1,25	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 6	16,60	9,45	0,33	2,9	1,5	Piacentini- Righi 1988	3,718156E- 02
Strato 7	17,50	19,61	0,63	3,27	1,67	Piacentini- Righi 1988	0,1915395
Strato 8	18,70	46,23	0,74	3,48	1,77	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 9	19,50	22,76	0,94	3,67	1,86	Piacentini- Righi 1988	3,15027E-03
Strato 10	20,80	15,38	0,46	3,87	1,96	Piacentini- Righi 1988	0,4123202
Strato 11	22,20	17,79	0,71	4,13	2,08	Piacentini- Righi 1988	6,034723E- 03

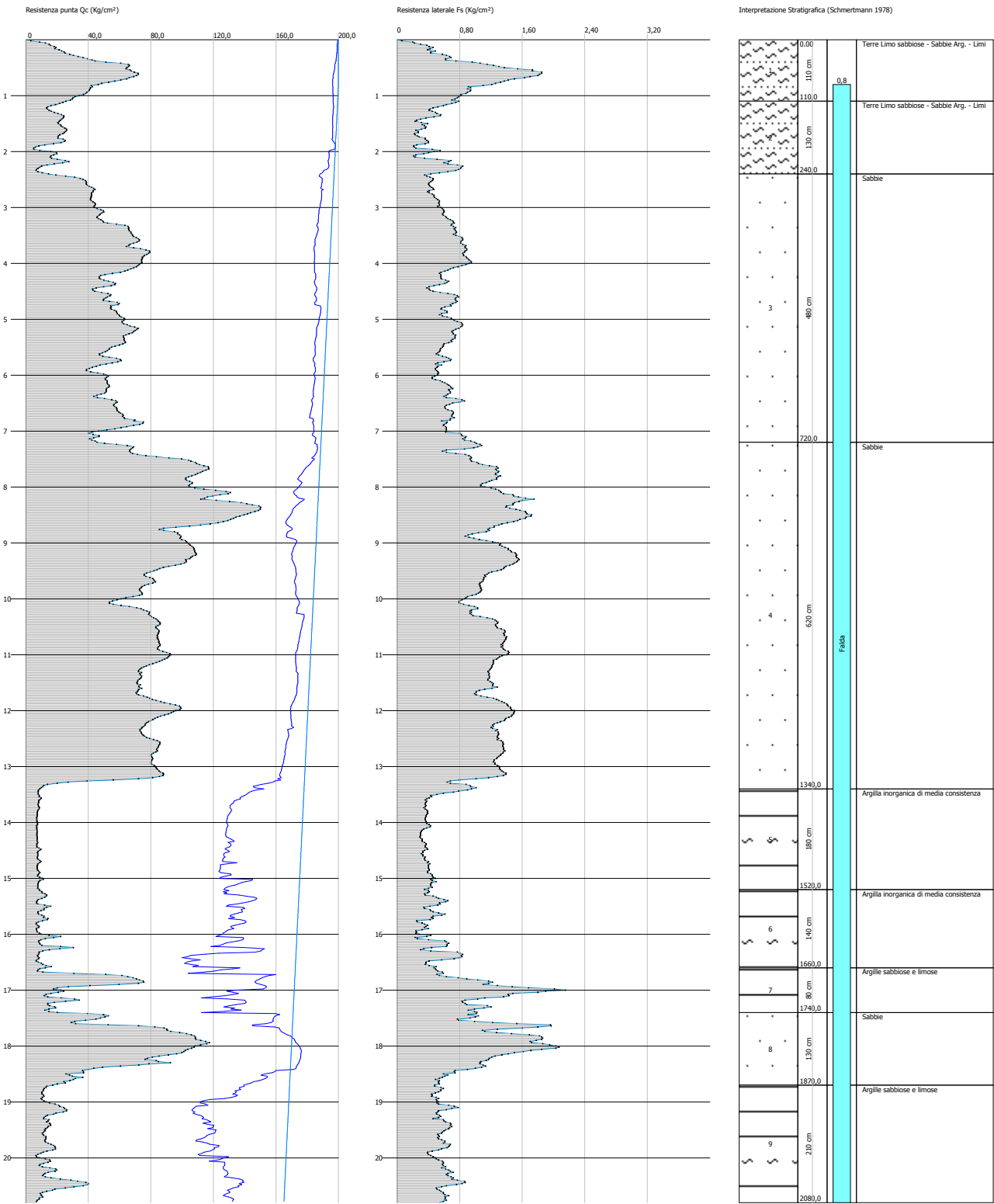
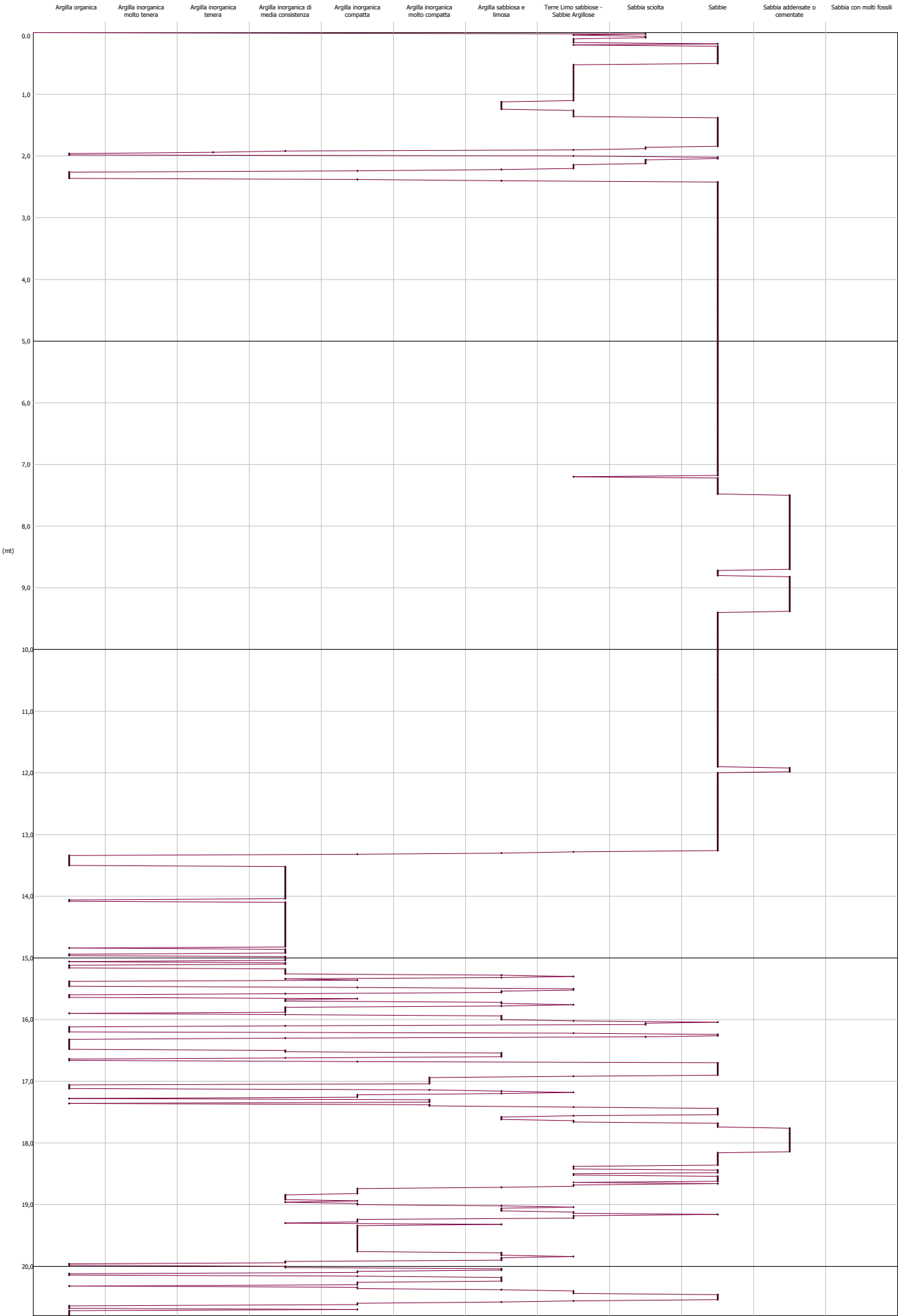


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)  
PROVA: CPTU 7



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPTU 7

## TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Terzaghi	2,11
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Terzaghi	0,91
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Terzaghi	0,4
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Terzaghi	0,54
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Terzaghi	1,55
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Terzaghi	0,76

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Metodo generale del modulo Edometrico	84,5
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Metodo generale del modulo Edometrico	45,64
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Metodo generale del modulo Edometrico	38,14
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Metodo generale del modulo Edometrico	45,03
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Metodo generale del modulo Edometrico	62,04
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Metodo generale del modulo Edometrico	48,35

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Cancelli 1980	1580,21
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Cancelli 1980	672,0
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Cancelli 1980	244,15
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Cancelli 1980	346,83
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Cancelli	1102,61

Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	1980 Cancelli 1980	501,57
----------	-------	-------	------	------	------	--------------------------	--------

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Imai & Tomauchi	275,76
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Imai & Tomauchi	164,67
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Imai & Tomauchi	98,99
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Imai & Tomauchi	119,63
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Imai & Tomauchi	228,32
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Imai & Tomauchi	147,96

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Schmertman n 1978	OCR > 6
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Schmertman n 1978	OCR = 6
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Schmertman n 1978	OCR=1
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Schmertman n 1978	OCR = 1-1.5
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Schmertman n 1978	OCR=1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Meyerhof	2,1
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Meyerhof	1,95
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Meyerhof	1,78
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Meyerhof	1,84
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Meyerhof	2,04
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Meyerhof	1,91

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	0,11021	0,01433
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	0,1402	0,01823

Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	0,23535	0,0306
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	0,19049	0,02476
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	0,12047	0,01566
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	0,15421	0,02005

## Peso unità di volume saturo

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Meyerhof	2,18
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Meyerhof	2,03
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	Meyerhof	1,86
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	Meyerhof	1,92
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	Meyerhof	2,12
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	Meyerhof	1,99

## Velocità onde di taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	198,88
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	194,30
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	219,68
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	235,73
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	288,28
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	259,57

## TERRENI INCOERENT I

## Densità relativa

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	72,63
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	37,12
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	58,35
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	61,98

Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	25,79
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	1,72	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	48,06
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	5,0

## Angolo di resistenza al taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	De Beer	34,2
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	De Beer	26,3
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	De Beer	28,1
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	De Beer	27,1
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	De Beer	20,0
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	De Beer	23,6
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	De Beer	15,9

## Modulo di Young

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Robertson & Campanella 1983	84,5
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Robertson & Campanella 1983	36,34
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	Robertson & Campanella 1983	111,04
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	Robertson & Campanella 1983	176,7
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	Robertson & Campanella 1983	62,04
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	Robertson & Campanella 1983	139,94
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	Robertson & Campanella 1983	30,5

## Modulo Edometrico

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Robertson & Campanella da Schmertmann	80,24
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Robertson &	39,51



Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	0,52	Campanella da Schmertmann Robertson & Campanella da Schmertmann	60,41
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	1,03	Robertson & Campanella da Schmertmann	66,4
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Robertson & Campanella da Schmertmann	31,68
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	1,72	Robertson & Campanella da Schmertmann	56,26
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Robertson & Campanella da Schmertmann	26,34

Modulo di deformazione a taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Imai & Tomauchi	275,76
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Imai & Tomauchi	164,67
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	Imai & Tomauchi	325,85
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	Imai & Tomauchi	432,8
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	Imai & Tomauchi	228,32
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	Imai & Tomauchi	375,32
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	Imai & Tomauchi	147,96

Grado di sovraconsolidazione

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Stress-History	8,84
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Stress-History	1,69
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	Stress-History	2,46
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	Stress-History	2,0
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	Stress-History	<0.5
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	Stress-History	0,95
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	Stress-History	<0.5

Modulo di reazione Ko

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Kulhawy & Mayne (1990)	1,44
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Kulhawy & Mayne (1990)	0,49
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	Kulhawy & Mayne (1990)	0,63
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	Kulhawy & Mayne (1990)	0,55
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	Kulhawy & Mayne (1990)	0,34
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11021	0,01433
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,1402	0,01823
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	0,10323	0,01342
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	0,09557	0,01242
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	0,12047	0,01566
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	0,09875	0,01284
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	0,15421	0,02005

Peso unità di volume

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Meyerhof	1,8
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Meyerhof	1,8
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	Meyerhof	1,9
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	Meyerhof	1,9
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	Meyerhof	1,8
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	Meyerhof	1,8
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	Meyerhof	2,1
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	Meyerhof	2,1

Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	0,52	Meyerhof	2,2
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	1,03	Meyerhof	2,2
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Meyerhof	2,1
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	1,72	Meyerhof	2,1
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	238,24
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	213,25
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	0,52	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	309,49
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	1,03	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	378,22
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	307,70
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	1,72	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	380,24
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	262,26

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Piacentini- Righi 1988	1,50E-04
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Piacentini- Righi 1988	8,71E-05
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	0,52	Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	1,03	Piacentini- Righi 1988	4,34E-03
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Piacentini- Righi 1988	1,89E-09
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Piacentini- Righi 1988	3,16E-08
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Piacentini- Righi 1988	6,29E-07
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	1,72	Piacentini- Righi 1988	1,04E-03
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Piacentini- Righi 1988	2,18E-07

Coefficiente di consolidazione

Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Coefficiente
--------------	----	----	----------	----------	--------------	--------------

	(m)	(Kg/cm²)	(Kg/cm²)	litostatica totale (Kg/cm²)	litostatica efficace (Kg/cm²)	di consolidazio ne (cm²/s)	
Strato 1	1,10	42,25	0,95	0,11	0,11	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	2,40	18,17	0,44	0,35	0,25	Piacentini- Righi 1988	4,749386
Strato 3	7,20	55,52	0,65	0,92	0,52	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 4	13,40	88,35	1,24	1,98	1,03	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	15,20	7,9	0,4	2,74	1,39	Piacentini- Righi 1988	4,478345E- 05
Strato 6	16,60	10,77	0,47	3,03	1,52	Piacentini- Righi 1988	1,022366E- 03
Strato 7	17,40	31,02	1,09	3,24	1,62	Piacentini- Righi 1988	5,851101E- 02
Strato 8	18,70	69,97	1,23	3,44	1,72	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 9	20,80	15,25	0,59	3,77	1,87	Piacentini- Righi 1988	9,973778E- 03



**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

---

## **Sito ENI Ravenna - Ponticelle**

<h3><b>ALLEGATO 3 - CERTIFICATI PROVE DI DISSIPAZIONE</b></h3>
--



**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

## PROVA DI DISSIPAZIONE

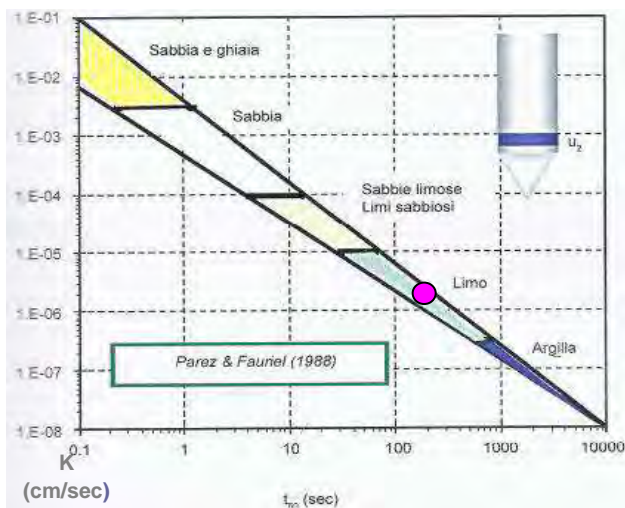
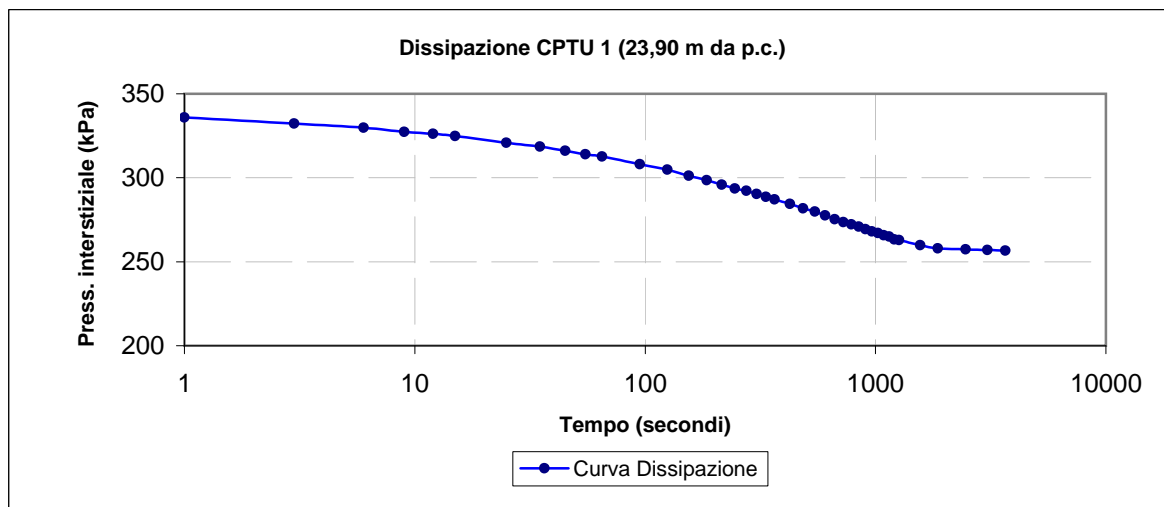
Strumentazione utilizzata: Punta TP CPL2IN (TecnoPenta Srl)

**Committente:** Eni spa  
**Cantiere:** Ravenna - Ponticelle  
**Data prova:** 26/02/18

**Operatore:** Capatti  
**Prova n°:** CPTU 1  
**Prof.:** 23,90 m da p.c.

T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)
1	335,909	125	304,909	665	275,364	1865	258
3	332,273	155	301,273	725	273,545	2465	257,364
6	329,818	185	298,545	785	272,182	3065	257
9	327,364	215	295,818	845	270,818	3665	256,545
12	326,128	245	293,545	905	269,455		
15	324,818	275	292,182	965	268,091		
25	320,818	305	290,364	1025	267,182		
35	318,545	335	288,545	1085	265,818		
45	316,128	365	287,182	1145	264,909		
55	314	425	284,455	1205	263,364		
65	312,636	485	281,727	1265	262,818		
95	308,091	545	279,909	1565	259,818		

<b>Falda:</b>
1 m da p.c.
<b>Pressione idrostatica teorica</b>
225 kPa



Formula di Parez e Fauriel (1988)

$$K_h = (251 \cdot t_{50})^{-1,25}$$

t <sub>50</sub>	197 sec
K <sub>h</sub>	1,4 * 10 <sup>-6</sup> cm/sec
K <sub>h</sub>	1,4 * 10 <sup>-8</sup> m/sec

Il tecnico  
Dott. Stefano Vincenzi

## PROVA DI DISSIPAZIONE

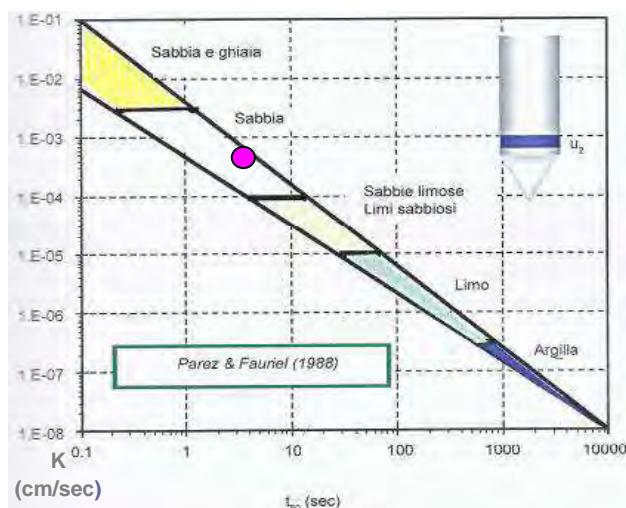
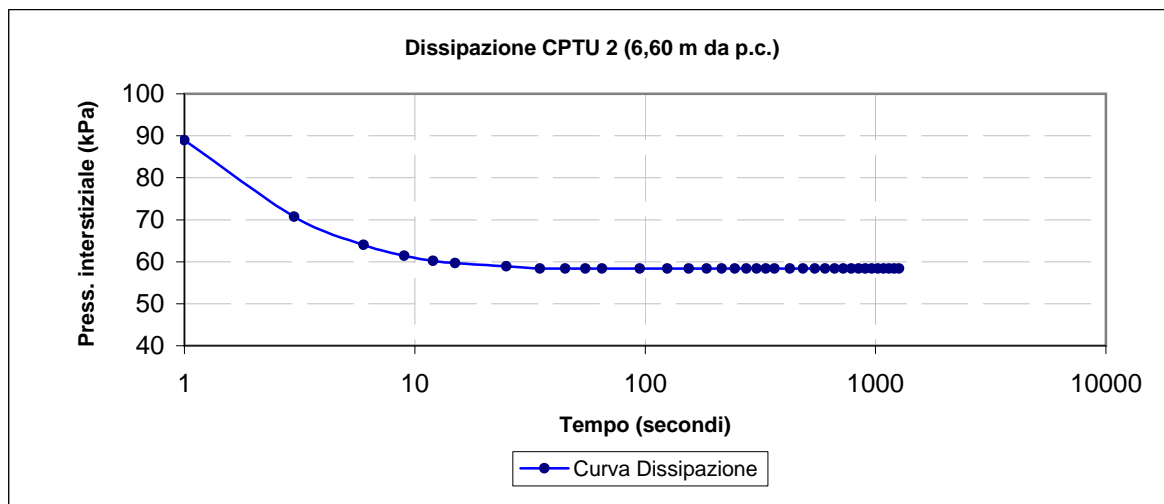
Strumentazione utilizzata: Punta TP CPL2IN (TecnoPenta Srl)

**Committente:** Eni spa  
**Cantiere:** Ravenna - Ponticelle  
**Data prova:** 21/02/18

**Operatore:** Capatti  
**Prova n°:** CPTU 2  
**Prof.:** 6,60 m da p.c.

T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)
1	88,909	125	58,364	665	58,364		
3	70,727	155	58,364	725	58,364		
6	64	185	58,364	785	58,364		
9	61,455	215	58,364	845	58,364		
12	60,182	245	58,364	905	58,364		
15	59,636	275	58,364	965	58,364		
25	58,909	305	58,364	1025	58,364		
35	58,364	335	58,364	1085	58,364		
45	58,364	365	58,364	1145	58,364		
55	58,364	425	58,364	1205	58,364		
65	58,364	485	58,364	1265	58,364		
95	58,364	545	58,364				

<b>Falda:</b>
1 m da p.c.
<b>Pressione idrostatica teorica</b>
55 kPa



Formula di Parez e Fauriel (1988)

$$K_h \text{ (cm/s)} = (251 \cdot t_{50})^{(-1,25)}$$

t <sub>50</sub>	2 sec
K <sub>h</sub>	4,2 * 10 <sup>-4</sup> cm/sec
K <sub>h</sub>	4,2 * 10 <sup>-6</sup> m/sec

Il tecnico  
Dott. Stefano Vincenzi





**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

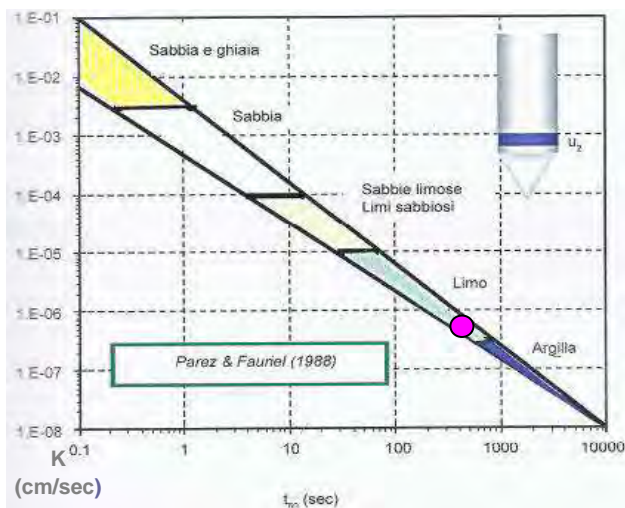
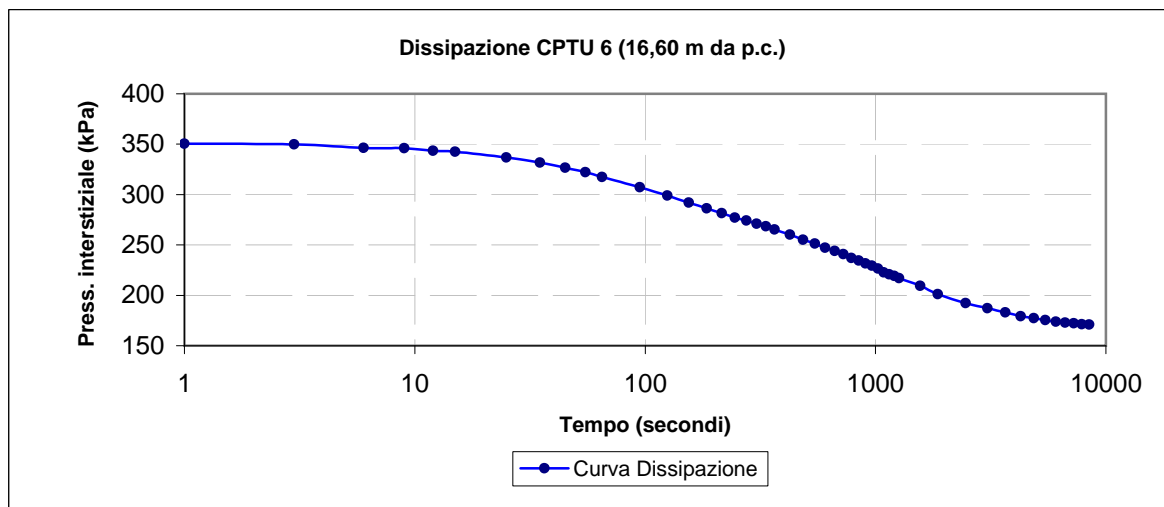
## PROVA DI DISSIPAZIONE

Strumentazione utilizzata: Punta TP CPL2IN (TecnoPenta Srl)

**Committente:** Eni spa  
**Cantiere:** Ravenna - Ponticelle  
**Data prova:** 21/02/18

**Operatore:** Capatti  
**Prova n°:** CPTU 6  
**Prof.:** 16,60 m da p.c.

T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)	T (sec)	DeltaU (kPa)	
1	350,545	125	298,909	665	243,909	1865	201,182	
3	349,818	155	292,091	725	240,727	2465	192,363	
6	346,364	185	286,182	785	237,091	3065	187,091	
9	345,909	215	281,636	845	234,364	3665	183	
12	343,545	245	277,091	905	231,636	4265	179,091	
15	342,545	275	274,364	965	229,364	4865	177,182	
25	336,636	305	271,182	1025	226,636	5465	175,364	<b>Falda:</b>
35	331,636	335	268,455	1085	222,727	6065	173,818	1 m da p.c.
45	326,636	365	265,273	1145	220,727	6665	173	<b>Pressione</b>
55	322,091	425	260,273	1205	219,364	7265	172,091	<b>idrostatica</b>
65	317,545	485	255,273	1265	217,091	7865	171,364	<b>teorica</b>
95	307,091	545	251,182	1565	209,364	8465	171	153 kPa



Formula di Parez e Fauriel (1988)

$$K_h = (251 \cdot t_{50})^{-1,25}$$

$t_{50}$	445 sec
$K_h$	$5,2 \cdot 10^{-7}$ cm/sec
$K_h$	$5,2 \cdot 10^{-9}$ m/sec

Il tecnico  
Dott. Stefano Vincenzi





**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

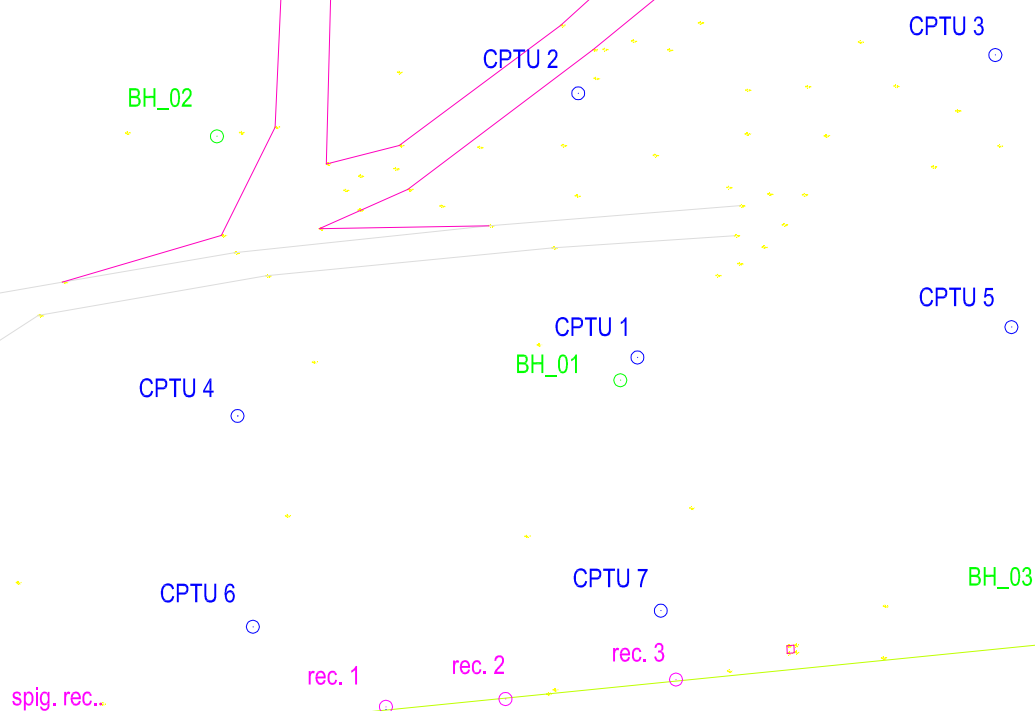
RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

---

## **Sito ENI Ravenna - Ponticelle**

### **ALLEGATO 4 - RILIEVO TOPOGRAFICO**

Sezione 2



Elenco punti sito Eni Ravenna - Ponticelle			COORDINATE UTM - WGS84 32N*	
Progr	PUNTO	QUOTA S.L.M.M.	N	E
1	BH_01	0,879	279476,046	4926452,979
2	BH_02	0,925	279432,737	4926479,156
3	BH_03	0,684	279522,624	4926427,863
4	CPTU 1	0,891	279477,883	4926455,425
5	CPTU 2	0,267	279471,527	4926483,772
6	CPTU 3	0,368	279516,301	4926487,884
7	CPTU 4	0,933	279434,952	4926449,144
8	CPTU 5	0,282	279518,037	4926458,679
9	CPTU 6	1,064	279436,598	4926426,516
10	CPTU 7	1,115	279480,391	4926428,245
11	spigolo recinzione	1,244	279418,146	4926414,323
12	recinzione 1	0,946	279450,882	4926417,930
13	recinzione 2	0,974	279463,716	4926418,767
14	recinzione 3	0,864	279482,021	4926420,847



**gaia** di Elena Ghetti & C. s.n.c.  
Sede legale e operativa:  
via Pironi, 68, 44012 Bondeno (Ferrara)  
Tel/Fax: 0532-898245  
e-mail: consulenze@gaia-ambiente.eu

RTI  
HERAMBIENTE SpA  
NCE/CGX/GAIA/ASTRA/TIM  
OIL/EUREKA/VEOLIA

---

## **Sito ENI Ravenna - Ponticelle**

### **ALLEGATO 5 - CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO**

**Campioni indisturbati**



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® 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: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**  
COMMESSA: 17669/18  
VERBALE ACC.: 155/18  
DATA CONSEGNA: 21/03/18

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 15.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 41 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	20	10	DESCRIZIONE: Limo con argilla grigio
			W naturale (%) 36.4 $\gamma$ 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 (%) 50 indice dei vuoti 0.98 grado di saturazione (%) 100 massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) 2.709
	20	10	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale SI Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria SI Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto SI Peso di Volume SI Espansione L.L. - Peso Specifico SI Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: Le prove sono state eseguite sull'aliquota di materiale più fine
15.50 basso			

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## UMIDITA' DI UNA TERRA

### UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 grigio**

cod.bilancia 480

#### DETERMINAZIONE

1

2

TARA (g)

2.19

2.19

TERRA UMIDA (g)

221.7

135.22

TERRA ESSICATA\* (g)

163.56

99.48

UMDITA' DETERMINATA (%)

36.0

36.7

UMIDITA' CALCOLATA (%)

=

**36.4**

\* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® 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](#)

## MASSA VOLUMICA APPARENTE

### UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 grigio**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	91.99	91.99
ALTEZZA (cm)	2.00	2.00
DIAMETRO (cm)	6.06	6.06
MASSA LORDA (g)	228.97	229.44
MASSA VOLUMICA (Mg/m <sup>3</sup> )	1.86	1.87
<b>MEDIA (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>=</b>	<b>1.86</b>

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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

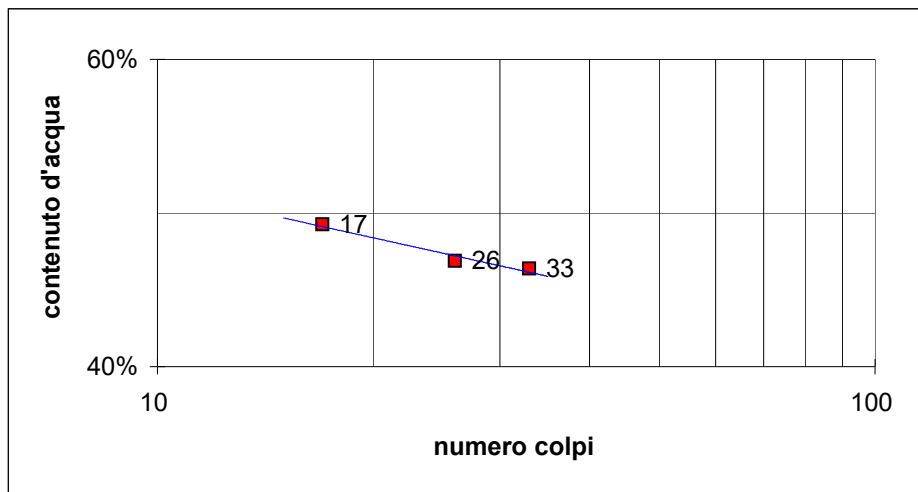
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con argilla grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	33	26	17			
massa umida+ tara (g)	24.16	23.12	22.75	13.74	13.45	221.70
massa secca+ tara (g)	17.21	16.49	15.98	10.95	10.73	163.56
acqua contenuta (g)	6.95	6.63	6.77	2.79	2.72	58.14
tara (g)	2.22	2.34	2.23	2.16	2.24	2.19
peso secco (g)	14.99	14.15	13.75	8.79	8.49	161.37
contenuto d'acqua	46.4%	46.9%	49.2%	31.7%	32.0%	36.0%

Umidità Naturale	Wn =	36%
Limite Liquido	LL =	47%
Limite Plastico	LP =	32%
Indice Plastico	IP =	15%



Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO UNI EN ISO 17892-3

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/18
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 grigio**

cod.bilancia 480

determinazione picnometro n:	1 (pic. 001)	2 (pic. 002)
terra (g):	14.44	13.71
temperatura (°C):	21.0	19.5
picnometro + acqua (g):	149.64	150.42
picnometro + terra (g):	158.76	159.06
fattore K	0.9998	1.0002

Peso specifico determinato ( $\text{Mg/m}^3$ ):	2.714	2.705
---	-------	-------

Peso specifico calcolato ( $\text{Mg/m}^3$ ):	<b>2.709</b>
---	--------------

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

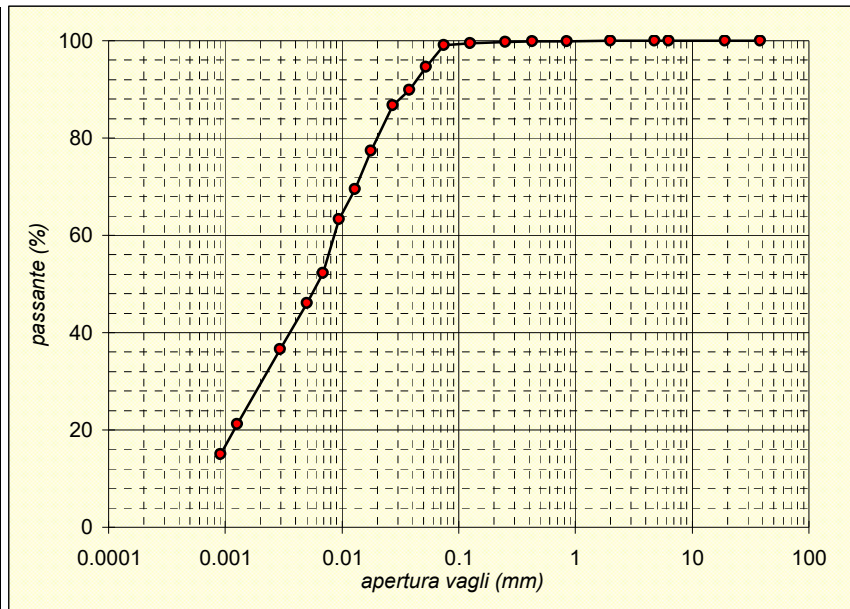
Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

#### Limo con argilla grigio

codici		vagli (mm)	trattenut (g)	trattenut (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.07	0.04	0.04	99.96
292	setaccio	0.850	0.04	0.02	0.07	99.93
293	setaccio	0.425	0.10	0.06	0.13	99.87
282	setaccio	0.250	0.25	0.15	0.29	99.71
283	setaccio	0.125	0.39	0.24	0.53	99.47
286	setaccio	0.075	0.70	0.43	0.96	99.04
-	calcolato	0.0524	7.19	4.45	5.41	94.59
-	calcolato	0.0378	7.59	4.70	10.11	89.89
-	calcolato	0.0271	5.06	3.13	13.25	86.75
-	calcolato	0.0178	15.17	9.40	22.65	77.35
-	calcolato	0.0130	12.64	7.84	30.49	69.51
-	calcolato	0.0094	10.12	6.27	36.76	63.24
-	calcolato	0.0069	17.70	10.97	47.73	52.27
-	calcolato	0.0050	10.12	6.27	53.99	46.01
-	calcolato	0.0030	15.17	9.40	63.40	36.60
-	calcolato	0.0013	24.84	15.39	78.79	21.21
-	calcolato	0.0009	10.11	6.27	85.06	14.94
-	calcolato	fondo	24.11	14.94	100.00	0.00
TOTALE			161.37		$\phi$ max (mm) = 2.7	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		49.99
t° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	33.5
21	60	32.0
21	120	31.0
21	300	28.0
21	600	25.5
21	1200	23.5
21	2400	20.0
21	4800	18.0
21	14400	15.0
21.5	86400	10.0
21.5	172800	8.0
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	1.0%	3.1%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	69.5%	67.4%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	29.5%	29.5%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanov:

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagno

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

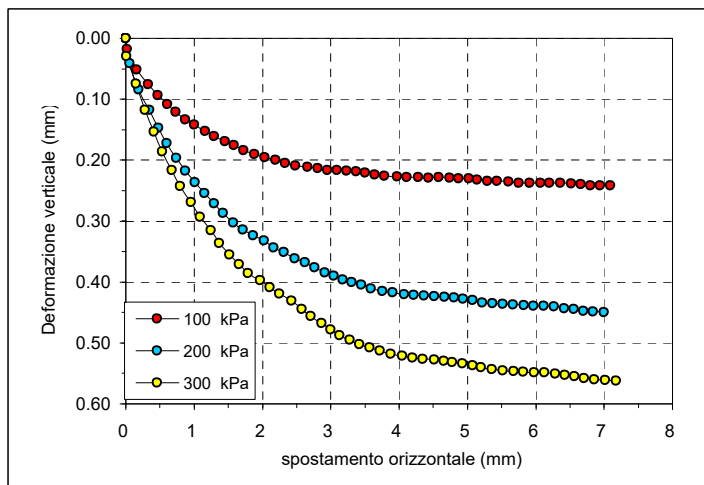
COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH1SH1 m 15.00 - 15.50		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018
GEO - CERT. n°:		rev.00 del:	

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

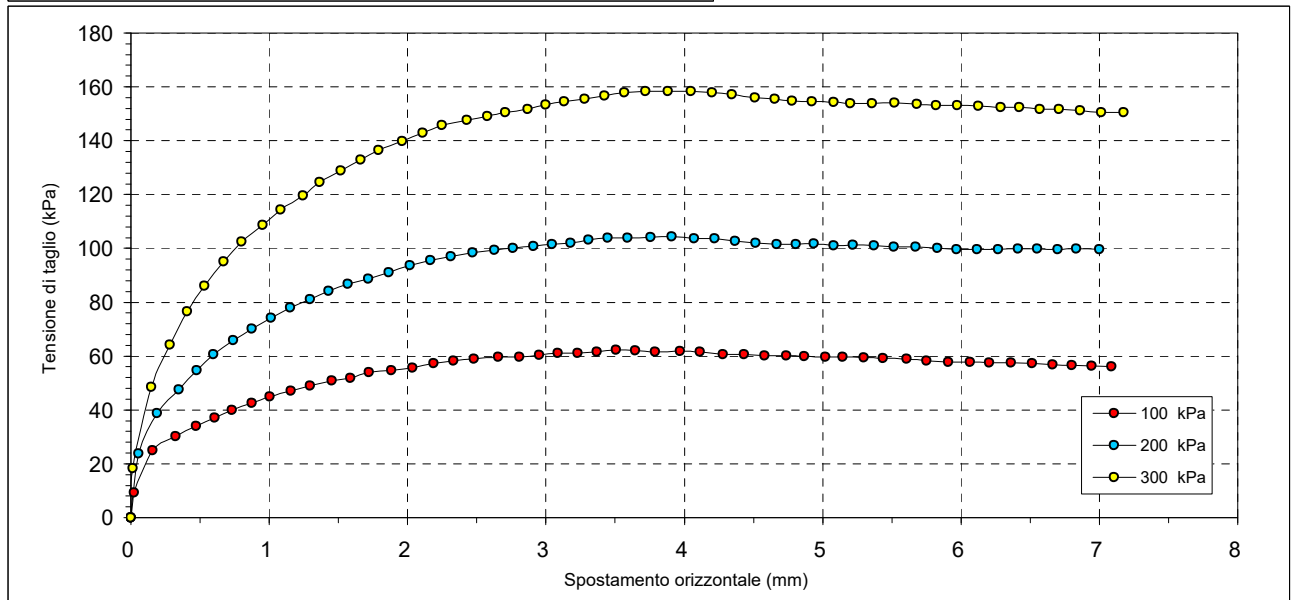
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 20$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo con argilla grigio



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
$\sigma_v$ (kPa)	100	200	300
W ini (%)	36.0	36.3	36.2
$\gamma_{ini}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.86	1.86	1.86
$\gamma_d$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	1.37	1.37	1.37
S ini (%)	100	100	100
W fin (%)	28.6	23.3	19.1
$\gamma_{fin}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.96	2.05	2.13
$\gamma_d$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	1.53	1.66	1.79
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m <sup>3</sup> )	2.709		
H fine cons (mm)	19.236	18.662	18.126



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRAR  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi  
P IVA e Codice Fiscale n. 0017460038:

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquity  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC.

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**  
COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018  
VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/2018  
GEO - CERT. n°: rev.00 del:

PROVINO 1 100 kPa			PROVINO 2 200 kPa			PROVINO 3 300 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.022	9.167	0.018	0.056	23.833	0.041	0.013	18.194	0.029
0.157	25.000	0.051	0.192	38.667	0.084	0.146	48.556	0.075
0.326	30.167	0.076	0.349	47.611	0.118	0.282	64.278	0.118
0.472	34.083	0.093	0.478	54.722	0.147	0.408	76.556	0.153
0.605	37.139	0.108	0.595	60.556	0.172	0.533	86.167	0.186
0.731	39.972	0.121	0.738	65.750	0.196	0.670	95.056	0.216
0.874	42.611	0.133	0.874	70.194	0.217	0.800	102.389	0.243
1.003	44.917	0.142	1.012	74.167	0.236	0.955	108.639	0.269
1.158	47.056	0.152	1.151	77.917	0.254	1.085	114.361	0.293
1.297	49.000	0.161	1.295	81.056	0.271	1.243	119.722	0.315
1.452	50.806	0.169	1.428	84.083	0.287	1.363	124.556	0.336
1.586	51.806	0.175	1.570	86.750	0.303	1.517	128.917	0.355
1.723	53.917	0.184	1.717	88.667	0.314	1.659	132.972	0.371
1.883	54.667	0.190	1.866	91.111	0.324	1.791	136.389	0.386
2.036	55.611	0.195	2.019	93.611	0.332	1.963	139.889	0.397
2.189	57.278	0.200	2.166	95.583	0.344	2.110	142.917	0.409
2.334	58.250	0.205	2.315	97.111	0.351	2.249	145.694	0.419
2.479	59.083	0.209	2.469	98.444	0.361	2.427	147.750	0.431
2.657	59.722	0.211	2.627	99.444	0.368	2.576	149.000	0.444
2.810	59.611	0.213	2.764	100.139	0.376	2.708	150.611	0.456
2.951	60.444	0.216	2.910	100.750	0.385	2.868	151.667	0.468
3.088	61.056	0.216	3.046	101.500	0.390	3.000	153.250	0.478
3.230	61.111	0.217	3.177	102.083	0.396	3.133	154.611	0.488
3.369	61.556	0.219	3.309	103.194	0.400	3.279	155.583	0.495
3.506	62.222	0.221	3.448	103.889	0.405	3.422	156.611	0.502
3.645	62.056	0.224	3.591	104.000	0.411	3.566	157.861	0.508
3.788	61.694	0.226	3.758	104.111	0.415	3.722	158.472	0.513
3.971	61.750	0.227	3.909	104.472	0.417	3.881	158.417	0.518
4.114	61.583	0.228	4.072	103.722	0.420	4.048	158.278	0.521
4.281	60.694	0.228	4.218	103.583	0.421	4.199	157.889	0.524
4.434	60.556	0.229	4.369	102.778	0.422	4.346	157.194	0.526
4.582	60.250	0.228	4.516	101.917	0.423	4.513	156.056	0.528
4.737	60.111	0.229	4.669	101.639	0.424	4.657	155.583	0.530
4.867	59.833	0.230	4.809	101.639	0.426	4.781	154.806	0.532
5.022	59.750	0.230	4.938	101.722	0.428	4.924	154.444	0.534
5.147	59.583	0.232	5.080	101.139	0.430	5.080	154.361	0.537
5.297	59.417	0.234	5.221	101.250	0.434	5.202	153.861	0.540
5.436	59.306	0.234	5.370	101.083	0.435	5.357	153.944	0.543
5.606	58.889	0.235	5.514	100.694	0.436	5.522	153.972	0.545
5.752	58.333	0.237	5.671	100.556	0.437	5.680	153.528	0.546
5.908	57.833	0.237	5.829	100.139	0.438	5.822	153.111	0.547
6.067	57.694	0.237	5.967	99.722	0.439	5.973	153.083	0.548
6.205	57.444	0.238	6.118	99.556	0.439	6.126	152.833	0.549
6.364	57.528	0.238	6.271	99.611	0.440	6.286	152.472	0.551
6.516	57.306	0.239	6.414	99.917	0.443	6.423	152.444	0.553
6.664	56.917	0.240	6.554	99.944	0.445	6.568	151.806	0.555
6.801	56.611	0.242	6.700	99.639	0.448	6.709	151.639	0.558
6.944	56.417	0.242	6.834	99.972	0.449	6.861	151.333	0.560
7.088	56.028	0.242	7.001	99.611	0.450	7.013	150.556	0.561
						7.176	150.417	0.562

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH1SH1 m 15.00 - 15.50		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018
GEO - CERT. n°:		rev.00 del:	

### Consolidazione Provino 1

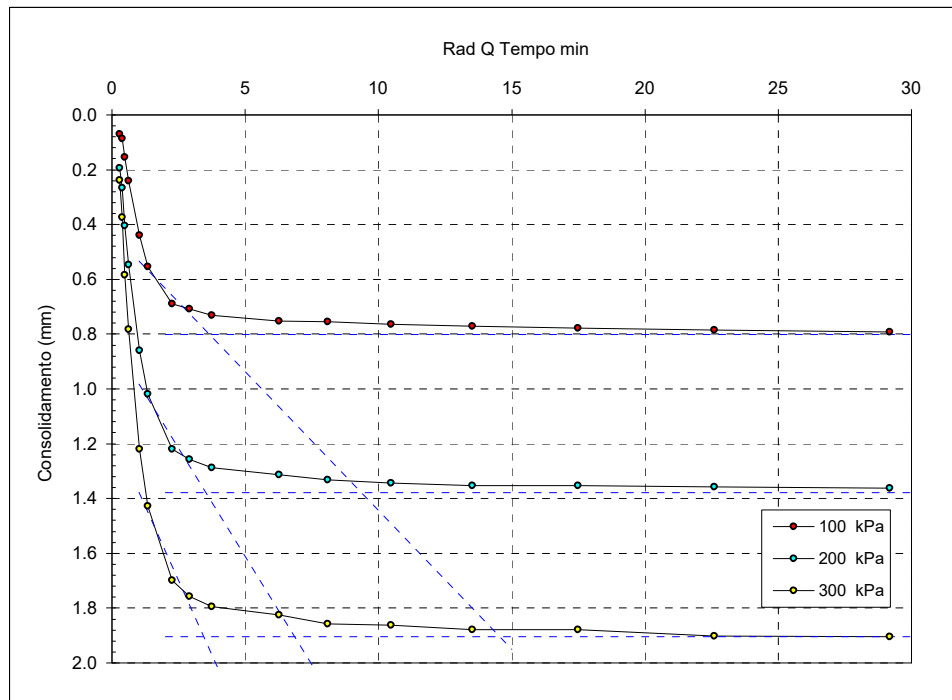
100 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.071
0.14	0.087
0.23	0.155
0.39	0.242
1.08	0.438
1.81	0.555
5.05	0.688
8.44	0.708
14.09	0.731
39.29	0.753
65.61	0.756
109.58	0.764
182.98	0.771
305.58	0.778
510.33	0.786
852.27	0.791

### Consolidazione Provino 2

200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.193
0.14	0.267
0.23	0.405
0.39	0.547
1.08	0.859
1.81	1.019
5.05	1.219
8.44	1.258
14.09	1.287
39.29	1.313
65.61	1.331
109.58	1.343
182.98	1.352
305.58	1.352
510.33	1.358
852.27	1.362

### Consolidazione Provino 3

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.238
0.14	0.373
0.23	0.583
0.39	0.783
1.08	1.220
1.81	1.428
5.05	1.699
8.44	1.758
14.09	1.794
39.29	1.825
65.61	1.858
109.58	1.863
182.98	1.877
305.58	1.879
510.33	1.903
852.27	1.904



$t_{100}$  min  
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

13.4

Provino 2

12.4

Provino 3

11.8

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova





**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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

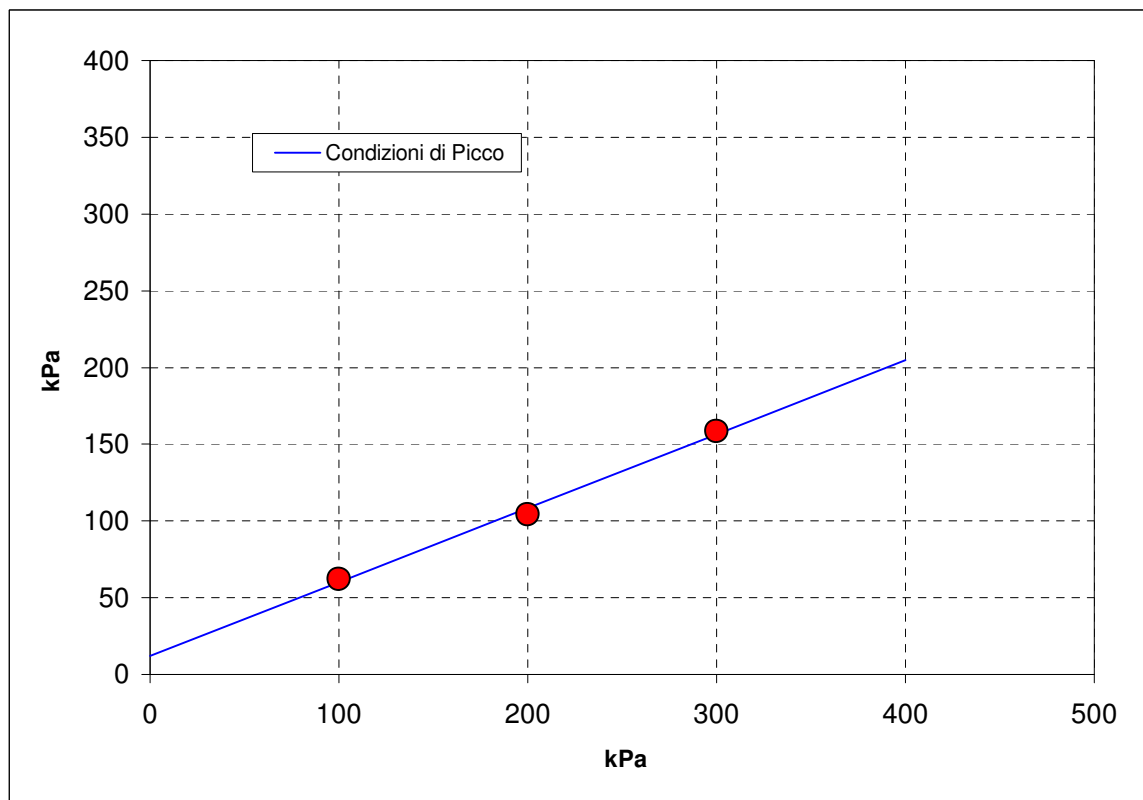
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9199 del 10/10/2011, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC e 7619/STC.

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH1SH1		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018

*Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.*

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Tensione di taglio (kPa)	62.22	104.47	158.47
Condizioni di Picco	Coesione: 12.14 kPa		Angolo di attrito: 26°





elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

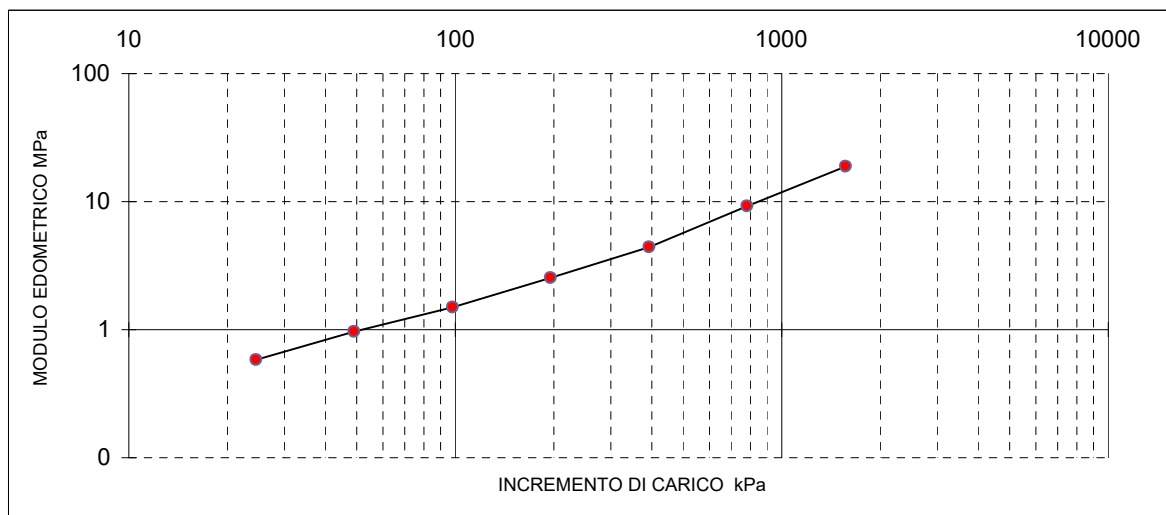
GEO - CERT. n°: rev.00 del:

edometro n: Ed 7 bilancia cod. 480 - calibro cod. 570 - picnometro cod. 545

NATURA DEL CAMPIONE: Limo con argilla grigio

Dp	DH	epsilon	e	e (t100)	av	mv	M
(kPa)	(mm)	(%)			(cm <sup>2</sup> /daN)	(cm <sup>2</sup> /daN)	(MPa)
12.3	0.867	4.34	0.953	0.955			
24.5	1.289	6.45	0.910	0.912	0.351	0.172	0.58
49.1	1.798	8.99	0.858	0.860	0.212	0.104	0.96
98.1	2.452	12.26	0.791	0.795	0.136	0.067	1.50
196.2	3.224	16.12	0.713	0.715	0.080	0.039	2.54
392.4	4.114	20.57	0.622	0.632	0.046	0.023	4.41
784.8	4.963	24.81	0.535	0.546	0.022	0.011	9.24
1569.6	5.800	29.00	0.450	0.458	0.011	0.005	18.75
392.4	5.532	27.66	0.477	0.476			
98.1	5.121	25.61	0.519	0.518			

Dati provino	Iniziale	Finale
Altezza provino (mm)	20.000	14.879
Umidità (%):	36.7	19.2
Massa volumica apparente (Mg/m <sup>3</sup> ):	1.81	2.13
Massa volumica apparente secca (Mg/m <sup>3</sup> ):	1.33	1.78
Indice dei vuoti:	1.04	0.52
Grado di Saturazione (%):	96	100
Massa volumica reale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.71	



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

# **PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

## **norma ASTM D 2435 - method A**

**COMMITTENTE:** **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**
**CANTIERE:** **Ravenna - Ponticelle**
**CAMPIONE:** **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**
**COMMESSA:** 17669/18

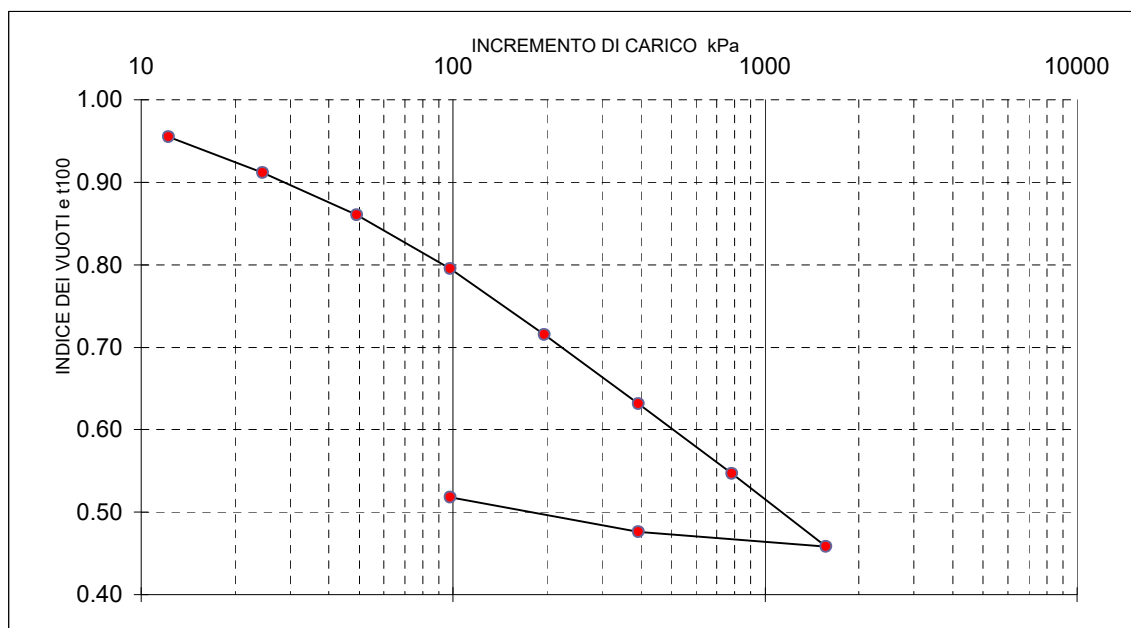
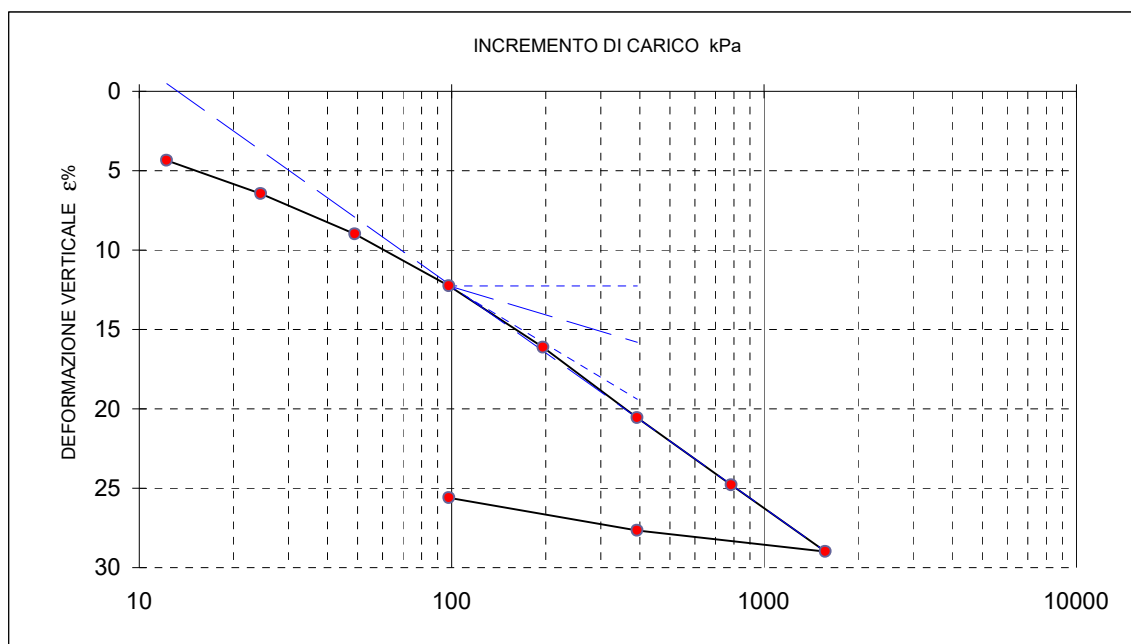
**DURATA PROVE:** 30/03-07/05/2018

**VERBALE ACC.:** 155/18

**DATA CONSEGNA:** 21/03/18

**GEO - CERT. n°:**

rev.00 del:





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)					
	12.3	24.5	49.1	98.1	196.2	392.4
0.08	0.176	0.954	1.345	1.903	2.517	3.308
0.14	0.182	0.957	1.354	1.907	2.526	3.314
0.23	0.196	0.962	1.360	1.913	2.538	3.332
0.39	0.214	0.969	1.369	1.922	2.552	3.352
1.08	0.262	0.993	1.397	1.951	2.604	3.414
1.81	0.288	1.005	1.417	1.972	2.632	3.459
5.05	0.394	1.057	1.460	2.040	2.726	3.603
8.44	0.450	1.088	1.508	2.086	2.792	3.680
14.09	0.514	1.131	1.552	2.141	2.860	3.766
39.29	0.663	1.200	1.640	2.246	3.010	3.911
65.61	0.733	1.236	1.687	2.291	3.071	3.971
109.58	0.790	1.252	1.722	2.348	3.120	4.006
182.98	0.830	1.264	1.750	2.381	3.155	4.034
305.58	0.844	1.273	1.769	2.408	3.180	4.052
510.33	0.855	1.280	1.783	2.427	3.197	4.073
852.27	0.861	1.284	1.790	2.435	3.215	4.086
1423.30	0.864	1.288	1.794	2.446	3.223	4.102
2376.93	0.867	1.289	1.798	2.452	3.224	4.114

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)				
	784.8	1569.6	392.4	98.1	
0.08	4.145	5.034	5.755	5.505	
0.14	4.178	5.052	5.747	5.498	
0.23	4.206	5.079	5.739	5.490	
0.39	4.233	5.107	5.726	5.477	
1.08	4.311	5.204	5.700	5.458	
1.81	4.358	5.270	5.680	5.449	
5.05	4.501	5.416	5.637	5.409	
8.44	4.570	5.493	5.610	5.383	
14.09	4.654	5.560	5.590	5.347	
39.29	4.784	5.664	5.558	5.268	
65.61	4.824	5.697	5.550	5.235	
109.58	4.864	5.717	5.547	5.200	
182.98	4.885	5.735	5.544	5.173	
305.58	4.904	5.750	5.540	5.152	
510.33	4.915	5.767	5.537	5.137	
852.27	4.933	5.779	5.535	5.126	
1423.30	4.947	5.790	5.533	5.122	
2376.93	4.963	5.800	5.532	5.121	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

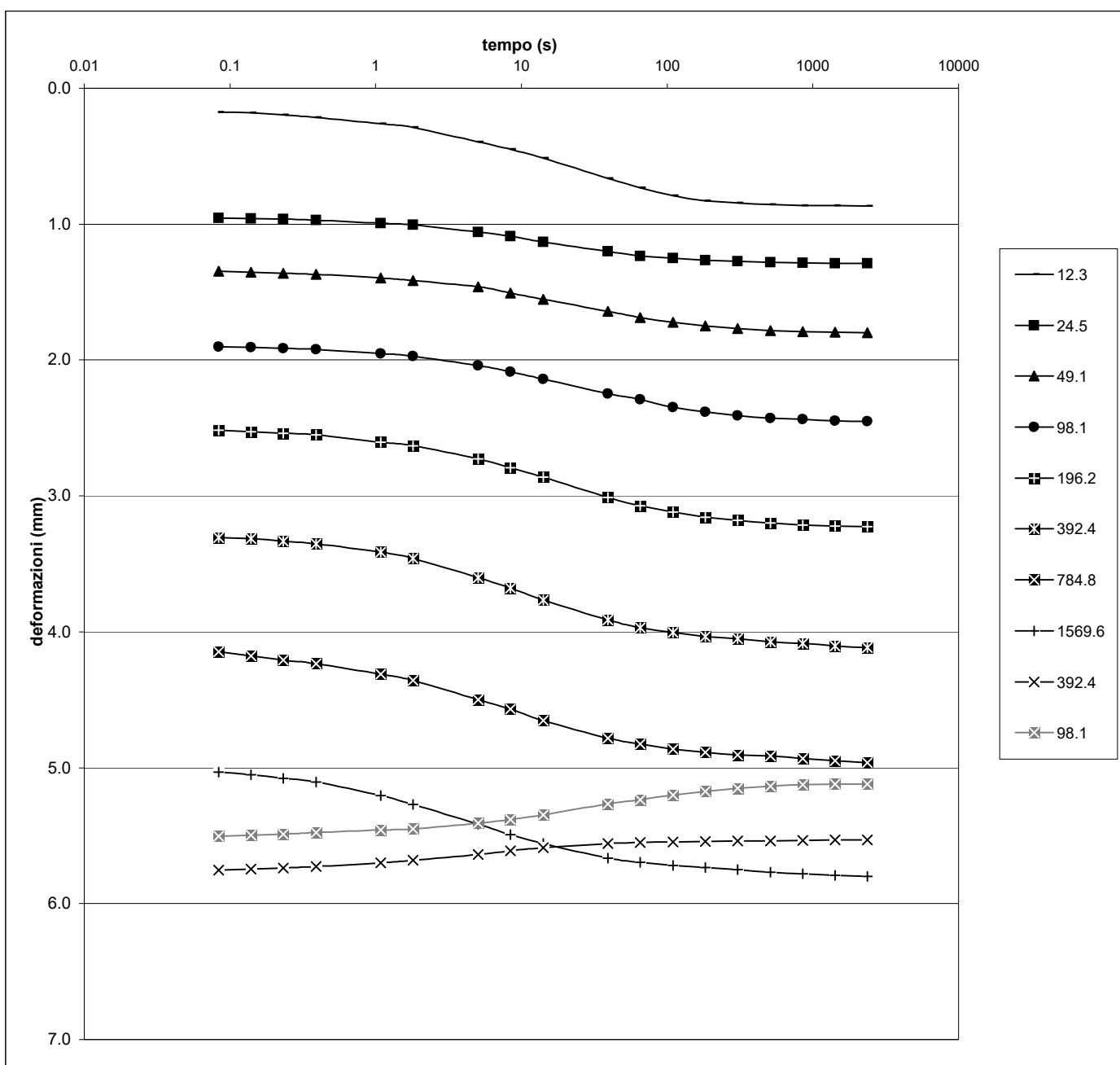
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

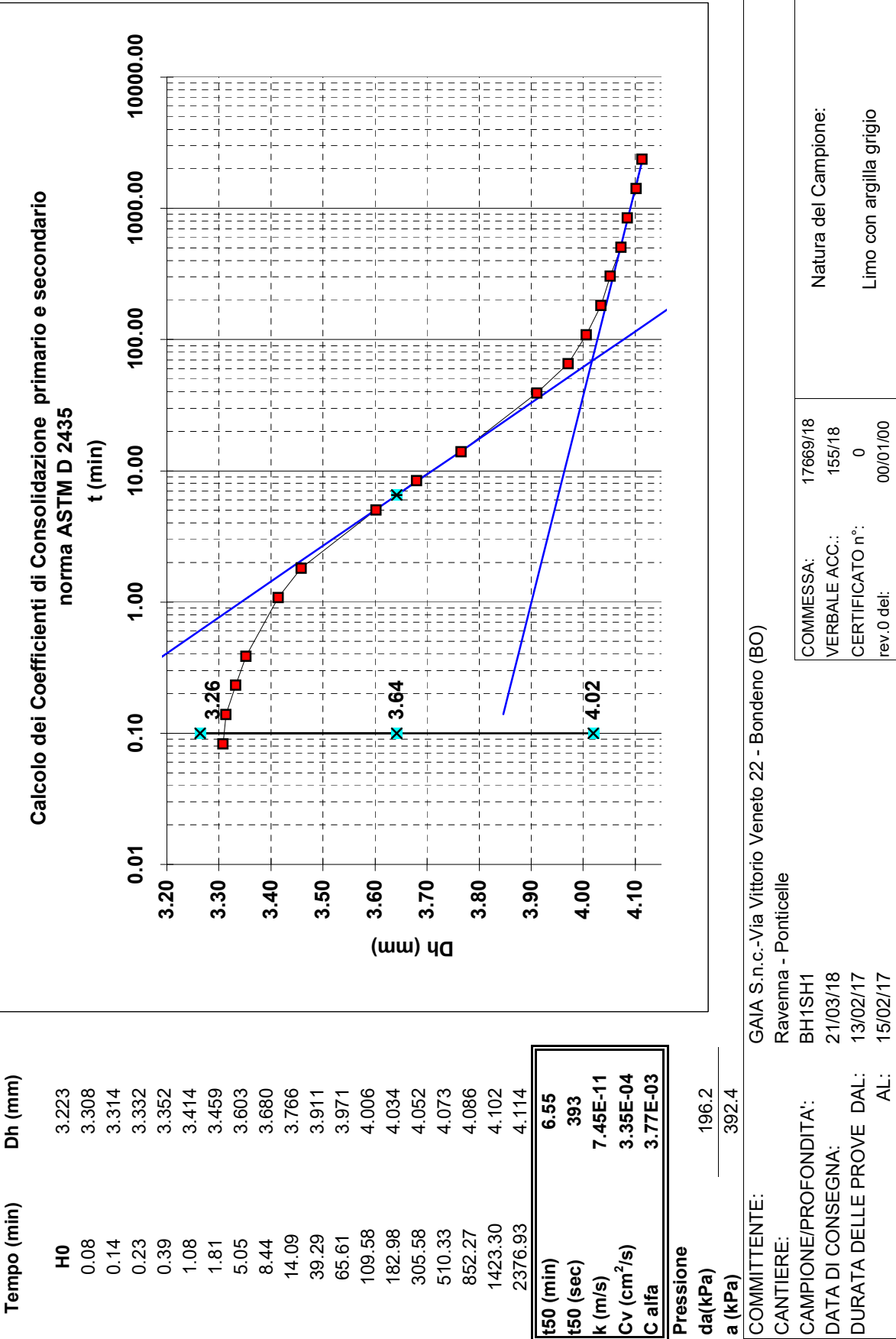
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

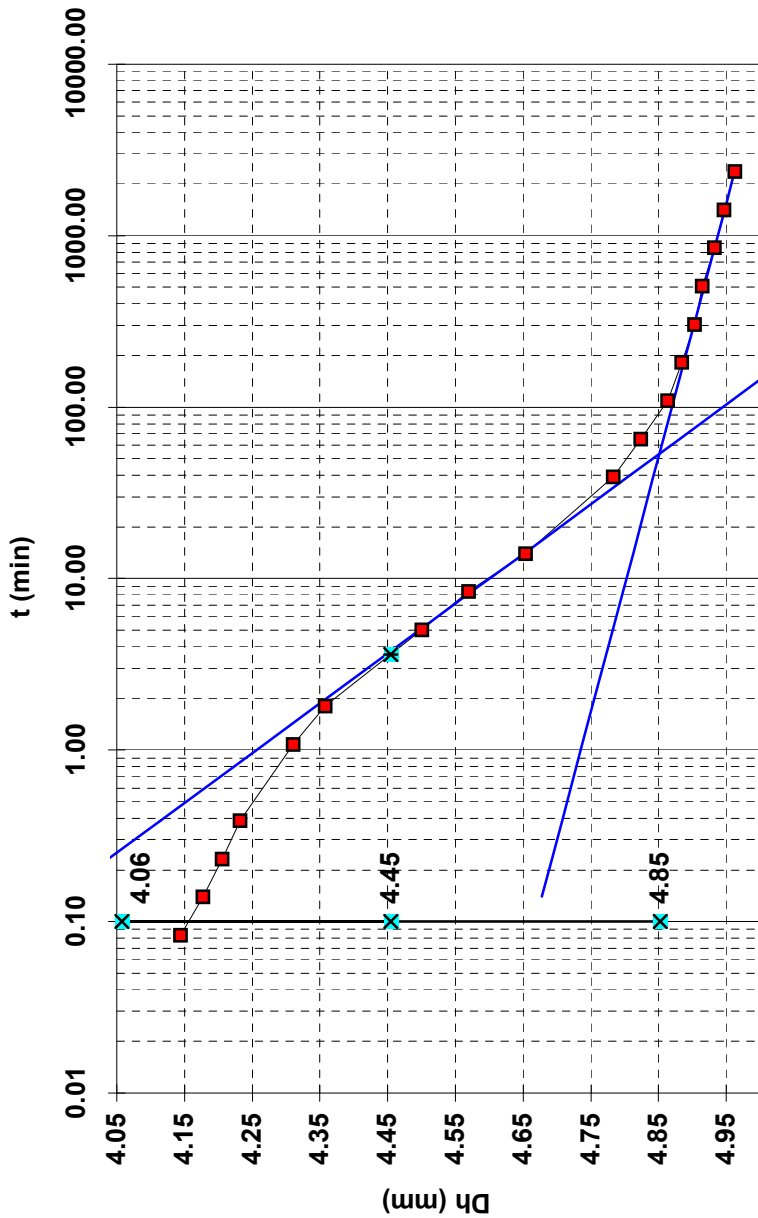
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**Calcolo dei Coefficienti di Consolidazione primario e secondario  
norma ASTM D 2435**



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	4.114
0.08	4.145
0.14	4.178
0.23	4.206
0.39	4.233
1.08	4.311
1.81	4.358
5.05	4.501
8.44	4.570
14.09	4.654
39.29	4.784
65.61	4.824
109.58	4.864
182.98	4.885
305.58	4.904
510.33	4.915
852.27	4.933
1423.30	4.947
2376.93	4.963
tf50 (min)	3.62
tf50 (sec)	217
k (m/s)	5.77E-11
Cv (cm²/s)	5.43E-04
C alfa	4.24E-03
Pressione	
da(kPa)	392.4
a (kPa)	784.8
COMMITTENTE:	
CANTIERE:	
CAMPIONE/PROFONDITA':	
DATA DI CONSEGNA:	
DURATA DELLE PROVE	DAL: 11/11/2023
AL:	11/11/2023

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

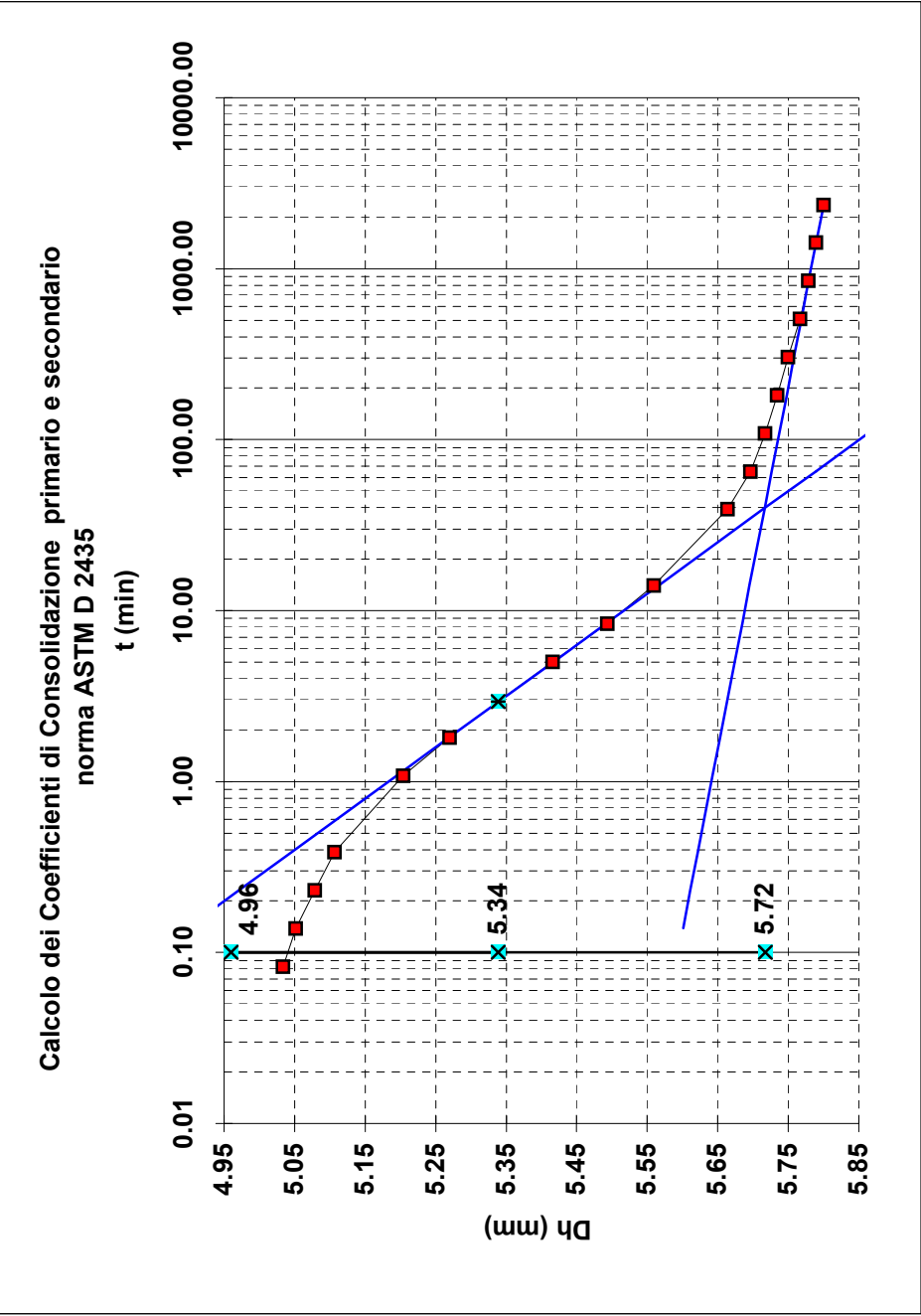
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)

H0	4.963
0.08	5.034
0.14	5.052
0.23	5.079
0.39	5.107
1.08	5.204
1.81	5.270
5.05	5.416
8.44	5.493
14.09	5.560
39.29	5.664
65.61	5.697
109.58	5.717
182.98	5.735
305.58	5.750
510.33	5.767
852.27	5.779
1423.30	5.790
2376.93	5.800

ft50 (min)	2.93
ft50 (sec)	176
k (m/s)	3.13E-11
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	5.99E-04
C alfa	3.14E-03

Pressione

da(kPa)	784.8
a (kPa)	1569.6

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH1SH1	COMMESSA:	17669/18
DATA DI CONSEGNA:	21/03/18	VERBALE ACC.:	155/18
DURATA DELLE PROVE DAL:	17/02/17	CERTIFICATO n°:	0
AL:	19/02/17	rev.0 del:	00/01/00
		Natura del Campione:	Limo con argilla grigio

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquity  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007


® 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: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**  
COMMESSA: 17669/18  
VERBALE ACC.: 155/18  
DATA CONSEGNA: 21/03/18

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 21.00		P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 55 GRADO DI QUALITA': AGI Q4 EC 7-3 Q1			
		-	-	DESCRIZIONE: Limo con sabbia fine argilloso grigio			
				W naturale (%) 32.7			
				$\gamma$ naturale(Mg/m³) 1.85			
				$\gamma$ secco (Mg/m³) 1.40			
				$\gamma$ immerso (Mg/m³) 0.88			
				porosità (%) 48			
				indice dei vuoti 0.94			
				grado di saturazione (%) 94			
				massa specifica (Mg/m³) 2.709			
PROVE ESEGUITE							
21.50 basso		-	-	Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-
				Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-
				Gran. Setacciatura	SI	Edometria	SI
				Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	-
				Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-
				Peso Specifico	SI	Trassiale Cicl. + C.M.	-
				Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-
						Taglio Torsionale Cicl.	-
NOTE: -							

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## UMIDITA' DI UNA TERRA

### UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 sabbia fine argilloso grigio**

cod.bilancia 480

#### DETERMINAZIONE

1

2

TARA (g)

401.76

2.2

TERRA UMIDA (g)

890.85

167.54

TERRA ESSICATA\* (g)

771.09

126.49

UMDITA' DETERMINATA (%)

32.4

33.0

UMIDITA' CALCOLATA (%)

=

**32.7**

\* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:

dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® 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](#)

## MASSA VOLUMICA APPARENTE

### UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 sabbia fine argilloso grigio**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	60.46	60.46
ALTEZZA (cm)	2.00	2.00
DIAMETRO (cm)	5.00	5.00
MASSA LORDA (g)	133.51	132.97
MASSA VOLUMICA (Mg/m <sup>3</sup> )	1.86	1.85
<b>MEDIA (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>=</b>	<b>1.85</b>

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO UNI EN ISO 17892-3

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 sabbia fine argilloso grigio**

cod.bilancia 480

determinazione picnometro n:	1 (pic. 001)	2 (pic. 002)
terra (g):	13.85	13.68
temperatura (°C):	21.0	21.0
picnometro + acqua (g):	154.20	152.57
picnometro + terra (g):	162.93	161.21
fattore K	0.9998	0.9998

Peso specifico determinato ( $\text{Mg/m}^3$ ):

2.705

2.714

Peso specifico calcolato ( $\text{Mg/m}^3$ ):

**2.709**

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)

**COMMITTENTE: GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**
**CANTIERE: Ravenna - Ponticelle**
**CAMPIONE: BH1SH2 m 21.00 - 21.50**
**COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018**
**VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18**
**GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00**

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

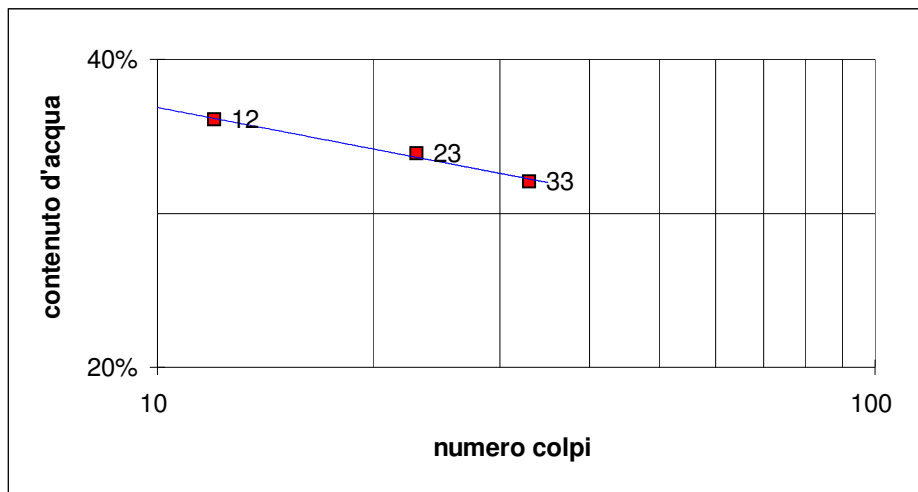
### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con sabbia fine argilloso grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	33	23	12			
massa umida+ tara (g)	24.66	24.42	23.67	13.53	13.64	890.85
massa secca+ tara (g)	19.24	18.80	17.97	11.02	11.15	771.09
acqua contenuta (g)	5.42	5.62	5.70	2.51	2.49	119.76
tara (g)	2.34	2.21	2.17	2.19	2.22	401.76
peso secco (g)	16.90	16.59	15.80	8.83	8.93	369.33
contenuto d'acqua	32.1%	33.9%	36.1%	28.4%	27.9%	32.4%

<b>Umidità Naturale</b>	<b>Wn =</b>	<b>32%</b>
<b>Limite Liquido</b>	<b>LL =</b>	<b>33%</b>
<b>Limite Plastico</b>	<b>LP =</b>	<b>28%</b>
<b>Indice Plastico</b>	<b>IP =</b>	<b>5%</b>


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli





Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con sabbia fine argilloso grigio**

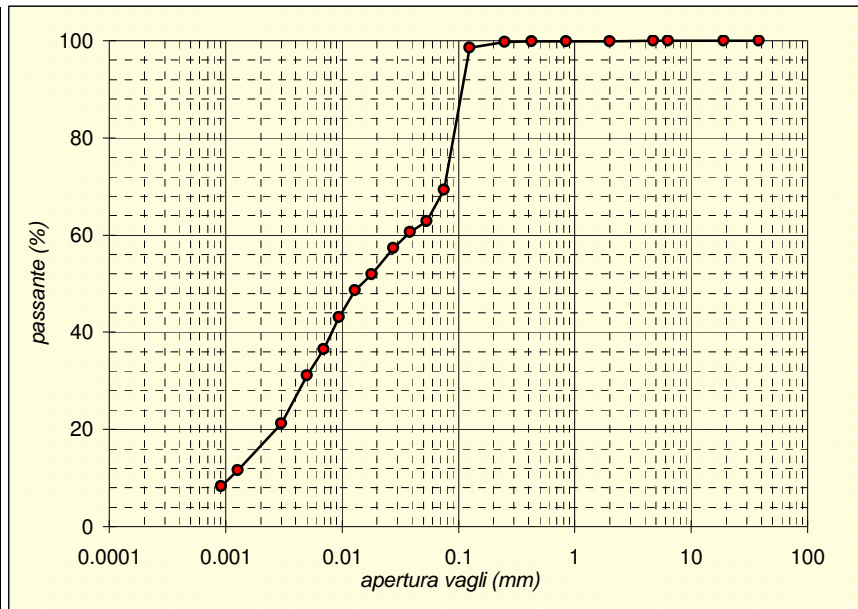
codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
571	setaccio	38.1	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	19.1	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.38	0.10	99.90
292	setaccio	0.850	0.11	0.13	99.87
293	setaccio	0.425	0.21	0.19	99.81
282	setaccio	0.250	0.48	0.32	99.68
283	setaccio	0.125	4.15	1.44	98.56
286	setaccio	0.075	108.22	30.74	69.26
-	calcolato	0.0535	23.73	37.17	62.83
-	calcolato	0.0384	8.09	39.36	60.64
-	calcolato	0.0277	12.14	42.65	57.35
-	calcolato	0.0181	20.23	48.12	51.88
-	calcolato	0.0130	12.14	51.41	48.59
-	calcolato	0.0095	20.23	56.89	43.11
-	calcolato	0.0069	24.27	63.46	36.54
-	calcolato	0.0050	20.23	68.94	31.06
-	calcolato	0.0030	36.41	78.80	21.20
-	calcolato	0.0013	35.69	88.46	11.54
-	calcolato	0.0009	12.14	91.75	8.25
-	calcolato	fondo	30.49	100.00	0.00
TOTALE		369.33		$\phi$ max (mm) = 2.9	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		50.01
° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	32.0
21	60	31.0
21	120	29.5
21	300	27.0
21	600	25.5
21	1200	23.0
21	2400	20.0
21	4800	17.5
21	14400	13.0
21.5	86400	8.5
21.5	172800	7.0
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.1%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	30.7%	34.0%
LIMO	> 2 $\mu$	> 2 $\mu$
	52.7%	49.4%
ARGILLA	< 2 $\mu$	< 2 $\mu$
	16.6%	16.6%

Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. geol. Massimo Romagnoli





elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

edometro n: Ed 8

bilancia cod. 480 - calibro cod. 570 - picnometro cod. 545

#### NATURA DEL CAMPIONE:

Limo con sabbia fine argilloso grigio

Dp	DH	epsilon	e	e (t100)	av	mv	M
(kPa)	(mm)	(%)			(cm <sup>2</sup> /daN)	(cm <sup>2</sup> /daN)	(MPa)
12.3	0.224	1.12	0.916	0.918			
24.5	0.370	1.85	0.902	0.902	0.116	0.060	1.67
49.1	0.651	3.26	0.874	0.877	0.111	0.057	1.75
98.1	1.002	5.01	0.840	0.848	0.069	0.036	2.80
196.2	1.440	7.20	0.798	0.805	0.043	0.022	4.47
392.4	1.874	9.37	0.756	0.761	0.021	0.011	9.05
784.8	2.542	12.71	0.691	0.701	0.016	0.009	11.76
1569.6	3.264	16.32	0.621	0.633	0.009	0.005	21.72
392.4	3.164	15.82	0.631	0.634			
98.1	2.964	14.82	0.650	0.647			

Dati provino

Iniziale

Finale

Altezza provino (mm)

20.000

17.036

Umidità (%)

33.0

24.0

Massa volumica apparente (Mg/m<sup>3</sup>):

1.86

2.04

Massa volumica apparente secca (Mg/m<sup>3</sup>):

1.40

1.64

Indice dei vuoti:

0.94

0.65

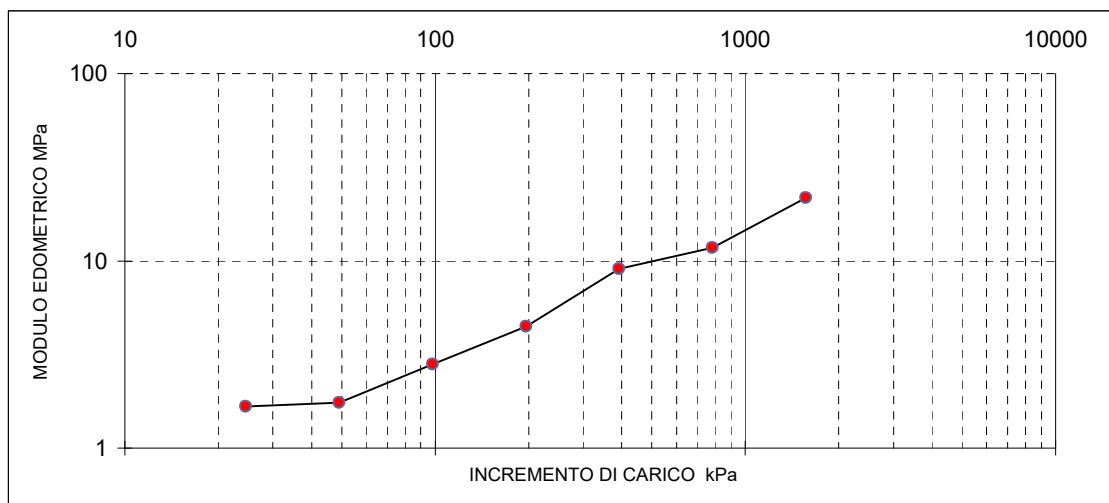
Grado di Saturazione (%):

95

100

Massa volumica reale (Mg/m<sup>3</sup>)

2.71



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC.](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

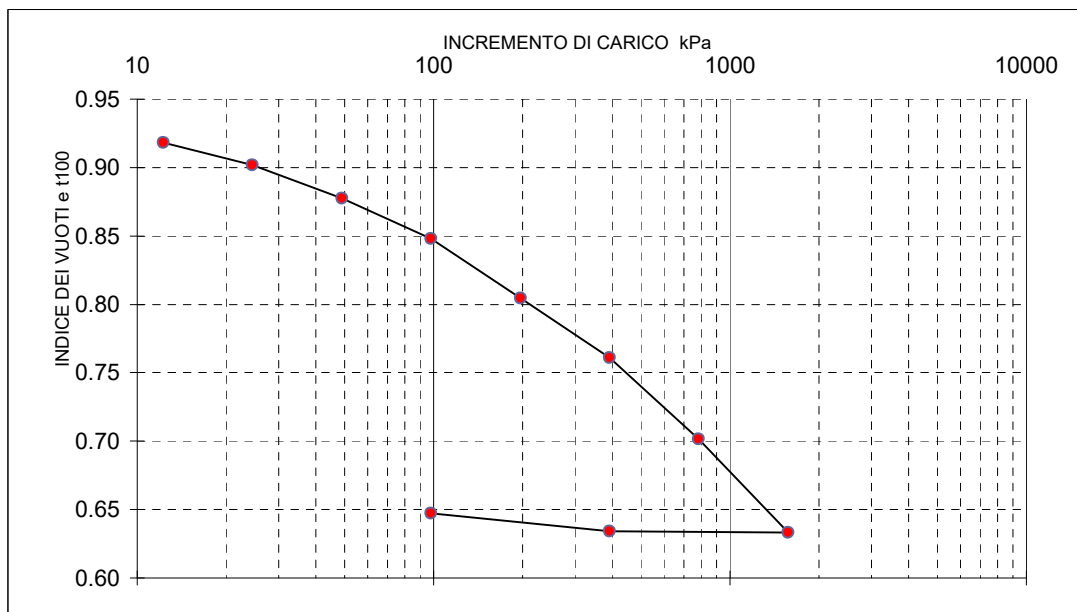
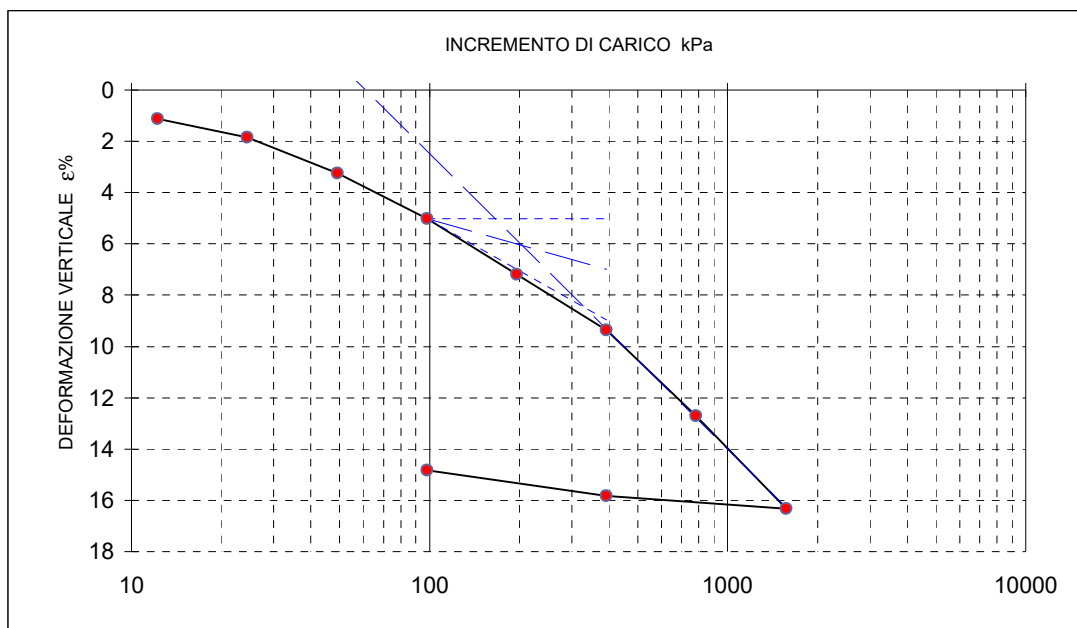
DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°:

rev.00 del:



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC.](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)					
	12.3	24.5	49.1	98.1	196.2	392.4
0.08	0.055	0.259	0.436	0.754	1.143	1.614
0.14	0.061	0.264	0.449	0.769	1.165	1.639
0.23	0.072	0.269	0.466	0.787	1.193	1.665
0.39	0.083	0.274	0.480	0.805	1.214	1.687
1.08	0.111	0.286	0.511	0.840	1.262	1.722
1.81	0.129	0.295	0.526	0.856	1.284	1.737
5.05	0.161	0.320	0.552	0.889	1.320	1.766
8.44	0.172	0.332	0.562	0.903	1.334	1.777
14.09	0.181	0.343	0.573	0.915	1.348	1.787
39.29	0.193	0.358	0.592	0.937	1.371	1.804
65.61	0.198	0.360	0.601	0.946	1.381	1.814
109.58	0.202	0.363	0.609	0.956	1.393	1.822
182.98	0.205	0.365	0.618	0.963	1.403	1.833
305.58	0.210	0.368	0.625	0.971	1.409	1.842
510.33	0.214	0.369	0.634	0.979	1.417	1.850
852.27	0.218	0.369	0.642	0.986	1.426	1.860
1423.30	0.219	0.370	0.646	0.994	1.430	1.865
2376.93	0.224	0.370	0.651	1.002	1.440	1.874

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)				
	784.8	1569.6	392.4	98.1	
0.08	2.116	2.759	3.201	3.087	
0.14	2.169	2.838	3.194	3.067	
0.23	2.220	2.904	3.187	3.056	
0.39	2.263	2.951	3.182	3.043	
1.08	2.338	3.025	3.176	3.024	
1.81	2.359	3.053	3.174	3.016	
5.05	2.396	3.092	3.171	3.004	
8.44	2.410	3.110	3.171	2.999	
14.09	2.423	3.129	3.169	2.995	
39.29	2.454	3.161	3.168	2.989	
65.61	2.465	3.174	3.167	2.985	
109.58	2.474	3.186	3.166	2.981	
182.98	2.488	3.201	3.165	2.978	
305.58	2.497	3.214	3.165	2.975	
510.33	2.511	3.231	3.164	2.971	
852.27	2.520	3.241	3.164	2.969	
1423.30	2.529	3.249	3.164	2.967	
2376.93	2.542	3.264	3.164	2.964	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC.](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH1SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

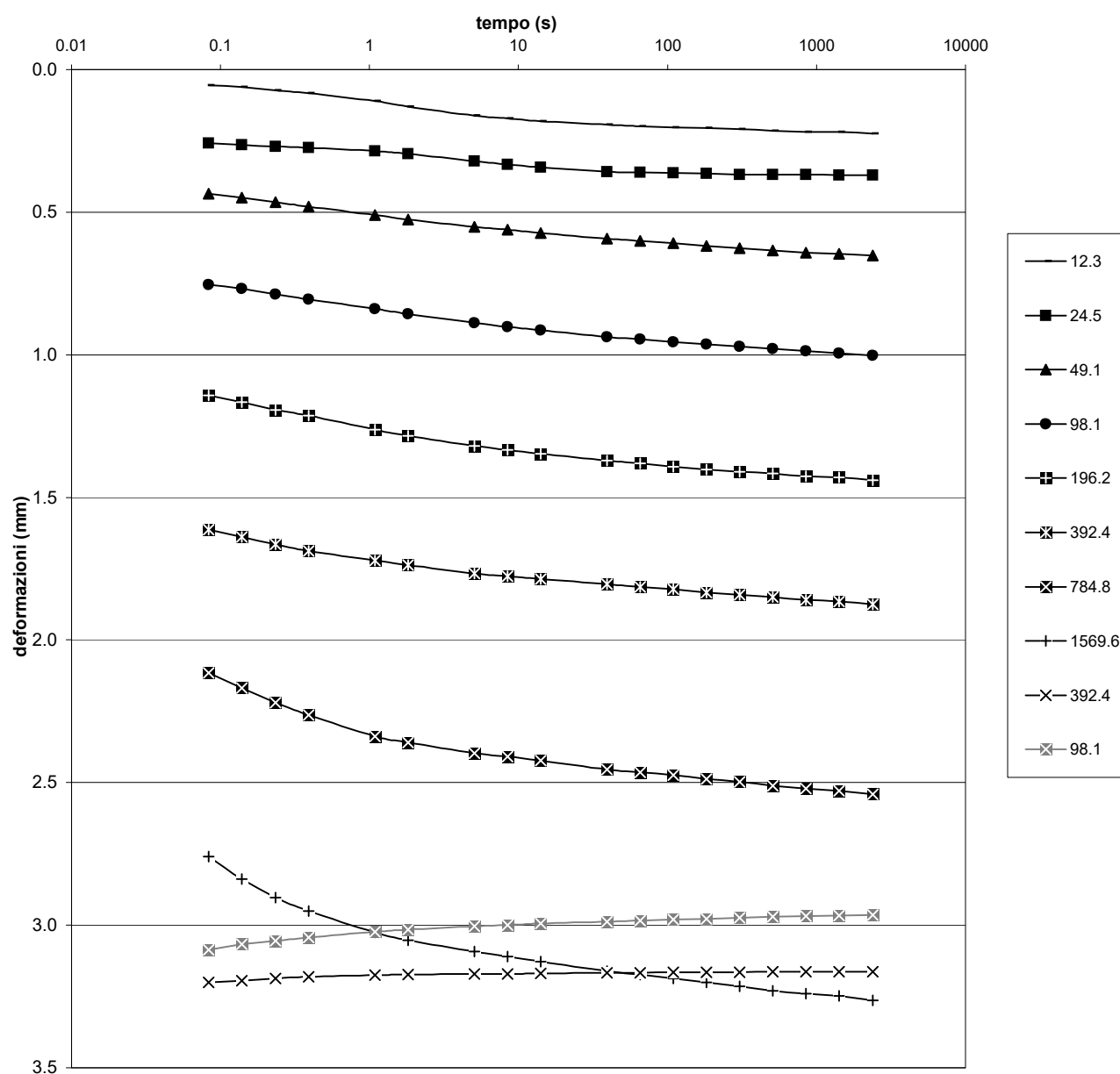
DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°:

rev.00 del:



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

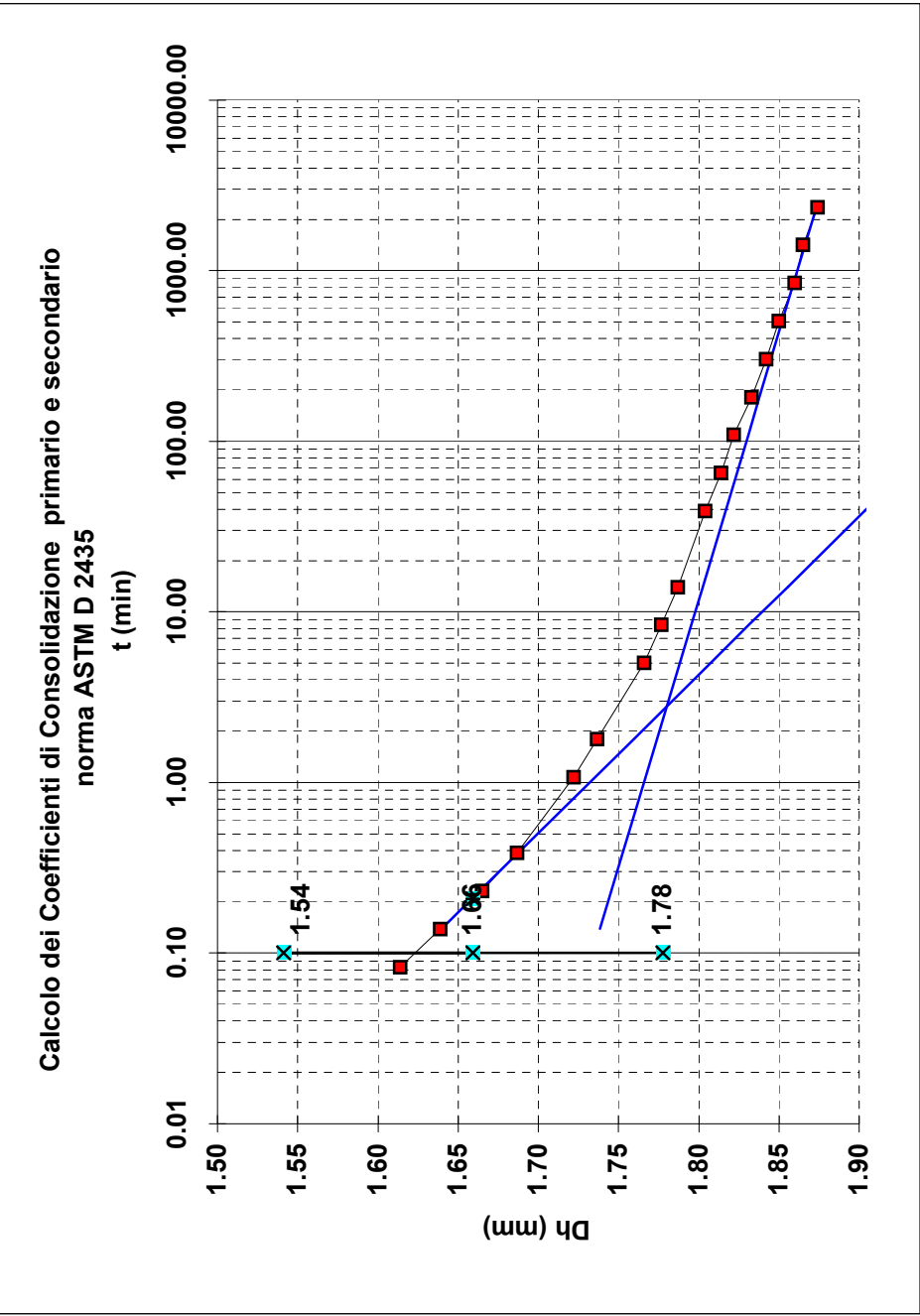


**elletipi s.r.l.**  
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiqu  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)

H0	1.430
0.08	1.614
0.14	1.639
0.23	1.665
0.39	1.687
1.08	1.722
1.81	1.737
5.05	1.766
8.44	1.777
14.09	1.787
39.29	1.804
65.61	1.814
109.58	1.822
182.98	1.833
305.58	1.842
510.33	1.850
852.27	1.860
1423.30	1.865
2376.93	1.874

ts50 (min)	0.21
ts50 (sec)	12
k (m/s)	1.44E-09
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.33E-02
C alfa	1.72E-03

Pressione

da(kPa)	196.2
a (kPa)	392.4

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH1SH2	COMMESSA:	17669/18
DATA DI CONSEGNA:	21/03/18	VERBALE ACC.:	155/18
DURATA DELLE PROVE	DAL: 13/02/17	CERTIFICATO n°:	0
AL:	15/02/17	rev.0 del:	00/01/00
		Natura del Campione:	Limo con sabbia fine argilloso grigio

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

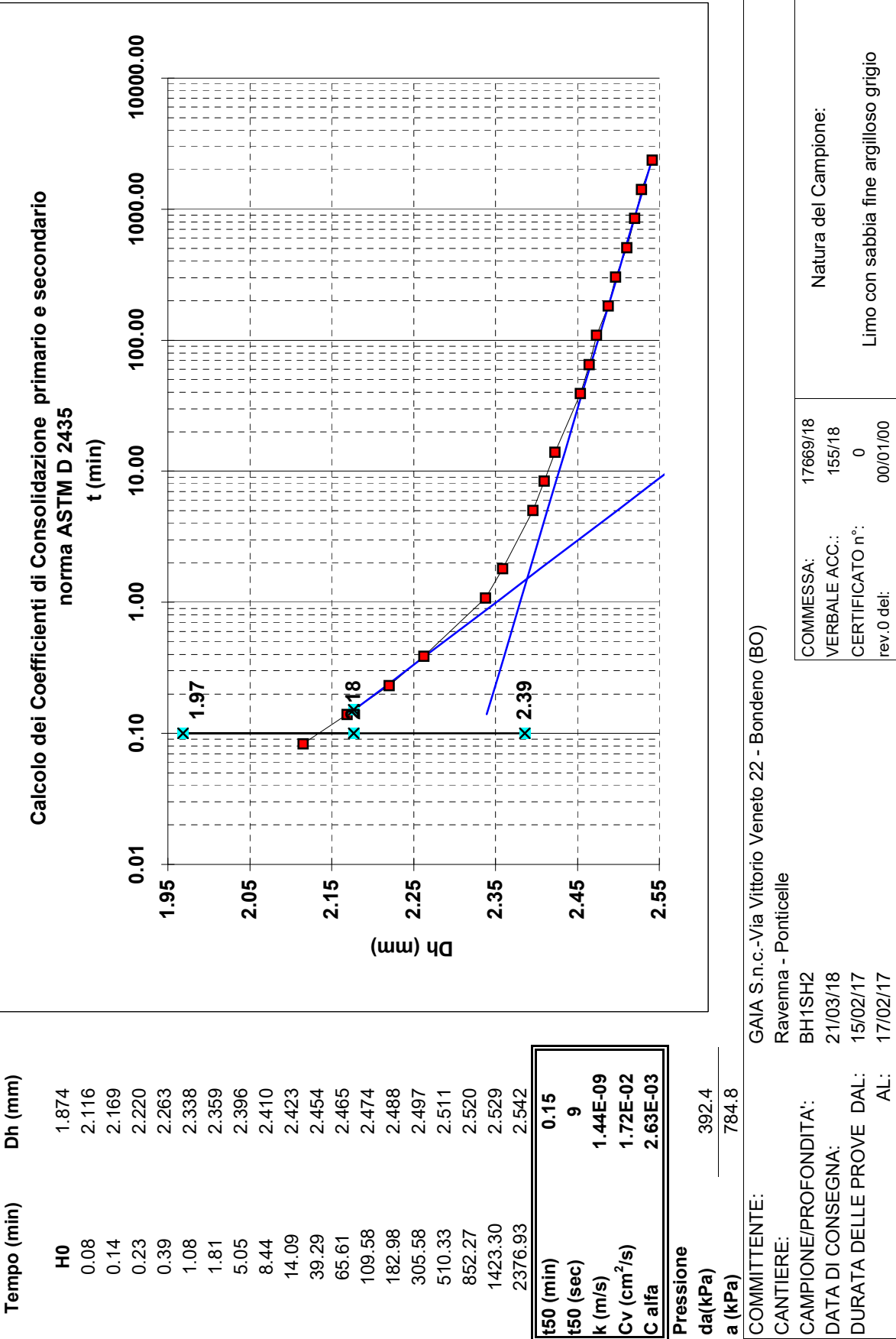
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

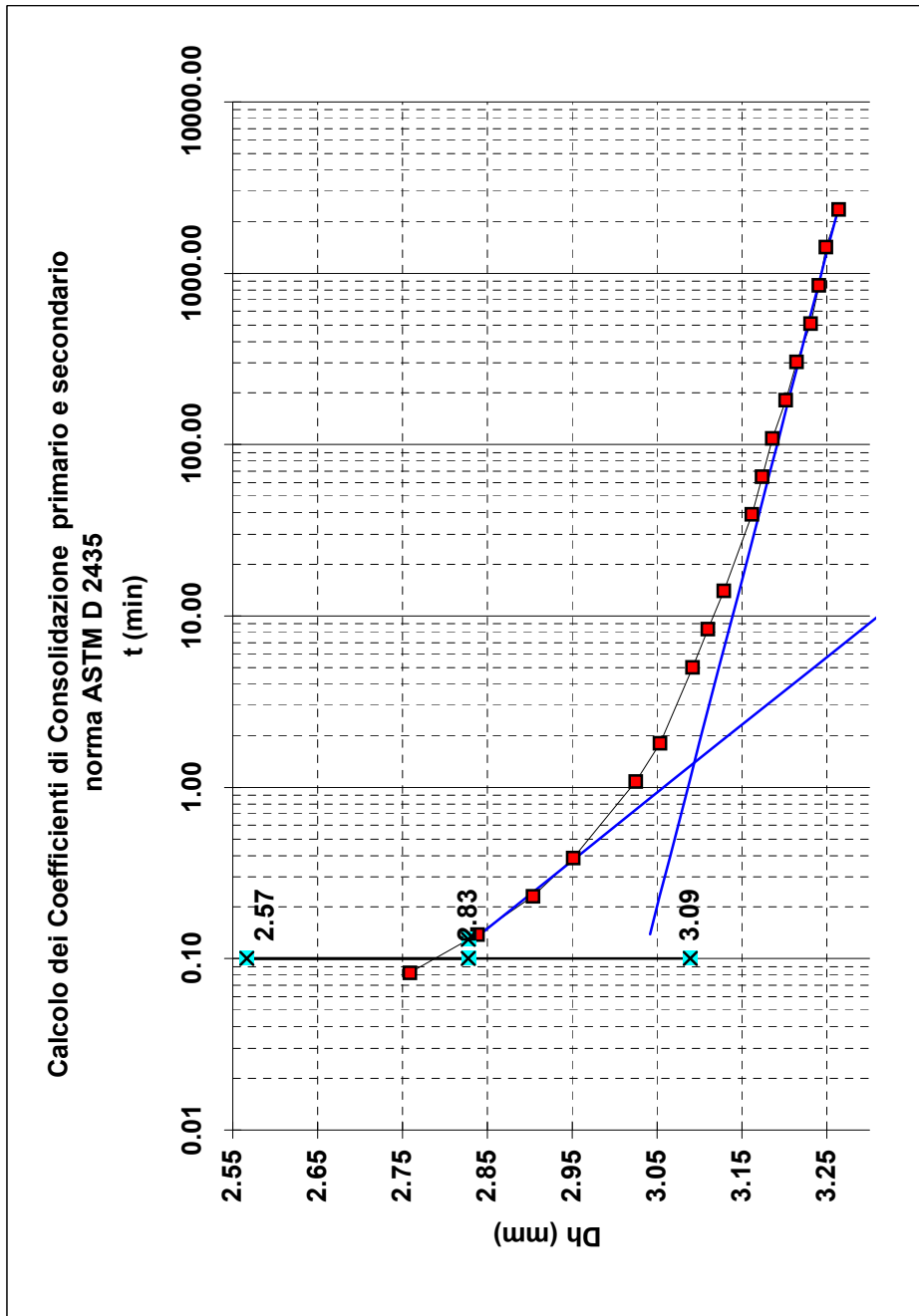
Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova





Tempo (min)	Dh (mm)
H0	2.542
0.08	2.759
0.14	2.838
0.23	2.904
0.39	2.951
1.08	3.025
1.81	3.053
5.05	3.092
8.44	3.110
14.09	3.129
39.29	3.161
65.61	3.174
109.58	3.186
182.98	3.201
305.58	3.214
510.33	3.231
852.27	3.241
1423.30	3.249
2376.93	3.264
tf50 (min)	0.13
tf50 (sec)	8
k (m/s)	8.35E-10
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.85E-02
C alfa	3.00E-03

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH1SH2	17669/18	Natura del Campione:  Limo con sabbia fine argilloso grigio
DATA DI CONSEGNA:	21/03/18	155/18	
DURATA DELLE PROVE	17/02/17	0	
AL:	19/02/17	00/01/00	

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007


® 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: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**  
COMMESSA: 17669/18  
VERBALE ACC.: 155/18  
DATA CONSEGNA: 21-03-18

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 15.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 47 GRADO DI QUALITA': AGI Q4 EC 7-3 Q1
	-	-	DESCRIZIONE: Limo argilloso sabbioso grigio
			W naturale (%) 34.7
			$\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> ) 1.77
			$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.31
			$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.83
			porosità (%) 51
			indice dei vuoti 1.06
			grado di saturazione (%) 88
			massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) 2.704
			PROVE ESEGUITE
15.50 basso	-	-	Umidità Naturale SI Trassiale UU -
			Limiti Atterberg SI Trassiale CIU -
			Gran. Setacciatura SI Edometria SI
			Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto -
			Peso di Volume SI Espansione L.L. -
			Peso Specifico SI Trassiale Cicl. + C.M. -
			Analisi Chimica SI Colonna Risonante -
			Sostanza organica SI Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## UMIDITA' DI UNA TERRA

### UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21-03-18

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 sabbioso grigio**

cod.bilancia 480

#### DETERMINAZIONE

1

2

TARA (g)

195.93

2.34

TERRA UMIDA (g)

753.61

139.93

TERRA ESSICATA\* (g)

610.98

104.21

UMDITA' DETERMINATA (%)

34.4

35.1

UMIDITA' CALCOLATA (%)

=

**34.7**

\* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:

dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® 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](#)

## MASSA VOLUMICA APPARENTE

### UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21-03-18

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 sabbioso grigio**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	55.01	55.01
ALTEZZA (cm)	2.00	2.00
DIAMETRO (cm)	5.00	5.00
MASSA LORDA (g)	124.67	124.12
MASSA VOLUMICA (Mg/m <sup>3</sup> )	1.77	1.76
<b>MEDIA (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>=</b>	<b>1.77</b>

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO UNI EN ISO 17892-3

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA: 21-03-18

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 sabbioso grigio**

cod.bilancia 480

determinazione	1	2
picnometro n:	(pic. 001)	(pic. 002)
terra (g):	13.55	13.74
temperatura (°C):	21.0	21.0
picnometro + acqua (g):	152.60	154.63
picnometro + terra (g):	161.12	163.31
fattore K	0.9998	0.9998

Peso specifico determinato ( $\text{Mg/m}^3$ ): 2.693 2.715

Peso specifico calcolato ( $\text{Mg/m}^3$ ): **2.704**

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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00-01-00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

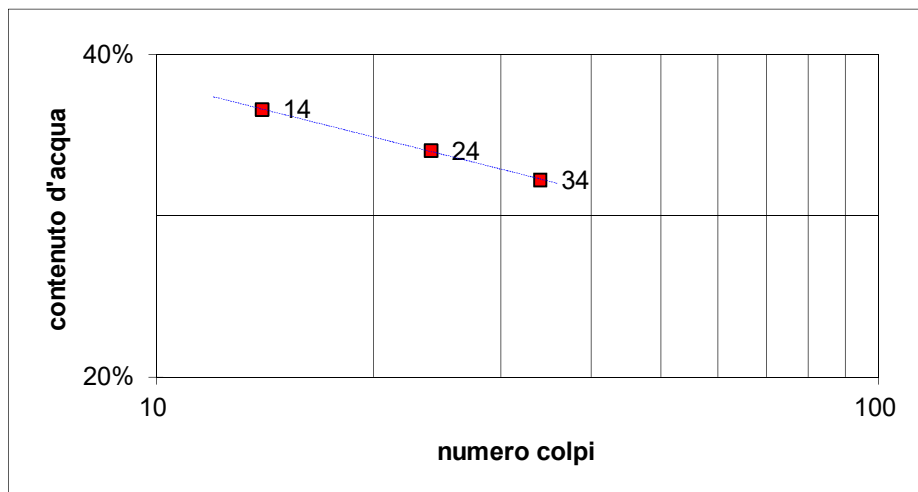
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo argilloso sabbioso grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	34	24	14			
massa umida+ tara (g)	22.31	23.16	24.23	14.03	13.77	753.61
massa secca+ tara (g)	17.41	17.87	18.32	11.38	11.20	610.98
acqua contenuta (g)	4.90	5.29	5.91	2.65	2.57	142.63
tara (g)	2.22	2.34	2.18	2.22	2.19	195.93
peso secco (g)	15.19	15.53	16.14	9.16	9.01	415.05
contenuto d'acqua	32.3%	34.1%	36.6%	28.9%	28.5%	34.4%

Umidità Naturale	W <sub>n</sub> =	34%
Limite Liquido	LL =	34%
Limite Plastico	LP =	29%
Indice Plastico	IP =	5%



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: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00-01-00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

#### Limo argilloso sabbioso grigio

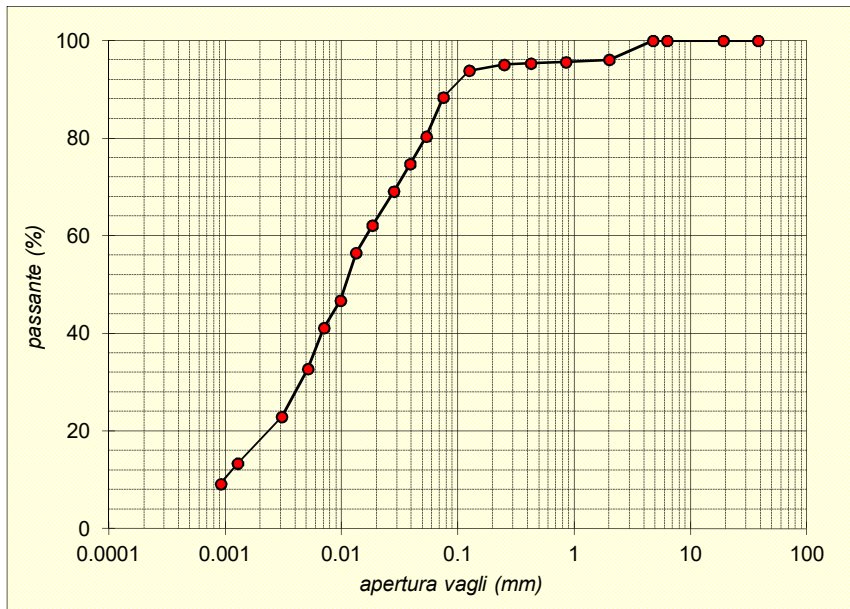
codici		vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	16.13	3.89	3.89	96.11
292	setaccio	0.850	1.94	0.47	4.35	95.65
293	setaccio	0.425	1.16	0.28	4.63	95.37
282	setaccio	0.250	1.16	0.28	4.91	95.09
283	setaccio	0.125	5.03	1.21	6.12	93.88
286	setaccio	0.075	22.71	5.47	11.60	88.40
-	calcolato	0.0536	33.48	8.07	19.66	80.34
-	calcolato	0.0389	23.25	5.60	25.26	74.74
-	calcolato	0.0282	23.25	5.60	30.87	69.13
-	calcolato	0.0184	29.07	7.00	37.87	62.13
-	calcolato	0.0133	23.25	5.60	43.47	56.53
-	calcolato	0.0098	40.69	9.80	53.28	46.72
-	calcolato	0.0071	23.25	5.60	58.88	41.12
-	calcolato	0.0051	34.88	8.40	67.28	32.72
-	calcolato	0.0031	40.69	9.80	77.09	22.91
-	calcolato	0.0013	39.66	9.56	86.64	13.36
-	calcolato	0.0009	17.44	4.20	90.85	9.15
-	calcolato	fondo	38.00	9.15	100.00	0.00
TOTALE			415.05		φ max (mm) = 3.0	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		49.98
t° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	32.0
21	60	30.0
21	120	28.0
21	300	25.5
21	600	23.5
21	1200	20.0
21	2400	18.0
21	4800	15.0
21	14400	11.5
21.5	86400	8.0
21.5	172800	6.5
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	3.9%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	11.6%	11.9%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	70.2%	66.0%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	18.2%	18.2%

Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. geol. Massimo Romagnoli







**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality

Qualità Ambiente Sicurezza

UNI EN ISO 9001:2008

UNI EN ISO 14001:2004

BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## CONTENUTO IN "CENERI" E SOSTANZE ORGANICHE norma ASTM D 2974 - 07a - metodo C

COMMITTENTE:	<b>GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)</b>		
CANTIERE:	<b>Ravenna - Ponticelle</b>		
CAMPIONE:	<b>BH2SH1</b>		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21-03-18
GEO - CERT. n°:		rev.00 del:	00-01-00

cod. int. Strum: 24 - 480 - 419

Il campione è stato conservato in vasca a temperatura ed umidità controllate.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo argilloso sabbioso grigio**

DETERMINAZIONE	1	2
Tara (g)	2.23	2.18
Massa Umida (g)	115.18	112.28
Massa essiccata a 105 °C (g)	82.67	81.52
Umidità (%)	40.4	38.8
Massa essiccata a 440°C (g)	80.8	79.8
Contenuto in cenere (%)	97.7%	97.8%
Contenuto in sostanza organica:	<b>2.3%</b>	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

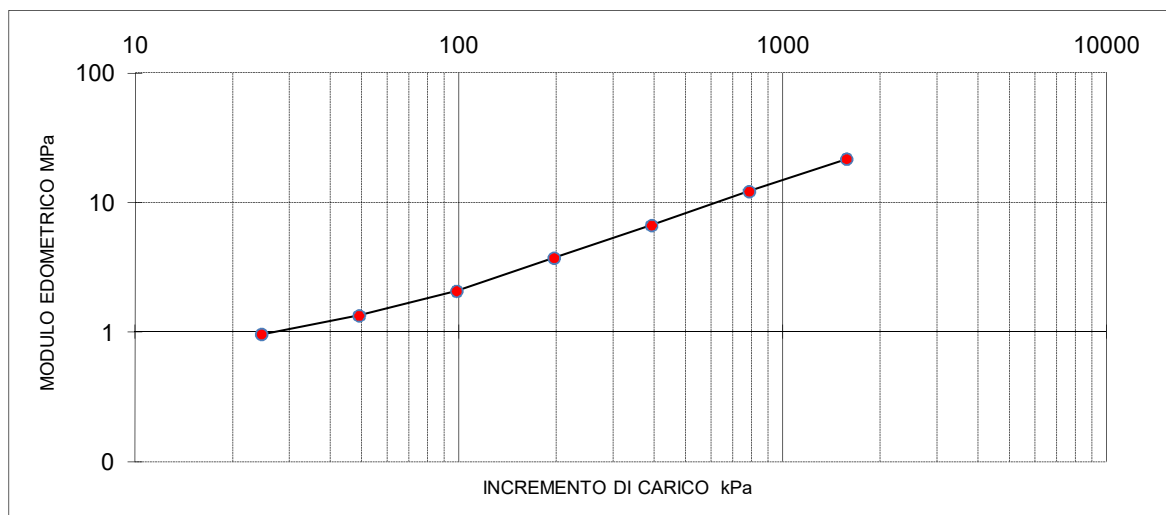
edometro n: Ed 5 bilancia cod. 480 - calibro cod. 570 - picnometro cod. 545

#### NATURA DEL CAMPIONE:

Limo argilloso grigio

Dp	DH	epsilon	e	e (t100)	av	mv	M
(kPa)	(mm)	(%)			(cm <sup>2</sup> /daN)	(cm <sup>2</sup> /daN)	(MPa)
12.3	0.402	2.01	1.021	1.026			
24.5	0.657	3.28	0.995	0.996	0.214	0.104	0.96
49.1	1.022	5.11	0.957	0.962	0.154	0.074	1.34
98.1	1.494	7.47	0.909	0.916	0.099	0.048	2.08
196.2	2.017	10.09	0.855	0.863	0.055	0.027	3.75
392.4	2.603	13.02	0.794	0.801	0.031	0.015	6.70
784.8	3.244	16.22	0.728	0.741	0.017	0.008	12.25
1569.6	3.965	19.83	0.654	0.667	0.009	0.005	21.76
392.4	3.812	19.06	0.670	0.668			
98.1	3.592	17.96	0.692	0.689			

Dati provino	Iniziale	Finale
Altezza provino (mm)	20.000	16.408
Umidità (%):	35.1	25.6
Massa volumica apparente (Mg/m <sup>3</sup> ):	1.77	2.01
Massa volumica apparente secca (Mg/m <sup>3</sup> ):	1.31	1.60
Indice dei vuoti:	1.06	0.69
Grado di Saturazione (%):	89	100
Massa volumica reale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.71	



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

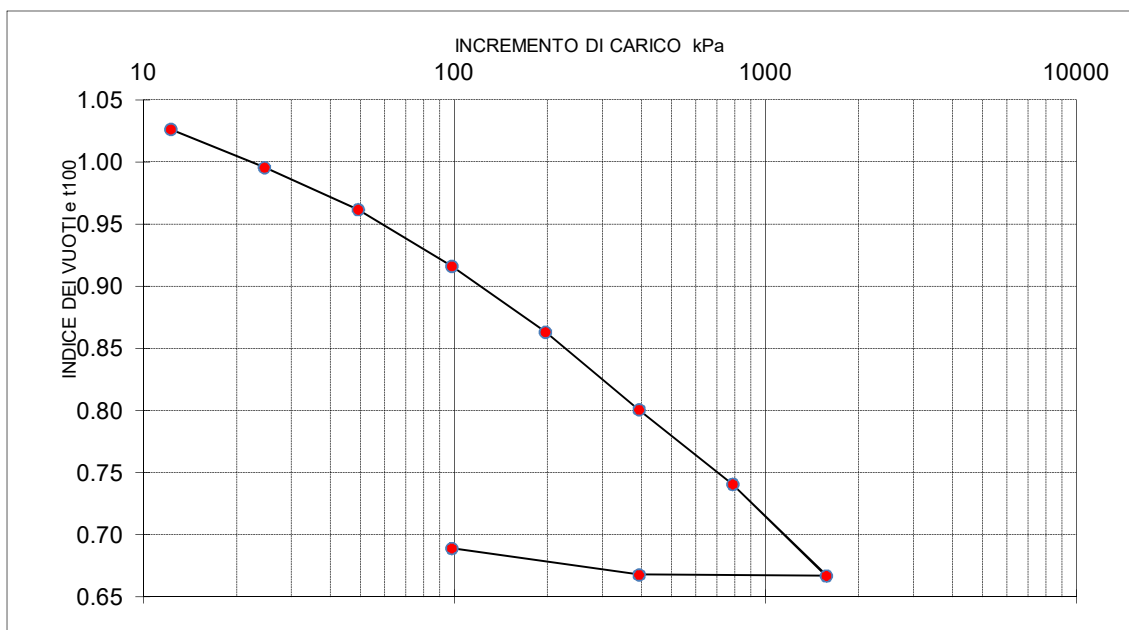
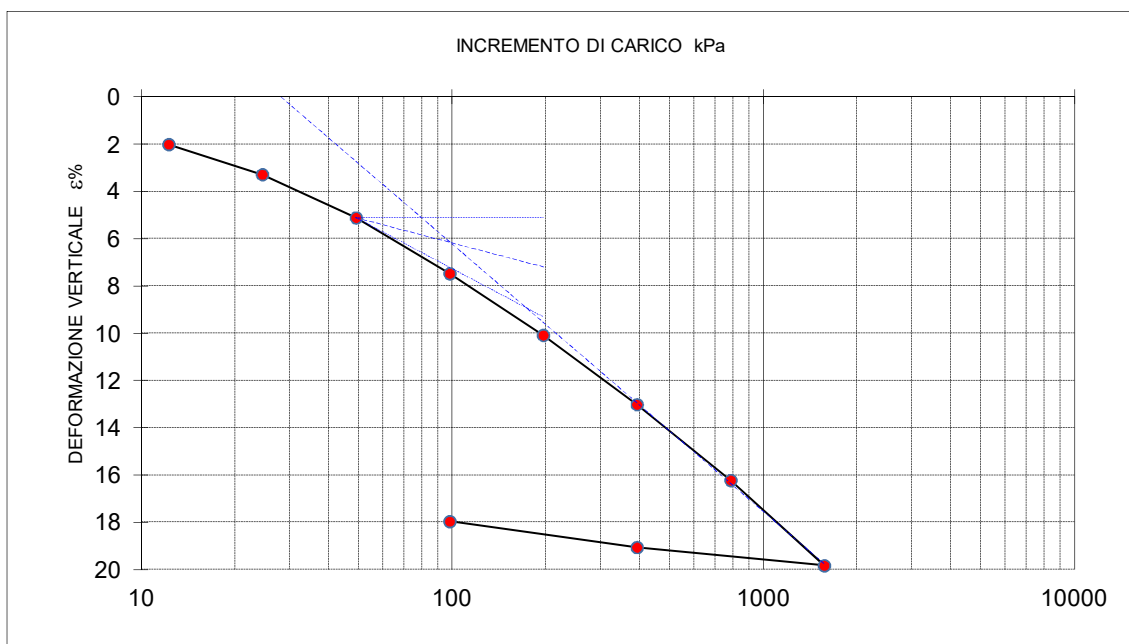
VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21-03-18

GEO - CERT. n°:

rev.00 del:





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH1 m 15.00 - 15.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)					
	12.3	24.5	49.1	98.1	196.2	392.4
0.08	0.082	0.452	0.719	1.133	1.612	2.150
0.14	0.102	0.459	0.733	1.151	1.635	2.207
0.23	0.125	0.467	0.752	1.178	1.665	2.255
0.39	0.147	0.476	0.771	1.205	1.697	2.297
1.08	0.201	0.504	0.815	1.268	1.771	2.362
1.81	0.232	0.521	0.840	1.302	1.811	2.387
5.05	0.292	0.557	0.890	1.352	1.878	2.436
8.44	0.321	0.572	0.911	1.377	1.907	2.459
14.09	0.341	0.589	0.931	1.396	1.930	2.483
39.29	0.360	0.616	0.963	1.426	1.951	2.518
65.61	0.365	0.626	0.973	1.436	1.957	2.532
109.58	0.370	0.635	0.984	1.444	1.967	2.544
182.98	0.376	0.641	0.991	1.456	1.979	2.554
305.58	0.381	0.647	0.999	1.463	1.983	2.565
510.33	0.388	0.653	1.005	1.471	1.993	2.574
852.27	0.392	0.655	1.012	1.479	2.001	2.587
1423.30	0.398	0.655	1.014	1.484	2.008	2.596
2376.93	0.402	0.657	1.022	1.494	2.017	2.603

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)				
	784.8	1569.6	392.4	98.1	
0.08	2.726	3.423	3.865	3.740	
0.14	2.787	3.494	3.854	3.717	
0.23	2.847	3.560	3.847	3.703	
0.39	2.896	3.606	3.841	3.689	
1.08	2.974	3.696	3.832	3.664	
1.81	3.011	3.728	3.828	3.651	
5.05	3.062	3.781	3.825	3.633	
8.44	3.084	3.805	3.824	3.626	
14.09	3.099	3.822	3.823	3.622	
39.29	3.140	3.855	3.820	3.613	
65.61	3.157	3.868	3.819	3.611	
109.58	3.170	3.883	3.818	3.608	
182.98	3.180	3.902	3.817	3.605	
305.58	3.192	3.915	3.816	3.603	
510.33	3.206	3.928	3.815	3.600	
852.27	3.219	3.940	3.814	3.597	
1423.30	3.229	3.951	3.813	3.595	
2376.93	3.244	3.965	3.812	3.592	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

# **PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

## **norma ASTM D 2435 - method A**

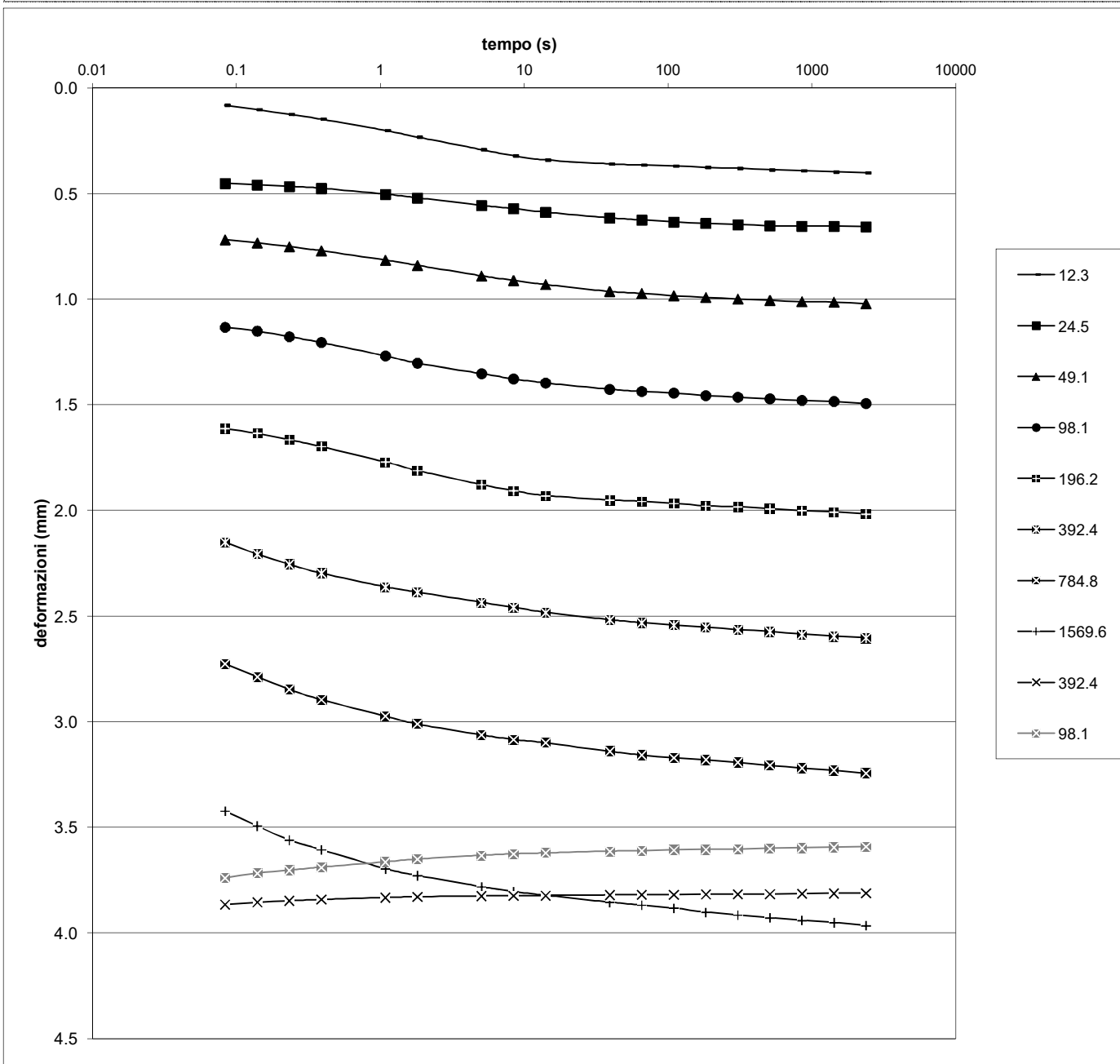
**COMMITTENTE:** GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)

**CANTIERE:** Ravenna - Ponticelle

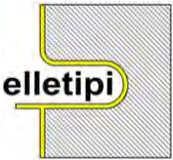
**CAMPIONE:** BH2SH1 m 15.00 - 15.50

**COMMESSA:** 17669/18 **DURATA PROVE:** 30/03-07/05/2018

**VERBALE ACC.:** 155/18 **DATA CONSEGNA:** 21-03-18

**GEO - CERT. n°:** rev.00 del:

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

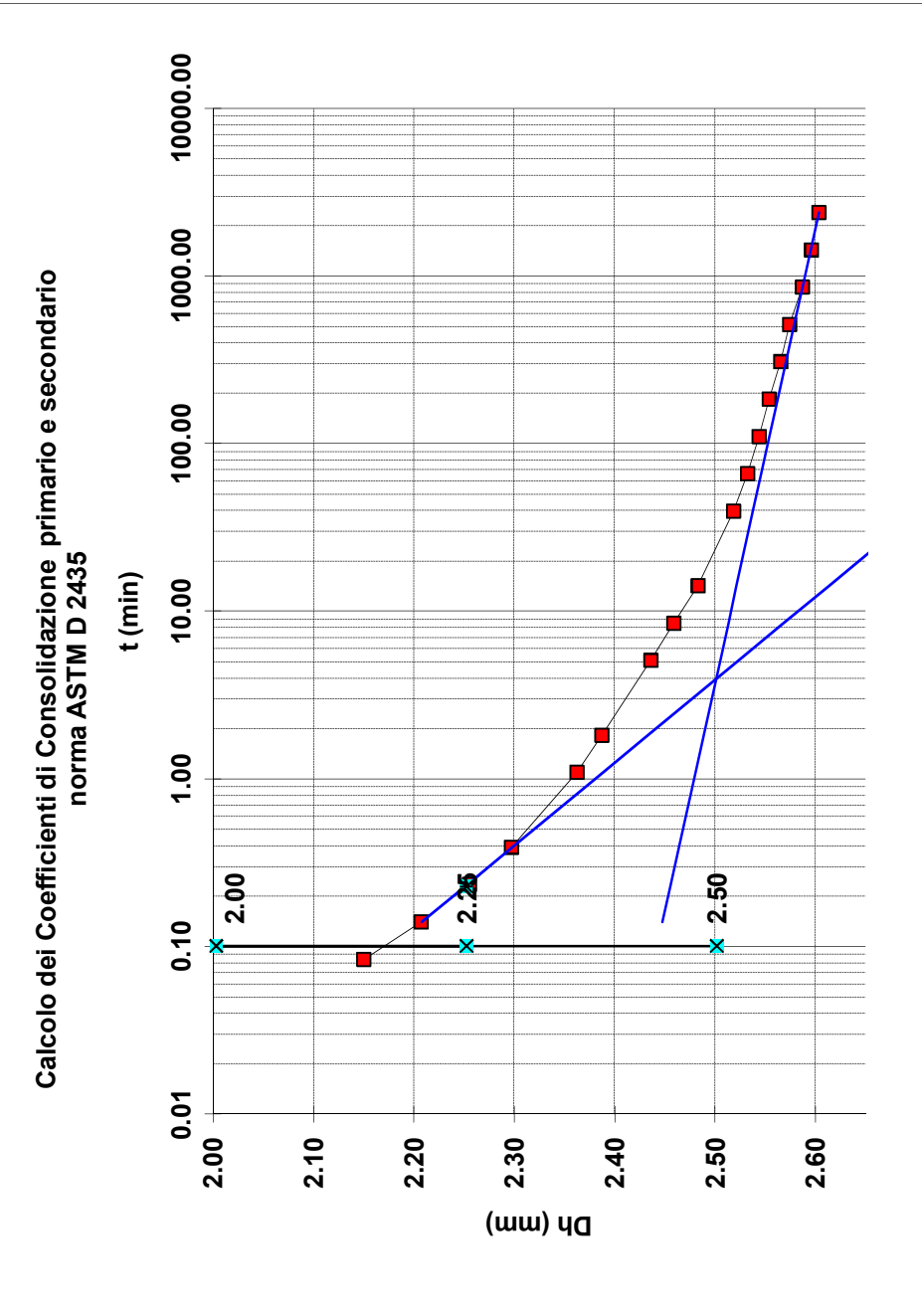
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	2.008
0.08	2.150
0.14	2.207
0.23	2.255
0.39	2.297
1.08	2.362
1.81	2.387
5.05	2.436
8.44	2.459
14.09	2.483
39.29	2.518
65.61	2.532
109.58	2.544
182.98	2.554
305.58	2.565
510.33	2.574
852.27	2.587
1423.30	2.596
2376.93	2.603

t50 (min)	0.23
t50 (sec)	14
k (m/s)	1.67E-09
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.14E-02
C alfa	2.05E-03

Pressione	
da(kPa)	196.2
a (kPa)	392.4

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH2SH1
DATA DI CONSEGNA:	21-03-18
DURATA DELLE PROVE DAL:	13-02-17
AL:	15-02-17

COMMESSA:	17669/18	Natura del Campione:
VERBALE ACC.:	155/18	Limo argilloso grigio
CERTIFICATO n°:	0	
rev.0 del:	00-01-00	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

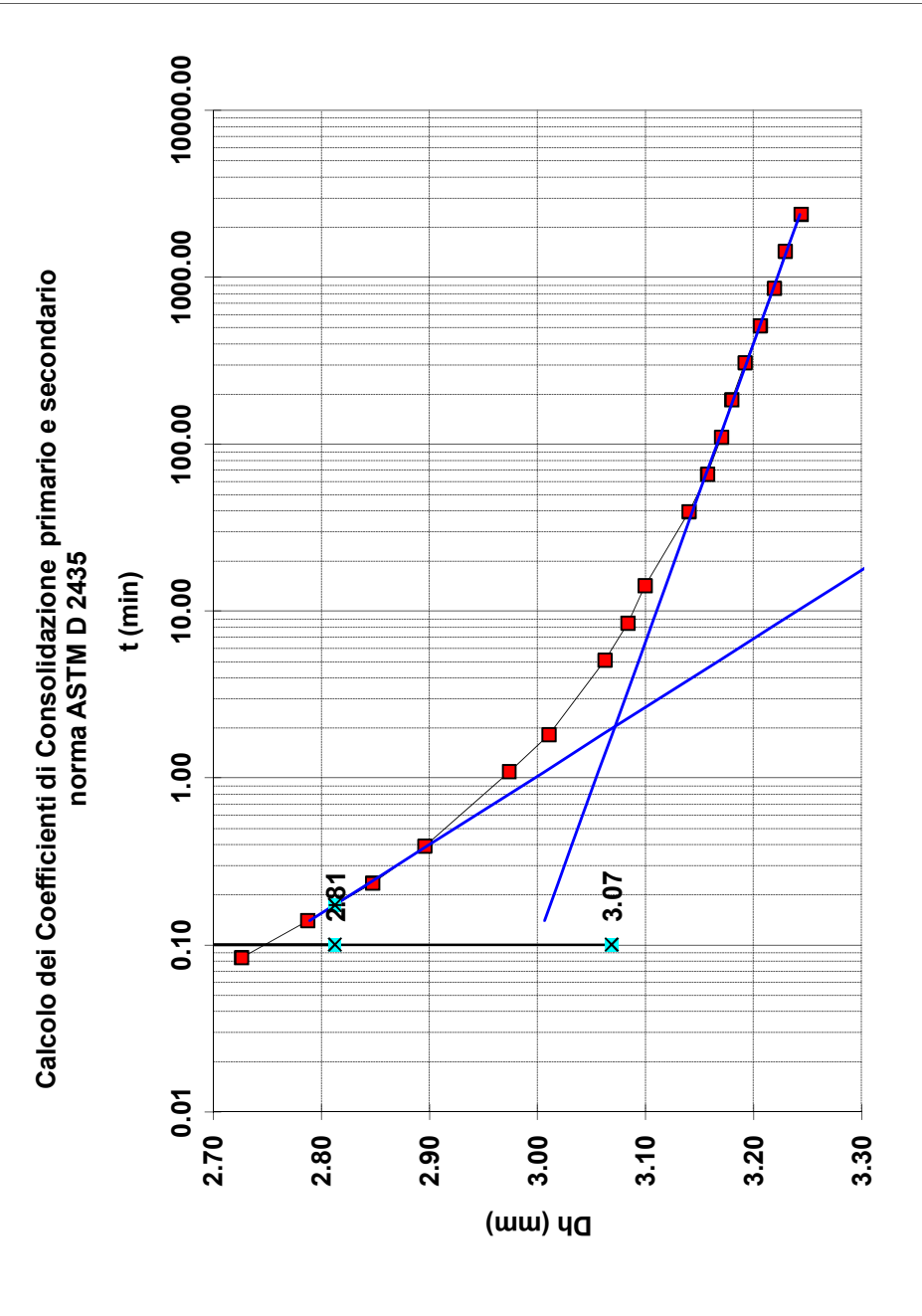


**elletipi s.r.l.**  
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	2.603
0.08	2.726
0.14	2.787
0.23	2.847
0.39	2.896
1.08	2.974
1.81	3.011
5.05	3.062
8.44	3.084
14.09	3.099
39.29	3.140
65.61	3.157
109.58	3.170
182.98	3.180
305.58	3.192
510.33	3.206
852.27	3.219
1423.30	3.229
2376.93	3.244

t50 (min)	0.17
t50 (sec)	10
k (m/s)	1.11E-09
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.39E-02
C alfa	3.21E-03

Pressione	
da(kPa)	392.4
a (kPa)	784.8

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH2SH1
DATA DI CONSEGNA:	21-03-18
DURATA DELLE PROVE DAL:	15-02-17
AL:	17-02-17

COMMESSA:	17669/18	Natura del Campione:
VERBALE ACC.:	155/18	Limo argilloso grigio
CERTIFICATO n°:	0	
rev.0 del:	00-01-00	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



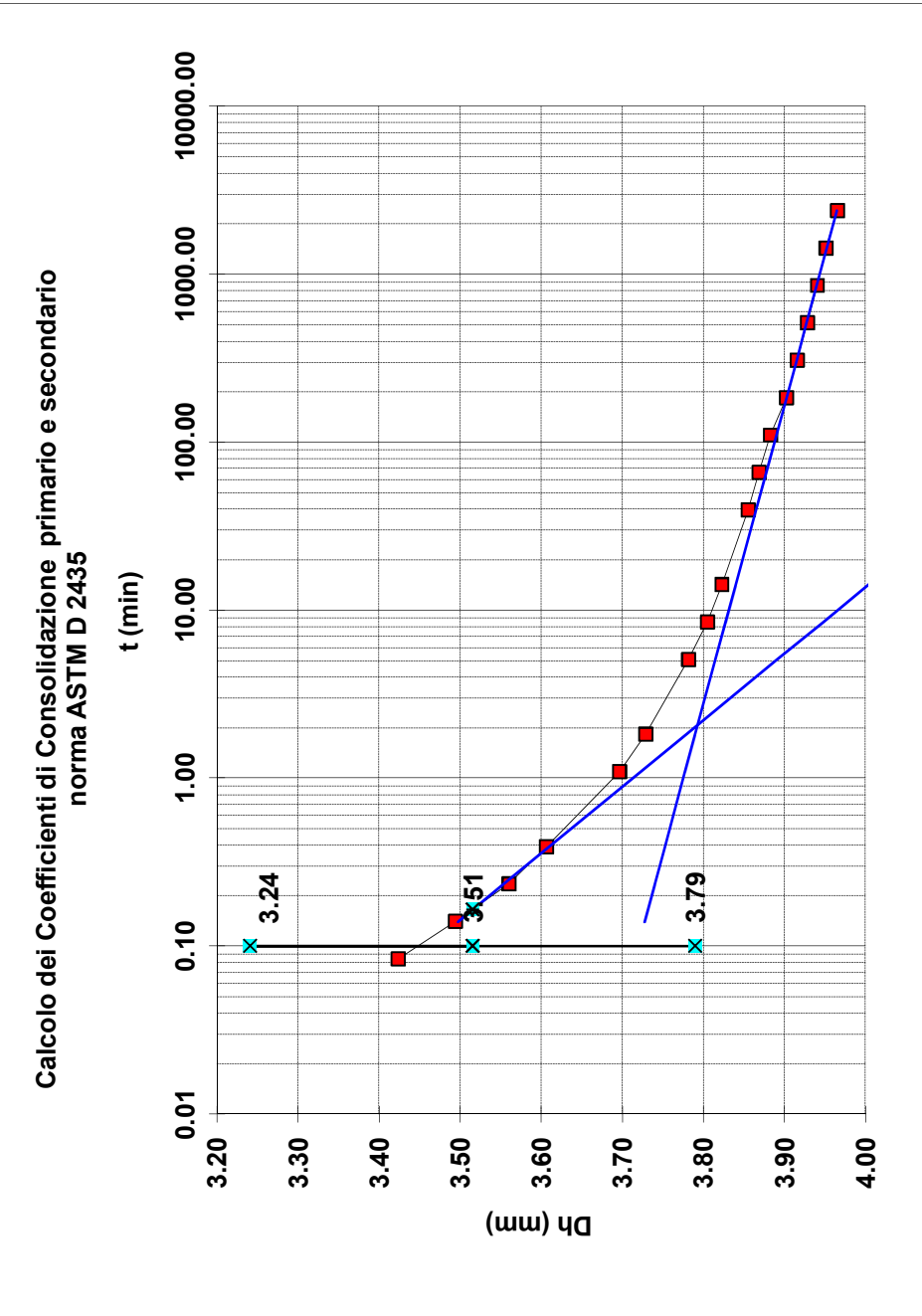


**elletipi s.r.l.**  
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	3.244
0.08	3.423
0.14	3.494
0.23	3.560
0.39	3.606
1.08	3.696
1.81	3.728
5.05	3.781
8.44	3.805
14.09	3.822
39.29	3.855
65.61	3.868
109.58	3.883
182.98	3.902
305.58	3.915
510.33	3.928
852.27	3.940
1423.30	3.951
2376.93	3.965

t50 (min)	0.16
t50 (sec)	10
k (m/s)	6.07E-10
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.35E-02
C alfa	3.35E-03

Pressione	
da(kPa)	784.8
a (kPa)	1569.6

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH2SH1
DATA DI CONSEGNA:	21-03-18
DURATA DELLE PROVE DAL:	17-02-17
AL:	19-02-17

COMMESSA:	17669/18	Natura del Campione:
VERBALE ACC.:	155/18	Limo argilloso grigio
CERTIFICATO n°:	0	
rev.0 del:	00-01-00	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA02288 DEL 08/05/2018



COMMITTENTE :  
**ELLETIPI S.r.l.**  
Via Annibale Zucchini, 69  
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :  
Descrizione : Terreno - BH02SH1 - 15.00 -15.50  
Matrice : Solido  
Riferimento : Commessa n°17669/18 - Vs. Ordine n°132-REV00-17669-18 LABO CONSULT /2018 del  
17/04/2018

DATI DEL PRELIEVO :  
Luogo di prelievo : RAVENNA AREA PONTICELLE  
Prelevato da : Cliente  
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente  
Data prelievo : -  
Data arrivo campione : 17/04/2018  
Data inizio prove : 26/04/2018  
Data fine prove : 08/05/2018

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				min	max		
* pH		7,8				APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	
Cloruri	mg/L	16,6	± 5.0			APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	1
Solfati	mg/L	9,5	± 2.9			APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	1

La riga contrassegnata con l'asterisco \* indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "&lt;" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa  $U = k \cdot u_c$  ed è stata calcolata con un fattore di copertura  $k=2$ , corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio  
Dr. Mariateresa Magrino  
(Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007


® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## SCHEMA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**  
COMMESSA: 17669/18  
VERBALE ACC.: 155/18  
DATA CONSEGNA: 21/03/18

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 19.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 57 GRADO DI QUALITA': AGI Q4 EC 7-3 Q1
	10	4	DESCRIZIONE: Limo argilloso grigio
			W naturale (%) 32.1 $\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> ) 1.91 $\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.45 $\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.92 porosità (%) 47 indice dei vuoti 0.89 grado di saturazione (%) 99 massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) 2.735
	50	16	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale SI Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria SI Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto SI Peso di Volume SI Espansione L.L. - Peso Specifico SI Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Sostanza organica - Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -
20.00 basso			

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## UMIDITA' DI UNA TERRA

### UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 grigio**

cod.bilancia 480

#### DETERMINAZIONE

1

2

TARA (g)

2.24

2.22

TERRA UMIDA (g)

151.13

148.75

TERRA ESSICATA\* (g)

115.28

112.78

UMDITA' DETERMINATA (%)

31.7

32.5

UMIDITA' CALCOLATA (%)

=

**32.1**

\* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® 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](#)

## MASSA VOLUMICA APPARENTE

### UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 grigio**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	91.99	91.99
ALTEZZA (cm)	2.00	2.00
DIAMETRO (cm)	6.06	6.06
MASSA LORDA (g)	232.75	233.03
MASSA VOLUMICA (Mg/m <sup>3</sup> )	1.91	1.92
<b>MEDIA (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>=</b>	<b>1.91</b>

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO UNI EN ISO 17892-3

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA: 21/03/18

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 grigio**

cod.bilancia 480

determinazione picnometro n:	1 (pic. 001)	2 (pic. 002)
terra (g):	13.41	14.36
temperatura (°C):	22.0	22.0
picnometro + acqua (g):	147.48	149.35
picnometro + terra (g):	155.99	158.46
fattore K	0.9996	0.9996

Peso specifico determinato ( $\text{Mg/m}^3$ ):	2.736	2.734
---	-------	-------

Peso specifico calcolato ( $\text{Mg/m}^3$ ):	<b>2.735</b>
---	--------------

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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

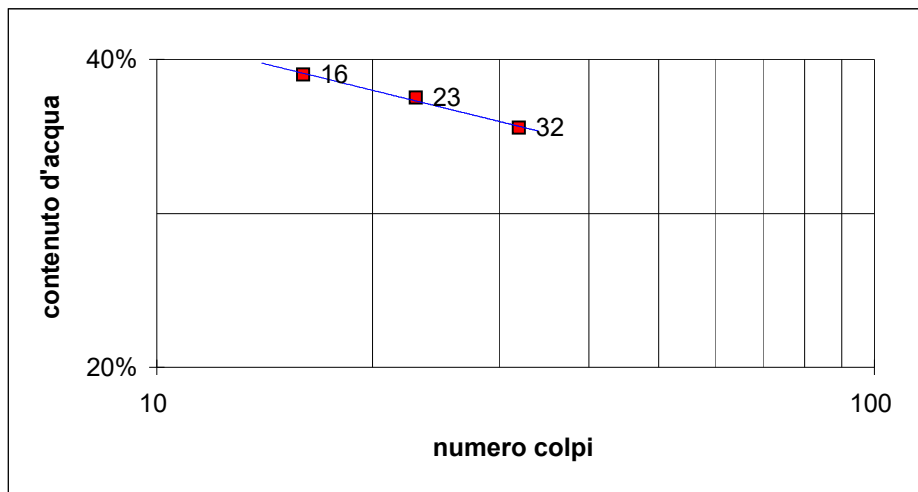
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo argilloso grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	32	23	16			
massa umida+ tara (g)	24.85	24.98	24.61	13.30	13.55	151.13
massa secca+ tara (g)	18.91	18.78	18.35	11.01	11.18	115.28
acqua contenuta (g)	5.94	6.20	6.26	2.29	2.37	35.85
tara (g)	2.20	2.24	2.30	2.24	2.26	2.24
peso secco (g)	16.71	16.54	16.05	8.77	8.92	113.04
contenuto d'acqua	35.5%	37.5%	39.0%	26.1%	26.6%	31.7%

Umidità Naturale	Wn =	32%
Limite Liquido	LL =	37%
Limite Plastico	LP =	26%
Indice Plastico	IP =	11%



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: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

**CANTIERE:** Ravenna - Ponticelle

CAMPIONE: **BH2SH2** m 19.50 - 20.00

COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
-----------	----------	---------------	------------------

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: 0	rev.00 del:	00/01/00
-------------------	-------------	----------

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

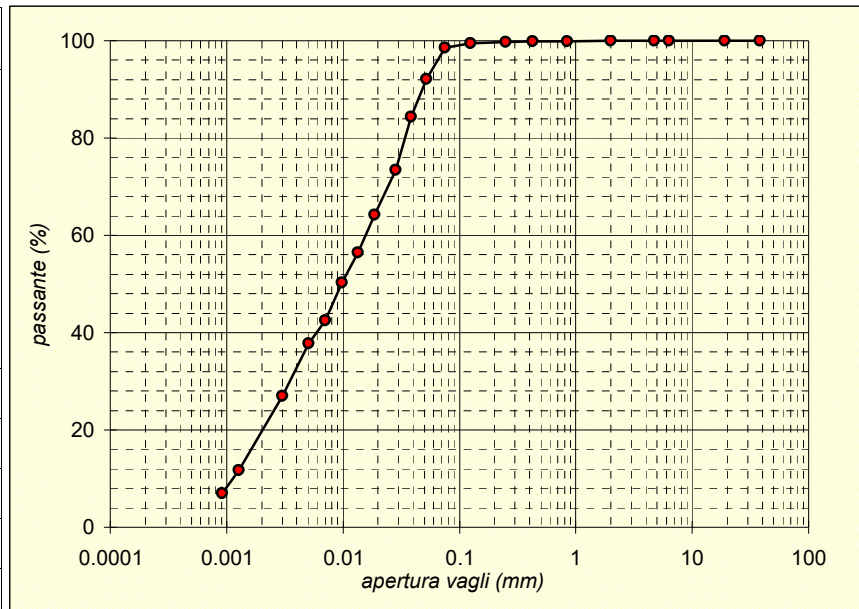
Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo argilloso grigio**

codici		vaglic (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.01	0.01	0.01	99.99
292	setaccio	0.850	0.08	0.07	0.08	99.92
293	setaccio	0.425	0.11	0.10	0.18	99.82
282	setaccio	0.250	0.05	0.04	0.22	99.78
283	setaccio	0.125	0.34	0.30	0.52	99.48
286	setaccio	0.075	1.01	0.89	1.42	98.58
-	calcolato	0.0523	7.35	6.50	7.91	92.09
-	calcolato	0.0383	8.77	7.76	15.67	84.33
-	calcolato	0.0283	12.28	10.86	26.53	73.47
-	calcolato	0.0186	10.52	9.31	35.84	64.16
-	calcolato	0.0135	8.77	7.76	43.60	56.40
-	calcolato	0.0098	7.01	6.21	49.80	50.20
-	calcolato	0.0071	8.77	7.76	57.56	42.44
-	calcolato	0.0051	5.26	4.65	62.21	37.79
-	calcolato	0.0030	12.28	10.86	73.07	26.93
-	calcolato	0.0013	17.22	15.24	88.31	11.69
-	calcolato	0.0009	5.26	4.65	92.96	7.04
	fondo		7.96		100.00	0.00
TOTALE			113.04		φ max (mm) = 2.1	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		49.99
t° C	Tempo (s)	Letture
21	30	33.0
21	60	30.5
21	120	27.0
21	300	24.0
21	600	21.5
21	1200	19.5
21	2400	17.0
21	4800	15.5
21	14400	12.0
21.5	86400	7.0
21.5	172800	5.5
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm 0.0%	> 2,00 mm 0.0%
SABBIA	> 0,075 mm 1.4%	> 0,063 mm 4.6%
LIMO	> 2 μ 79.0%	> 2 μ 75.9%
ARGILLA	< 2 μ 19.6%	< 2 μ 19.6%



Soluzione disperdente preparata al momento

lo Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagno



elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

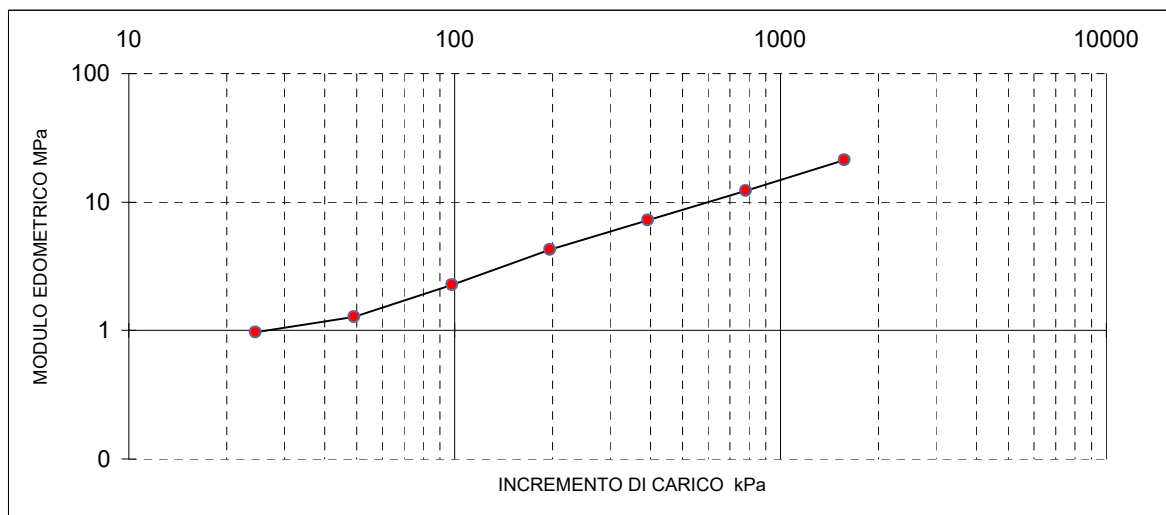
GEO - CERT. n°: rev.00 del:

edometro n: Ed 3 bilancia cod. 480 - calibro cod. 570 - picnometro cod. 545

NATURA DEL CAMPIONE: Limo argilloso grigio

Dp	DH	epsilon	e	e (t100)	av	mv	M
(kPa)	(mm)	(%)			(cm <sup>2</sup> /daN)	(cm <sup>2</sup> /daN)	(MPa)
12.3	0.191	0.96	0.863	0.865			
24.5	0.444	2.22	0.839	0.841	0.194	0.103	0.97
49.1	0.827	4.14	0.803	0.808	0.147	0.078	1.28
98.1	1.262	6.31	0.762	0.770	0.083	0.044	2.26
196.2	1.724	8.62	0.719	0.728	0.044	0.024	4.25
392.4	2.267	11.33	0.667	0.678	0.026	0.014	7.23
784.8	2.907	14.54	0.607	0.621	0.015	0.008	12.25
1569.6	3.642	18.21	0.538	0.550	0.009	0.005	21.36
392.4	3.459	17.30	0.555	0.554			
98.1	3.239	16.20	0.576	0.573			

Dati provino	Iniziale	Finale
Altezza provino (mm)	20.000	16.761
Umidità (%):	31.7	21.1
Massa volumica apparente (Mg/m <sup>3</sup> ):	1.92	2.10
Massa volumica apparente secca (Mg/m <sup>3</sup> ):	1.45	1.74
Indice dei vuoti:	0.88	0.58
Grado di Saturazione (%):	98	100
Massa volumica reale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.73	



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

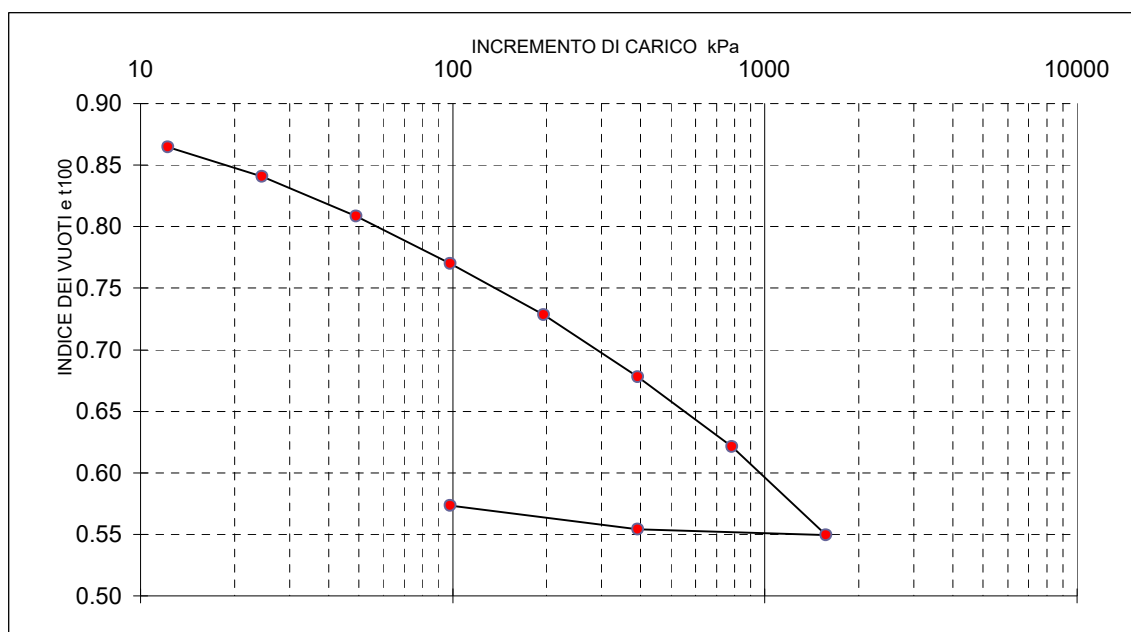
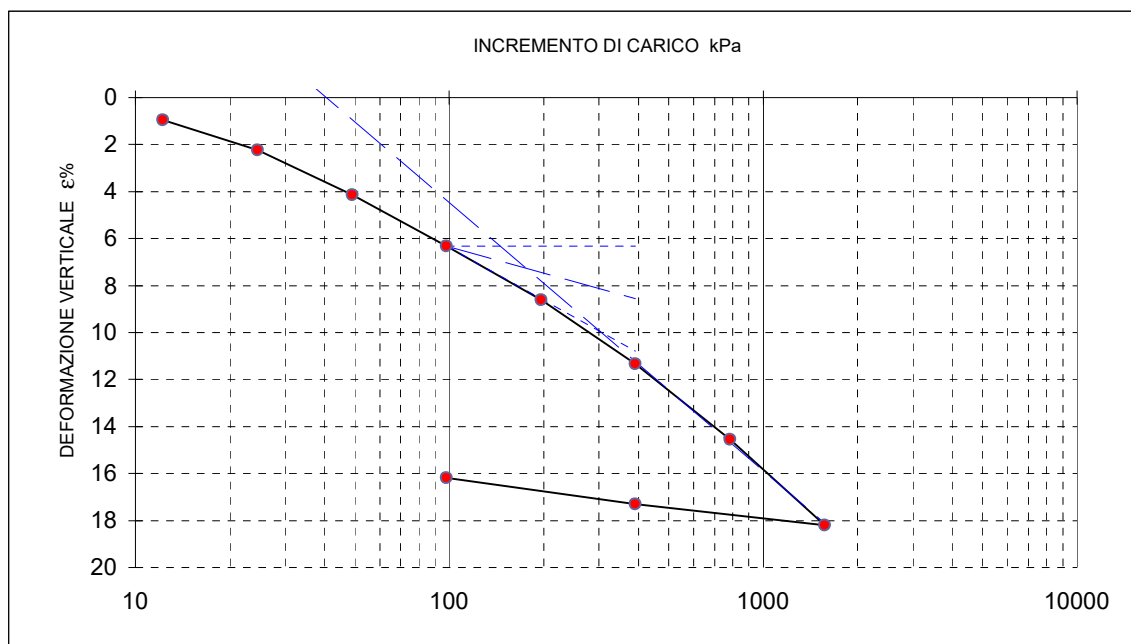
VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

GEO - CERT. n°:

rev.00 del:



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)					
	12.3	24.5	49.1	98.1	196.2	392.4
0.08	0.061	0.248	0.573	0.907	1.304	1.808
0.14	0.062	0.251	0.580	0.923	1.325	1.829
0.23	0.066	0.257	0.590	0.943	1.355	1.864
0.39	0.071	0.264	0.599	0.962	1.381	1.900
1.08	0.087	0.284	0.625	1.018	1.452	1.979
1.81	0.099	0.302	0.644	1.051	1.491	2.018
5.05	0.125	0.340	0.687	1.102	1.561	2.084
8.44	0.138	0.359	0.708	1.128	1.587	2.107
14.09	0.149	0.377	0.726	1.149	1.611	2.127
39.29	0.165	0.404	0.751	1.184	1.639	2.163
65.61	0.171	0.412	0.764	1.194	1.652	2.178
109.58	0.174	0.420	0.774	1.203	1.659	2.194
182.98	0.177	0.426	0.784	1.213	1.671	2.206
305.58	0.182	0.432	0.796	1.223	1.684	2.220
510.33	0.184	0.435	0.806	1.233	1.695	2.232
852.27	0.186	0.439	0.813	1.244	1.704	2.245
1423.30	0.188	0.443	0.818	1.255	1.710	2.258
2376.93	0.191	0.444	0.827	1.262	1.724	2.267

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)				
	784.8	1569.6	392.4	98.1	
0.08	2.374	3.037	3.518	3.410	
0.14	2.406	3.074	3.509	3.395	
0.23	2.447	3.134	3.503	3.383	
0.39	2.494	3.190	3.498	3.367	
1.08	2.592	3.310	3.486	3.341	
1.81	2.633	3.365	3.482	3.329	
5.05	2.704	3.436	3.476	3.303	
8.44	2.732	3.464	3.474	3.291	
14.09	2.760	3.484	3.473	3.285	
39.29	2.798	3.519	3.470	3.273	
65.61	2.814	3.534	3.469	3.267	
109.58	2.827	3.548	3.468	3.262	
182.98	2.841	3.564	3.467	3.257	
305.58	2.855	3.581	3.465	3.253	
510.33	2.866	3.598	3.464	3.248	
852.27	2.880	3.620	3.462	3.245	
1423.30	2.895	3.627	3.460	3.242	
2376.93	2.907	3.642	3.459	3.239	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

# **PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

## **norma ASTM D 2435 - method A**

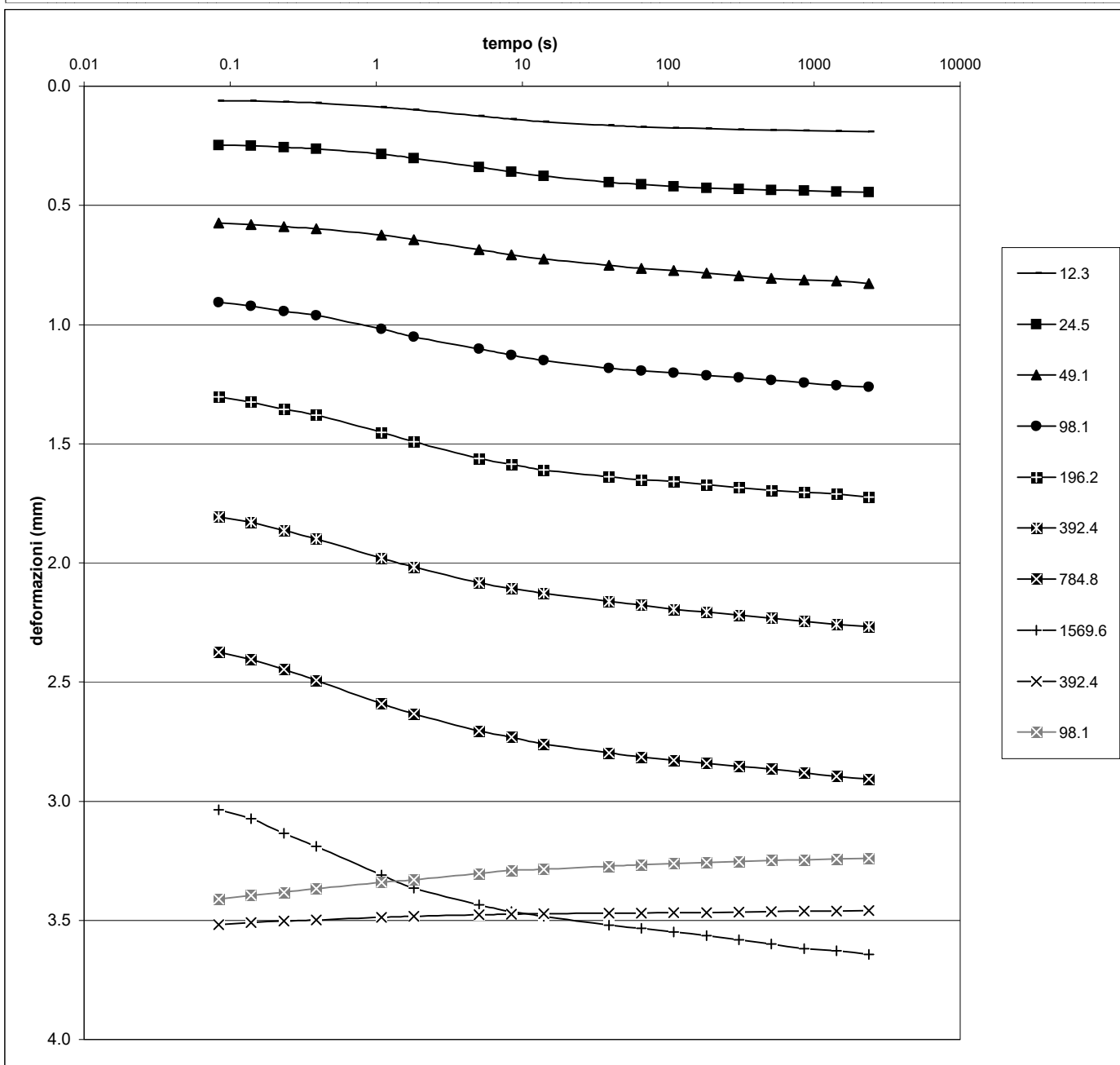
**COMMITTENTE:** GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)

**CANTIERE:** Ravenna - Ponticelle

**CAMPIONE:** BH2SH2 m 19.50 - 20.00

**COMMESSA:** 17669/18 **DURATA PROVE:** 30/03-07/05/2018

**VERBALE ACC.:** 155/18 **DATA CONSEGNA:** 21/03/18

**GEO - CERT. n°:** rev.00 del:

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

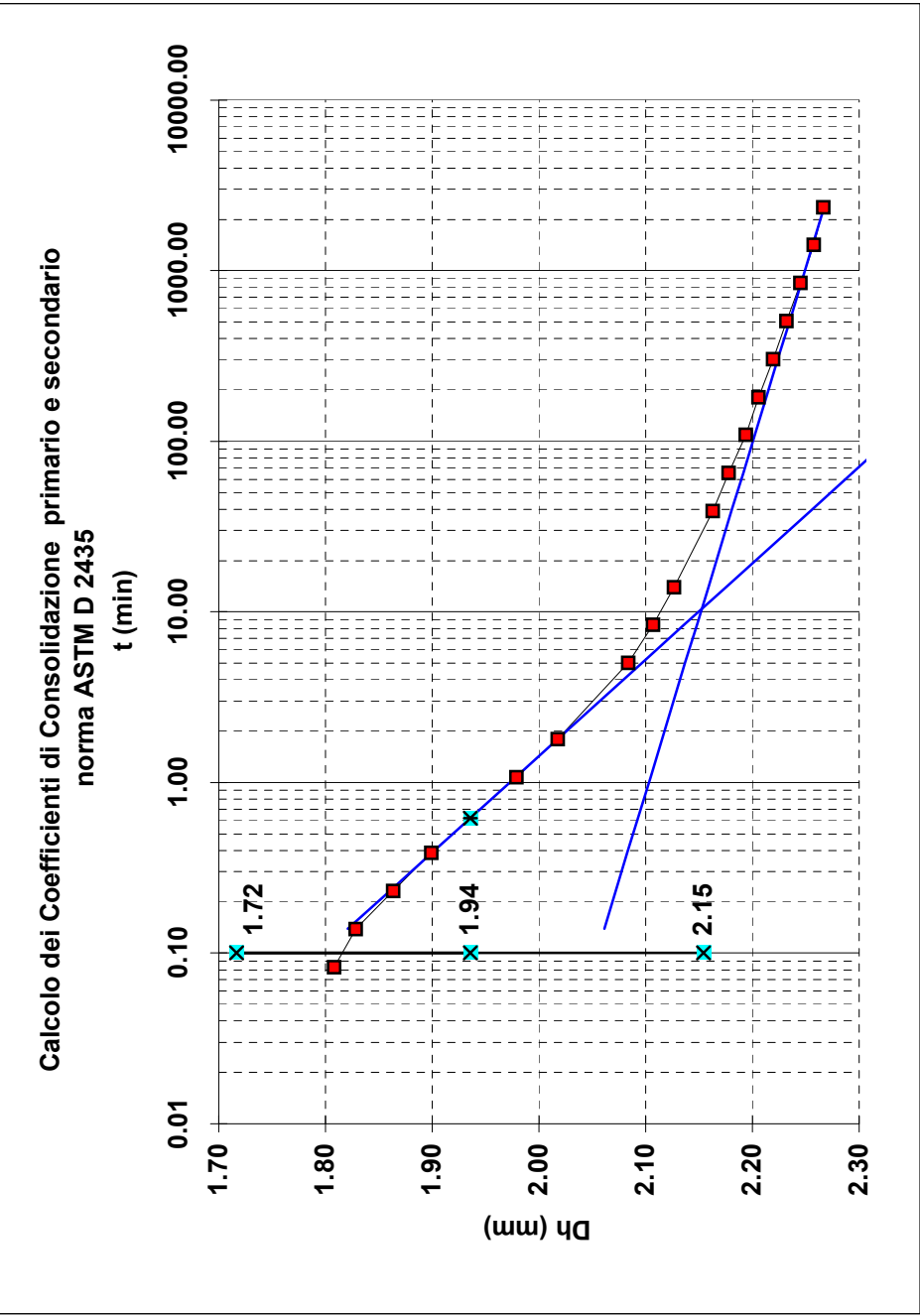
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)

H0

1.710  
1.808  
1.829  
1.864  
1.900  
1.979  
2.018  
2.084  
2.107  
2.127  
2.163  
2.178  
2.194  
2.206  
2.220  
2.232  
2.245  
2.258  
2.267  
2376.93

t50 (min)	0.62
t50 (sec)	37
k (m/s)	5.87E-10
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	4.33E-03
C alpha	2.66E-03

Pressione

da(kPa)

a (kPa)

196.2

392.4

COMMITTENTE: GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)

CANTIERE: Ravenna - Ponticelle

CAMPIONE/PROFONDITA': BH2SH2

DATA DI CONSEGNA: 21/03/18

DURATA DELLE PROVE DAL: 13/02/17

AL: 15/02/17

COMMESSA: 17669/18

VERBALE ACC.: 155/18

CERTIFICATO n°: 0

rev.0 del: 00/01/00

Natura del Campione:

Limo argilloso grigio

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

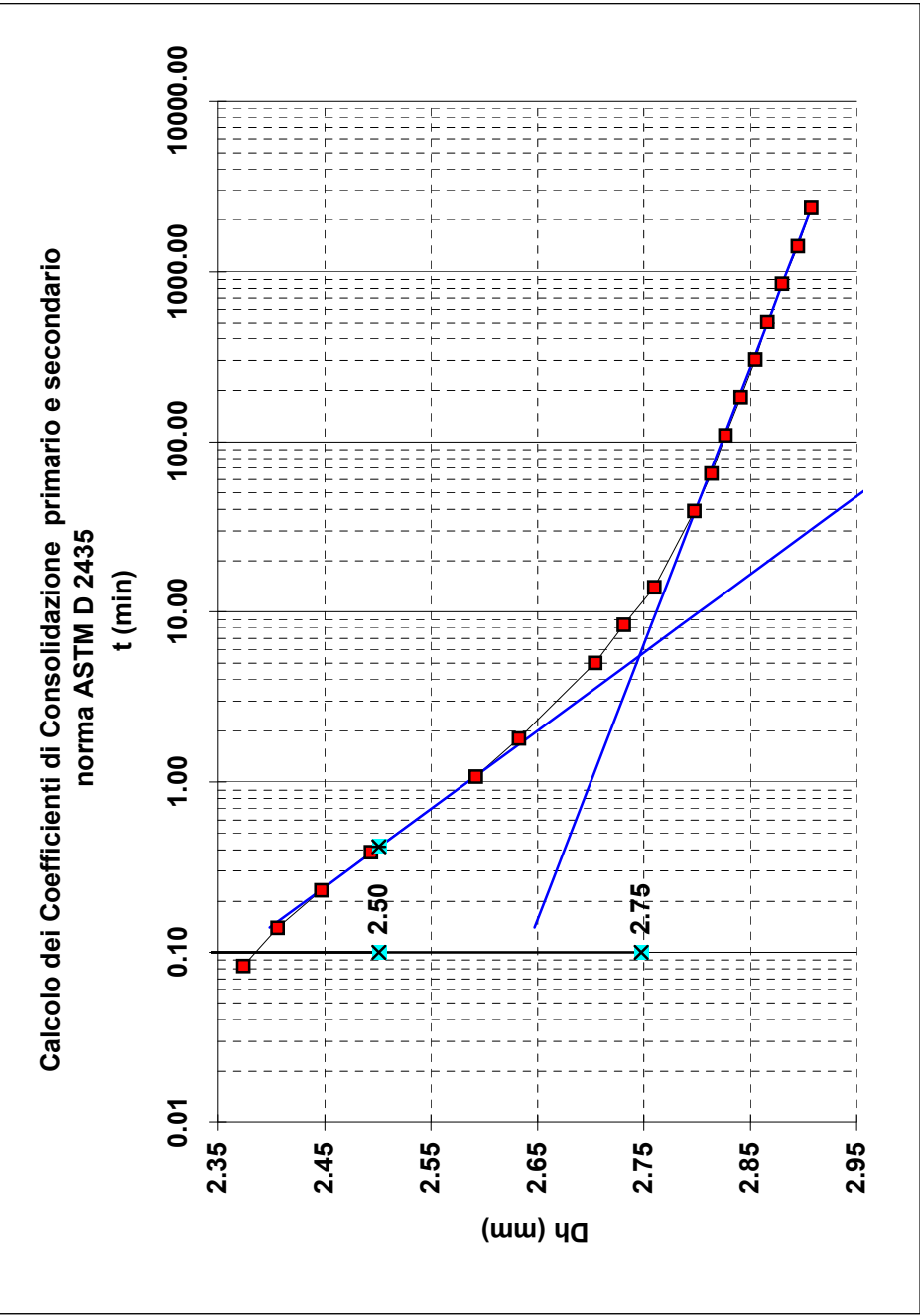
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)

H0	2.267
0.08	2.374
0.14	2.406
0.23	2.447
0.39	2.494
1.08	2.592
1.81	2.633
5.05	2.704
8.44	2.732
14.09	2.760
39.29	2.798
65.61	2.814
109.58	2.827
182.98	2.841
305.58	2.855
510.33	2.866
852.27	2.880
1423.30	2.895
2376.93	2.907

tf50 (min)	0.42
tf50 (sec)	25
k (m/s)	4.78E-10
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	5.97E-03
C alfa	3.47E-03

Pressione

da(kPa)	392.4
a (kPa)	784.8

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH2SH2	COMMESSA:	17669/18
DATA DI CONSEGNA:	21/03/18	VERBALE ACC.:	155/18
DURATA DELLE PROVE DAL:	15/02/17	CERTIFICATO n°:	0
AL:	17/02/17	rev.0 del:	00/01/00
		Natura del Campione:	Limo argilloso grigio

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova





elletipi s.r.l.

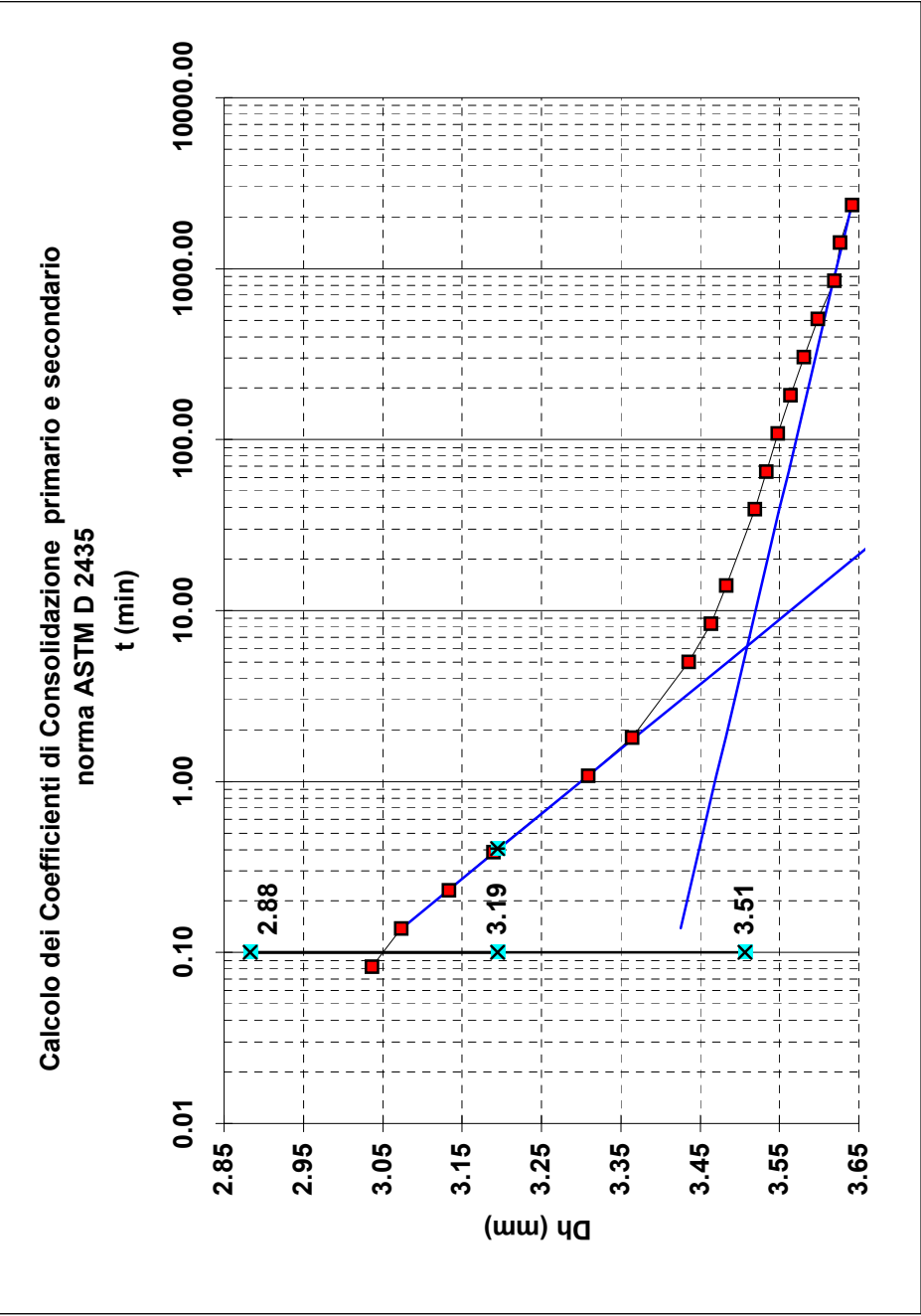
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	2.907
0.08	3.037
0.14	3.074
0.23	3.134
0.39	3.190
1.08	3.310
1.81	3.365
5.05	3.436
8.44	3.464
14.09	3.484
39.29	3.519
65.61	3.534
109.58	3.548
182.98	3.564
305.58	3.581
510.33	3.598
852.27	3.620
1423.30	3.627
2376.93	3.642

ts50 (min)	0.40
ts50 (sec)	24
k (m/s)	2.61E-10
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	5.69E-03
C alfa	2.98E-03

Pressione	
da(kPa)	784.8
a (kPa)	1569.6

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH2SH2
DATA DI CONSEGNA:	21/03/18
DURATA DELLE PROVE DAL:	17/02/17
AL:	19/02/17

COMMESSA:	17669/18	Natura del Campione:
VERBALE ACC.:	155/18	Limo argilloso grigio
CERTIFICATO n°:	0	
rev.0 del:	00/01/00	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

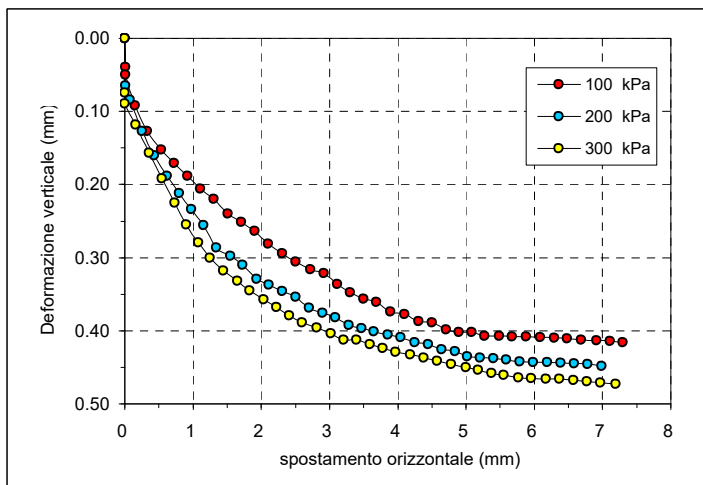
COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH2SH2 m 19.50 - 20.00		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018
GEO - CERT. n°:		rev.00 del:	

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

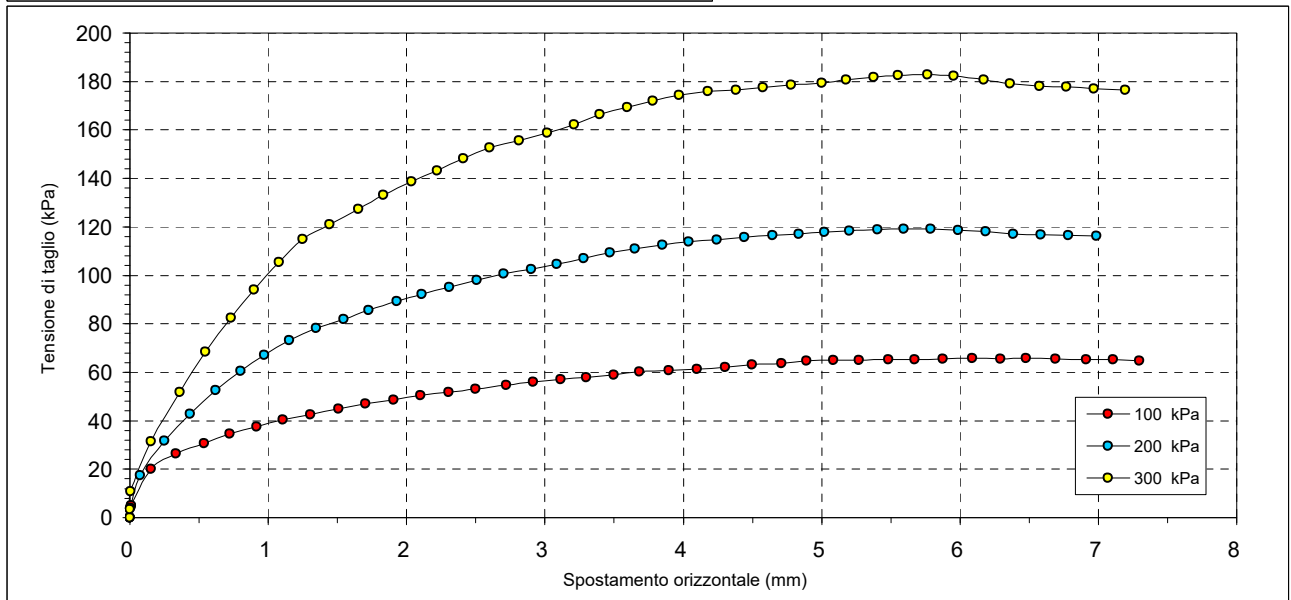
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 20$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo argilloso grigio



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
$\sigma_v$ (kPa)	100	200	300
W ini (%)	36.0	36.3	36.2
$\gamma_{ini}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.86	1.86	1.86
$\gamma_{d ini}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.37	1.37	1.37
S ini (%)	100	100	100
W fin (%)	24.7	22.8	21.0
$\gamma_{fin}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.02	2.06	2.09
$\gamma_{d fin}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.62	1.67	1.73
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m <sup>3</sup> )	2.709		
H fine cons (mm)	18.835	18.589	18.348



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRAR  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi  
P IVA e Codice Fiscale n. 0017460038:

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC.

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH2SH2 m 19.50 - 20.00**  
COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018  
VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/2018  
GEO - CERT. n°: rev.00 del:

PROVINO 1 100 kPa			PROVINO 2 200 kPa			PROVINO 3 300 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.008	4.667	0.039	0.006	3.917	0.065	0.002	3.444	0.074
0.010	5.139	0.050	0.073	17.556	0.084	0.004	10.778	0.089
0.151	20.139	0.092	0.250	31.722	0.127	0.155	31.500	0.118
0.332	26.389	0.127	0.434	42.778	0.160	0.361	51.667	0.157
0.539	30.778	0.152	0.618	52.444	0.188	0.548	68.528	0.192
0.723	34.583	0.171	0.800	60.417	0.212	0.733	82.528	0.225
0.917	37.500	0.188	0.972	67.222	0.234	0.897	94.167	0.255
1.107	40.333	0.206	1.154	73.056	0.256	1.076	105.528	0.279
1.305	42.667	0.220	1.345	78.139	0.286	1.251	114.917	0.300
1.507	44.833	0.240	1.544	81.861	0.298	1.442	121.056	0.318
1.705	47.028	0.251	1.726	85.694	0.310	1.652	127.472	0.332
1.908	48.722	0.264	1.931	89.250	0.329	1.831	133.139	0.345
2.102	50.528	0.281	2.109	92.083	0.337	2.034	138.667	0.357
2.306	51.806	0.294	2.308	95.028	0.346	2.221	143.167	0.368
2.500	53.056	0.306	2.507	98.000	0.354	2.411	148.222	0.379
2.721	54.750	0.316	2.702	100.694	0.369	2.601	152.722	0.389
2.915	55.944	0.321	2.899	102.611	0.376	2.814	155.667	0.396
3.114	56.944	0.336	3.084	104.556	0.382	3.016	158.833	0.404
3.301	57.917	0.348	3.282	106.972	0.392	3.212	162.111	0.412
3.500	59.000	0.356	3.470	109.389	0.397	3.395	166.333	0.412
3.685	60.111	0.361	3.651	111.083	0.401	3.594	169.306	0.419
3.896	60.889	0.374	3.850	112.583	0.405	3.781	171.944	0.424
4.100	61.389	0.377	4.040	113.806	0.409	3.970	174.444	0.429
4.302	62.000	0.387	4.245	114.639	0.416	4.179	176.083	0.433
4.499	63.028	0.389	4.441	115.611	0.419	4.383	176.556	0.437
4.711	63.694	0.398	4.647	116.444	0.426	4.578	177.472	0.441
4.893	64.694	0.402	4.835	117.028	0.428	4.780	178.694	0.446
5.083	64.917	0.402	5.021	117.722	0.435	5.000	179.278	0.450
5.272	65.056	0.407	5.201	118.250	0.437	5.176	180.583	0.454
5.483	65.139	0.407	5.402	118.833	0.438	5.376	181.806	0.458
5.671	65.194	0.408	5.593	119.194	0.440	5.553	182.694	0.461
5.878	65.472	0.408	5.790	119.194	0.442	5.765	182.889	0.464
6.088	65.722	0.409	5.985	118.667	0.443	5.957	182.250	0.465
6.292	65.639	0.410	6.188	118.028	0.443	6.172	180.806	0.466
6.480	65.722	0.411	6.386	117.167	0.444	6.364	179.222	0.466
6.690	65.472	0.412	6.586	116.833	0.445	6.573	178.167	0.468
6.914	65.389	0.413	6.783	116.639	0.446	6.769	177.694	0.469
7.107	65.222	0.414	6.988	116.222	0.448	6.970	176.889	0.471
7.296	64.861	0.416				7.195	176.556	0.473

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH2SH2 m 19.50 - 20.00		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018
GEO - CERT. n°:		rev.00 del:	

### Consolidazione Provino 1

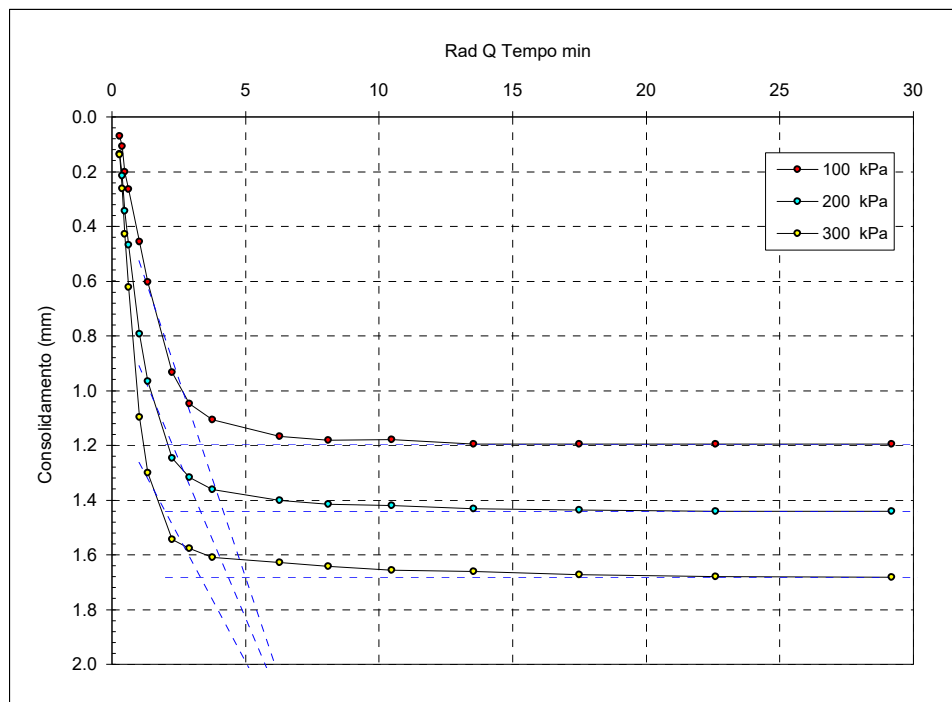
100 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.070
0.14	0.108
0.23	0.202
0.39	0.264
1.08	0.456
1.81	0.604
5.05	0.933
8.44	1.048
14.09	1.106
39.29	1.167
65.61	1.181
109.58	1.179
182.98	1.195
305.58	1.195
510.33	1.194
852.27	1.194

### Consolidazione Provino 2

200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.136
0.14	0.215
0.23	0.343
0.39	0.467
1.08	0.794
1.81	0.966
5.05	1.246
8.44	1.318
14.09	1.362
39.29	1.402
65.61	1.415
109.58	1.421
182.98	1.431
305.58	1.436
510.33	1.440
852.27	1.441

### Consolidazione Provino 3

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.139
0.14	0.262
0.23	0.429
0.39	0.623
1.08	1.097
1.81	1.301
5.05	1.544
8.44	1.577
14.09	1.608
39.29	1.629
65.61	1.643
109.58	1.657
182.98	1.661
305.58	1.672
510.33	1.680
852.27	1.682



$t_{100}$  min  
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

11.0

Provino 2

10.9

Provino 3

10.9

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

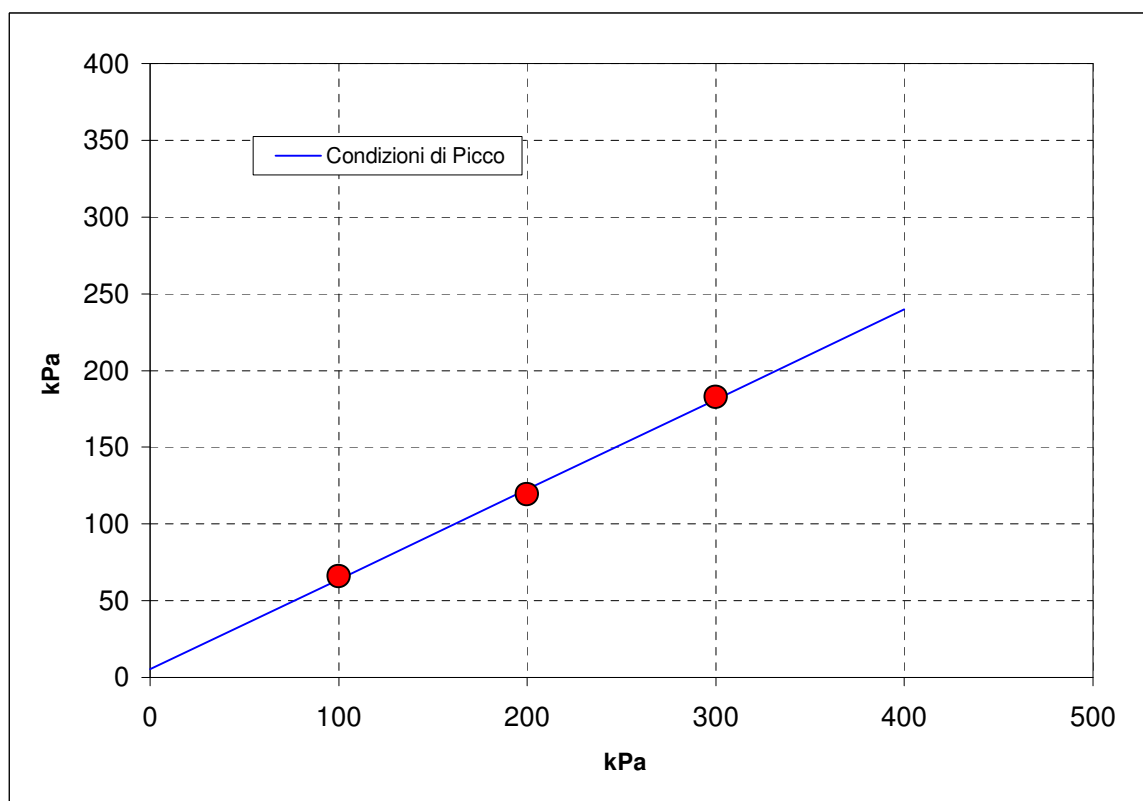
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9199 del 10/10/2011, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC e 7619/STC.

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH2SH2		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018

*Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.*

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Tensione di taglio (kPa)	65.72	119.19	182.89
Condizioni di Picco	Coesione: 5.44 kPa		Angolo di attrito: 30°



## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**


COMMESSA: 17669/18

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA: 21/03/18

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 18.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 57 GRADO DI QUALITA': AGI Q4 EC 7-3 Q1																																																			
	20	6	DESCRIZIONE: Limo con sabbia fina argilloso grigio																																																			
	50	-	<table><tr><td>W naturale (%)</td><td>32.7</td></tr><tr><td>γ naturale(Mg/m³)</td><td>1.86</td></tr><tr><td>γ secco (Mg/m³)</td><td>1.40</td></tr><tr><td>γ immerso (Mg/m³)</td><td>0.88</td></tr><tr><td>porosità (%)</td><td>48</td></tr><tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.92</td></tr><tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>96</td></tr><tr><td>massa specifica (Mg/m³)</td><td>2.694</td></tr></table> <table><tr><td colspan="4">PROVE ESEGUITE</td></tr><tr><td>Umidità Naturale</td><td>SI</td><td>Trassiale UU</td><td>-</td></tr><tr><td>Limiti Atterberg</td><td>SI</td><td>Trassiale CIU</td><td>-</td></tr><tr><td>Gran. Setacciatura</td><td>SI</td><td>Edometria</td><td>SI</td></tr><tr><td>Gran. Sedimentazione</td><td>SI</td><td>Taglio Diretto</td><td>SI</td></tr><tr><td>Peso di Volume</td><td>SI</td><td>Espansione L.L.</td><td>-</td></tr><tr><td>Peso Specifico</td><td>SI</td><td>Trassiale Cicl. + C.M.</td><td>-</td></tr><tr><td>Analisi Chimica</td><td>-</td><td>Colonna Risonante</td><td>-</td></tr><tr><td>Sostanza organica</td><td>-</td><td>Taglio Torsionale Cicl.</td><td>-</td></tr></table> <p>NOTE: La prova edometrica, i limiti di Atterberg e il peso specifico sono state eseguite sull'aliquota più fina del campione; l'analisi granulometrica e la prova di taglio diretto sono state eseguite sull'aliquota sabbiosa.</p>	W naturale (%)	32.7	γ naturale(Mg/m³)	1.86	γ secco (Mg/m³)	1.40	γ immerso (Mg/m³)	0.88	porosità (%)	48	indice dei vuoti	0.92	grado di saturazione (%)	96	massa specifica (Mg/m³)	2.694	PROVE ESEGUITE				Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-	Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-	Gran. Setacciatura	SI	Edometria	SI	Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	SI	Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-	Peso Specifico	SI	Trassiale Cicl. + C.M.	-	Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-	Sostanza organica	-	Taglio Torsionale Cicl.
W naturale (%)	32.7																																																					
γ naturale(Mg/m³)	1.86																																																					
γ secco (Mg/m³)	1.40																																																					
γ immerso (Mg/m³)	0.88																																																					
porosità (%)	48																																																					
indice dei vuoti	0.92																																																					
grado di saturazione (%)	96																																																					
massa specifica (Mg/m³)	2.694																																																					
PROVE ESEGUITE																																																						
Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-																																																			
Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-																																																			
Gran. Setacciatura	SI	Edometria	SI																																																			
Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	SI																																																			
Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-																																																			
Peso Specifico	SI	Trassiale Cicl. + C.M.	-																																																			
Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-																																																			
Sostanza organica	-	Taglio Torsionale Cicl.	-																																																			
18.50 basso																																																						

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## UMIDITA' DI UNA TERRA

### UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 sabbia fina argilloso grigio**

cod.bilancia 480

#### DETERMINAZIONE

1

2

TARA (g)

2.23

2.22

TERRA UMIDA (g)

147.42

91.48

TERRA ESSICATA\* (g)

111.82

69.34

UMDITA' DETERMINATA (%)

32.5

33.0

UMIDITA' CALCOLATA (%)

=

**32.7**

\* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli





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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® 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](#)

## MASSA VOLUMICA APPARENTE

### UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 sabbia fina argilloso grigio**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	43.14	43.14
ALTEZZA (cm)	2.01	2.01
DIAMETRO (cm)	5.99	5.99
MASSA LORDA (g)	147.99	148.88
MASSA VOLUMICA (Mg/m <sup>3</sup> )	1.85	1.87
<b>MEDIA (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>=</b>	<b>1.86</b>

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO

### UNI EN ISO 17892-3

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21/03/18

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 sabbia fina argilloso grigio**

cod.bilancia 480

determinazione picnometro n:	1 (pic. 001)	2 (pic. 002)
terra (g):	14.20	14.42
temperatura (°C):	21.0	21.0
picnometro + acqua (g):	149.15	149.46
picnometro + terra (g):	158.09	158.52
fattore K	0.9998	0.9998

Peso specifico determinato ( $\text{Mg/m}^3$ ):	2.699	2.690
---	-------	-------

Peso specifico calcolato ( $\text{Mg/m}^3$ ):	<b>2.694</b>
---	--------------

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

## LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)

**COMMITTENTE: GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**
**CANTIERE: Ravenna - Ponticelle**
**CAMPIONE: BH3SH1 m 18.00 - 18.50**
**COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018**
**VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18**
**GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00**

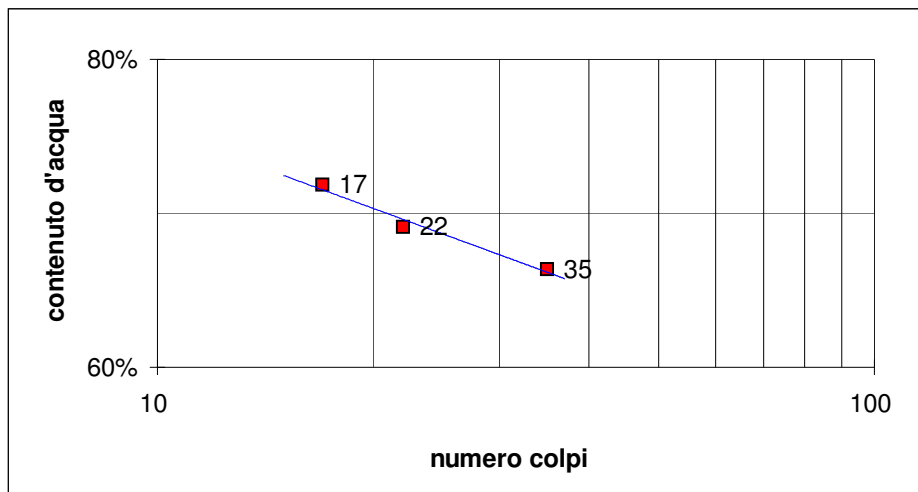
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**
**Limo con sabbia fina argilloso grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	35	22	17			
massa umida+ tara (g)	21.10	22.96	23.03	14.03	14.46	147.42
massa secca+ tara (g)	13.57	14.48	14.38	10.21	10.51	111.82
acqua contenuta (g)	7.53	8.48	8.65	3.82	3.95	35.60
tara (g)	2.22	2.21	2.34	2.20	2.34	2.23
peso secco (g)	11.35	12.27	12.04	8.01	8.17	109.59
contenuto d'acqua	66.3%	69.1%	71.8%	47.7%	48.3%	32.5%

<b>Umidità Naturale</b>	<b>Wn =</b>	<b>32%</b>
<b>Limite Liquido</b>	<b>LL =</b>	<b>69%</b>
<b>Limite Plastico</b>	<b>LP =</b>	<b>48%</b>
<b>Indice Plastico</b>	<b>IP =</b>	<b>21%</b>


Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con sabbia fina argilloso grigio**

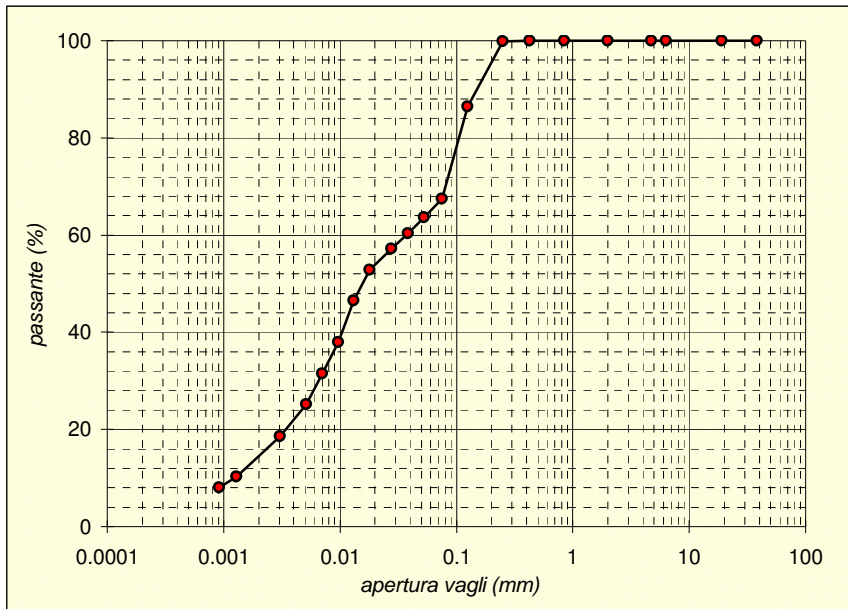
codici		vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
292	setaccio	0.850	0.00	0.00	0.00	100.00
293	setaccio	0.425	0.06	0.05	0.05	99.95
282	setaccio	0.250	0.10	0.09	0.15	99.85
283	setaccio	0.125	14.77	13.48	13.62	86.38
286	setaccio	0.075	20.67	18.86	32.48	67.52
-	calcolato	0.0530	4.27	3.90	36.38	63.62
-	calcolato	0.0383	3.52	3.22	39.60	60.40
-	calcolato	0.0276	3.52	3.22	42.81	57.19
-	calcolato	0.0179	4.70	4.29	47.10	52.90
-	calcolato	0.0131	7.05	6.43	53.53	46.47
-	calcolato	0.0097	9.40	8.57	62.11	37.89
-	calcolato	0.0071	7.05	6.43	68.54	31.46
-	calcolato	0.0051	6.84	6.24	74.78	25.22
-	calcolato	0.0031	7.25	6.62	81.40	18.60
-	calcolato	0.0013	9.19	8.38	89.78	10.22
-	calcolato	0.0009	2.35	2.14	91.92	8.08
-	calcolato	fondo	8.85	8.08	100.00	0.00
TOTALE			109.59		$\phi$ max (mm) = 0.5	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		49.99
t° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	33.0
21	60	31.5
21	120	30.0
21	300	28.0
21	600	25.0
21	1200	21.0
21	2400	18.0
21.5	4800	15.0
21	14400	12.0
21.5	86400	8.0
21.5	172800	7.0
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	32.5%	34.4%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	53.0%	51.1%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	14.5%	14.5%

Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. geol. Massimo Romagnoli





elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

edometro n: Ed 2 bilancia cod. 480 - calibro cod. 570 - picnometro cod. 545

#### NATURA DEL CAMPIONE:

Limo con argilla grigio

Dp	DH	epsilon	e	e (t100)	av	mv	M
(kPa)	(mm)	(%)			(cm <sup>2</sup> /daN)	(cm <sup>2</sup> /daN)	(MPa)
12.3	0.560	2.80	0.871	0.878			
24.5	0.984	4.92	0.830	0.835	0.333	0.173	0.58
49.1	1.623	8.12	0.769	0.785	0.251	0.130	0.77
98.1	2.383	11.91	0.696	0.710	0.149	0.077	1.29
196.2	3.384	16.92	0.599	0.613	0.098	0.051	1.96
392.4	4.441	22.20	0.498	0.520	0.052	0.027	3.71
784.8	5.527	27.64	0.393	0.410	0.027	0.014	7.22
1569.6	6.611	33.05	0.289	0.295	0.013	0.007	14.49
392.4	6.297	31.49	0.319	0.315			
98.1	5.739	28.69	0.373	0.367			

Dati provino

Altezza provino (mm)

Umidità (%):

Massa volumica apparente (Mg/m<sup>3</sup>):

Massa volumica apparente secca (Mg/m<sup>3</sup>):

Indice dei vuoti:

Grado di Saturazione (%):

Massa volumica reale (Mg/m<sup>3</sup>)

Iniziale

20.000

33.0

1.86

1.40

0.93

96

2.69

Finale

14.261

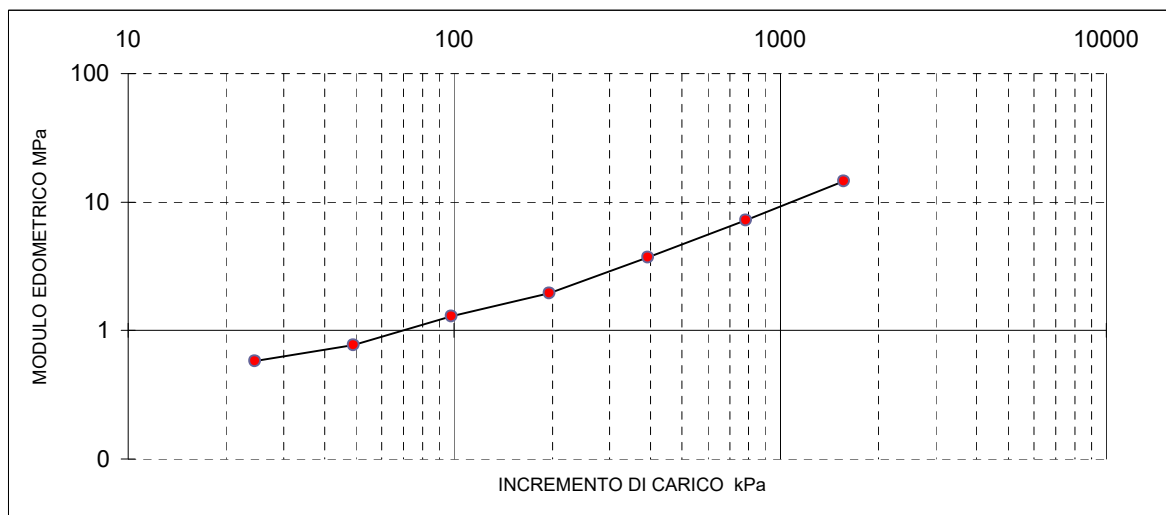
13.8

2.23

1.96

0.37

100



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

# **PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

## **norma ASTM D 2435 - method A**

**COMMITTENTE:** **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**
**CANTIERE:** **Ravenna - Ponticelle**
**CAMPIONE:** **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**
**COMMESSA:** 17669/18

**DURATA PROVE:**

30/03-07/05/2018

**VERBALE ACC.:**

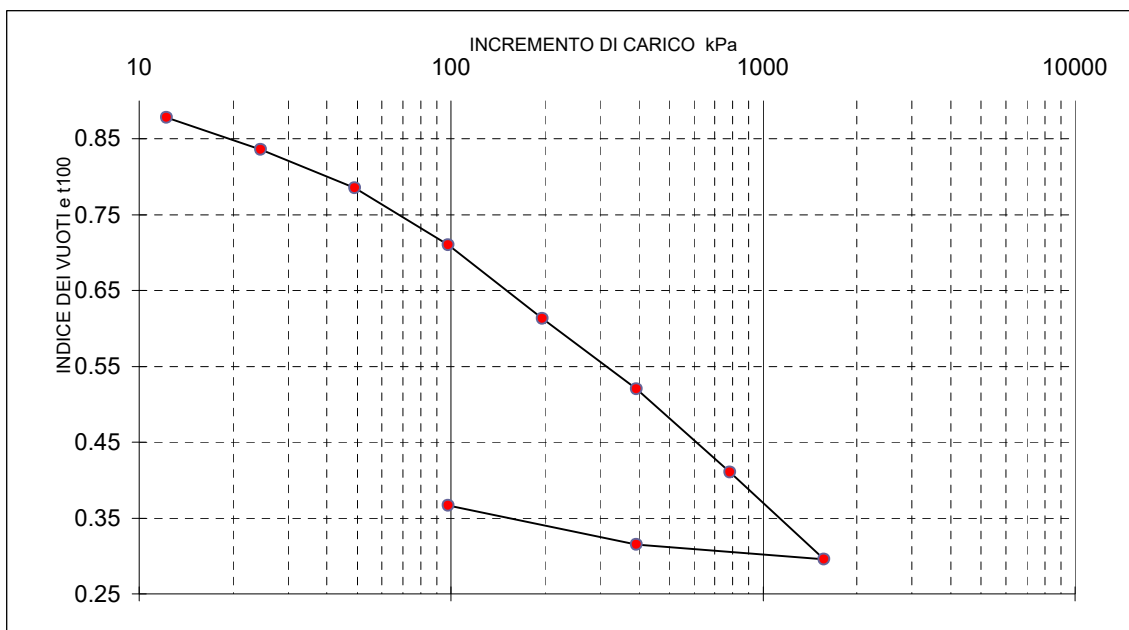
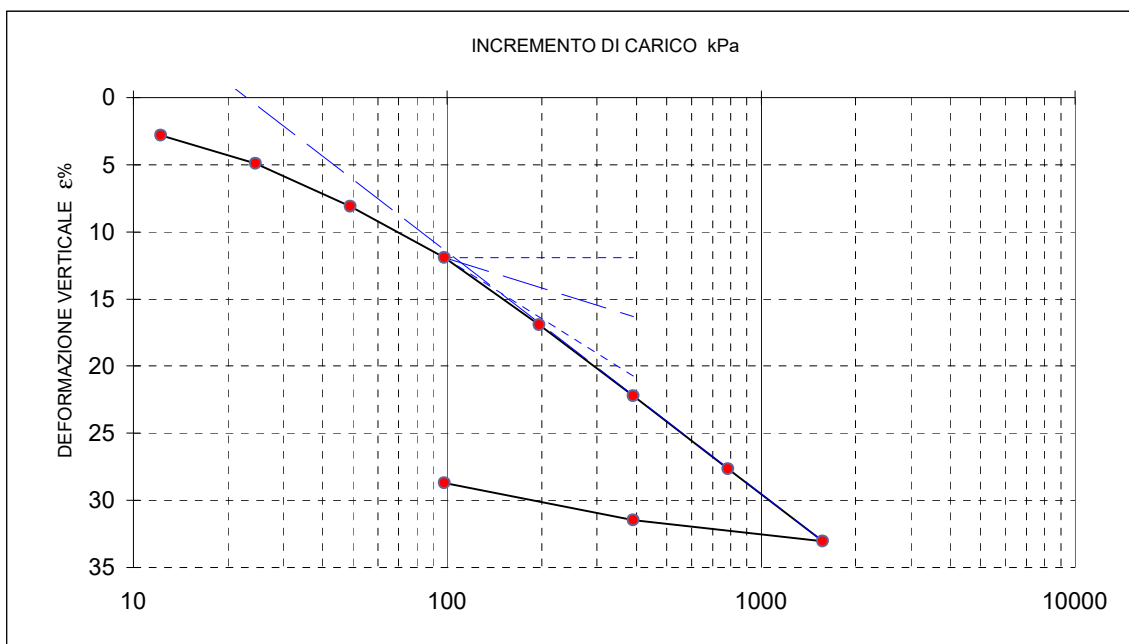
155/18

**DATA CONSEGNA:**

21/03/18

**GEO - CERT. n°:**

rev.00 del:





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)					
	12.3	24.5	49.1	98.1	196.2	392.4
0.08	0.135	0.635	1.081	1.697	2.464	3.466
0.14	0.148	0.639	1.087	1.707	2.476	3.482
0.23	0.158	0.644	1.100	1.725	2.493	3.506
0.39	0.171	0.650	1.110	1.740	2.513	3.527
1.08	0.207	0.668	1.139	1.777	2.555	3.587
1.81	0.225	0.678	1.159	1.798	2.589	3.627
5.05	0.272	0.714	1.214	1.878	2.702	3.748
8.44	0.301	0.735	1.252	1.932	2.788	3.839
14.09	0.328	0.763	1.296	1.994	2.874	3.947
39.29	0.400	0.826	1.388	2.132	3.062	4.130
65.61	0.433	0.857	1.433	2.186	3.129	4.193
109.58	0.465	0.885	1.471	2.232	3.182	4.240
182.98	0.489	0.910	1.499	2.264	3.227	4.277
305.58	0.507	0.931	1.524	2.290	3.267	4.308
510.33	0.523	0.946	1.549	2.318	3.296	4.345
852.27	0.533	0.961	1.572	2.339	3.337	4.379
1423.30	0.547	0.972	1.595	2.355	3.358	4.402
2376.93	0.560	0.984	1.623	2.383	3.384	4.441

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)				
	784.8	1569.6	392.4	98.1	
0.08	4.499	5.594	6.615	6.274	
0.14	4.514	5.608	6.601	6.267	
0.23	4.535	5.628	6.587	6.260	
0.39	4.565	5.658	6.571	6.252	
1.08	4.637	5.734	6.542	6.230	
1.81	4.680	5.790	6.523	6.212	
5.05	4.827	5.950	6.467	6.153	
8.44	4.926	6.057	6.437	6.115	
14.09	5.029	6.162	6.406	6.067	
39.29	5.214	6.336	6.350	5.945	
65.61	5.282	6.387	6.339	5.896	
109.58	5.326	6.433	6.333	5.856	
182.98	5.361	6.466	6.325	5.825	
305.58	5.400	6.502	6.318	5.800	
510.33	5.435	6.531	6.312	5.779	
852.27	5.477	6.561	6.307	5.762	
1423.30	5.491	6.575	6.306	5.754	
2376.93	5.527	6.611	6.297	5.739	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



# **PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

## **norma ASTM D 2435 - method A**

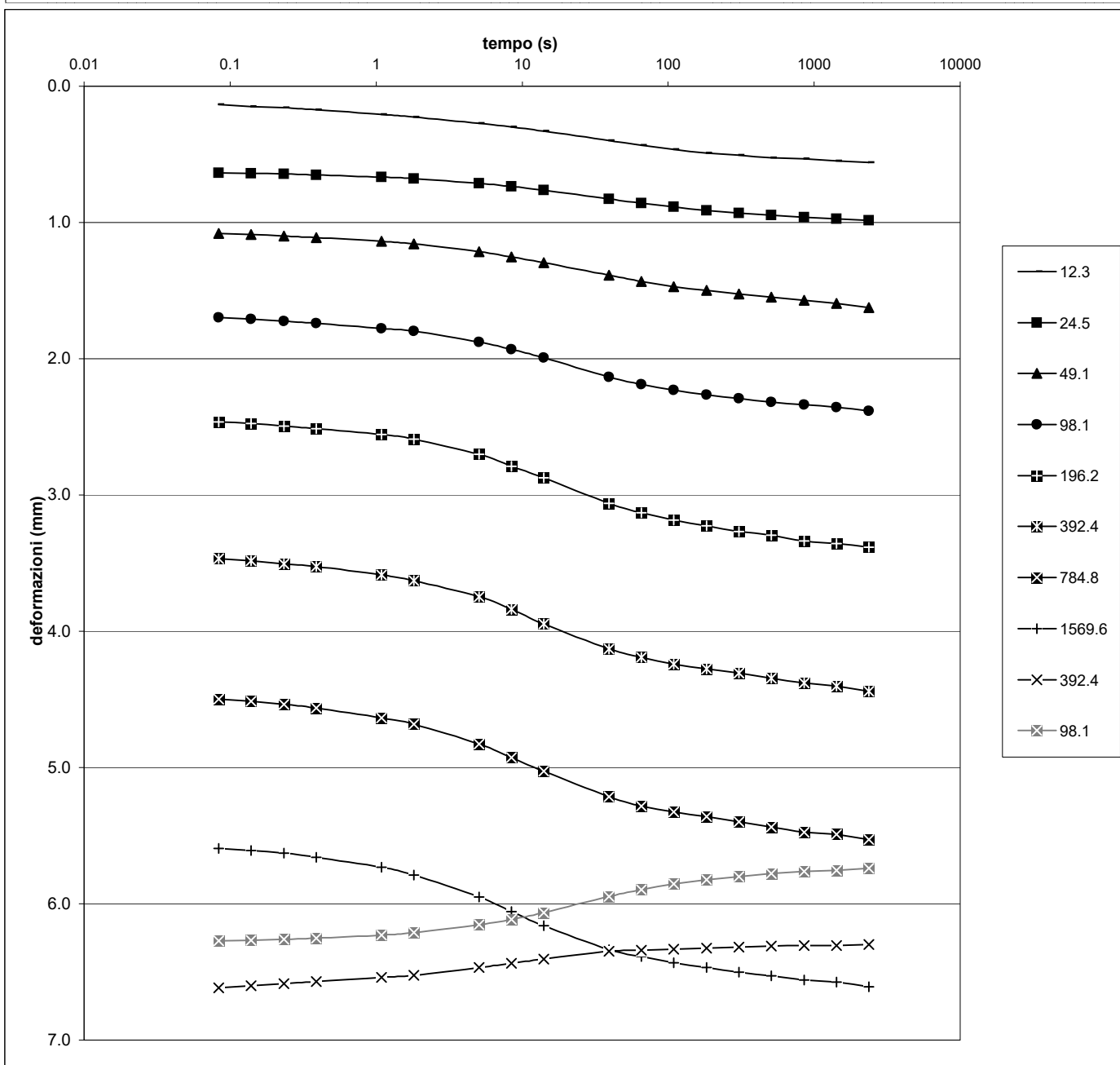
**COMMITTENTE:** GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)

**CANTIERE:** Ravenna - Ponticelle

**CAMPIONE:** BH3SH1 m 18.00 - 18.50

**COMMESSA:** 17669/18 **DURATA PROVE:** 30/03-07/05/2018

**VERBALE ACC.:** 155/18 **DATA CONSEGNA:** 21/03/18

**GEO - CERT. n°:** rev.00 del:

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

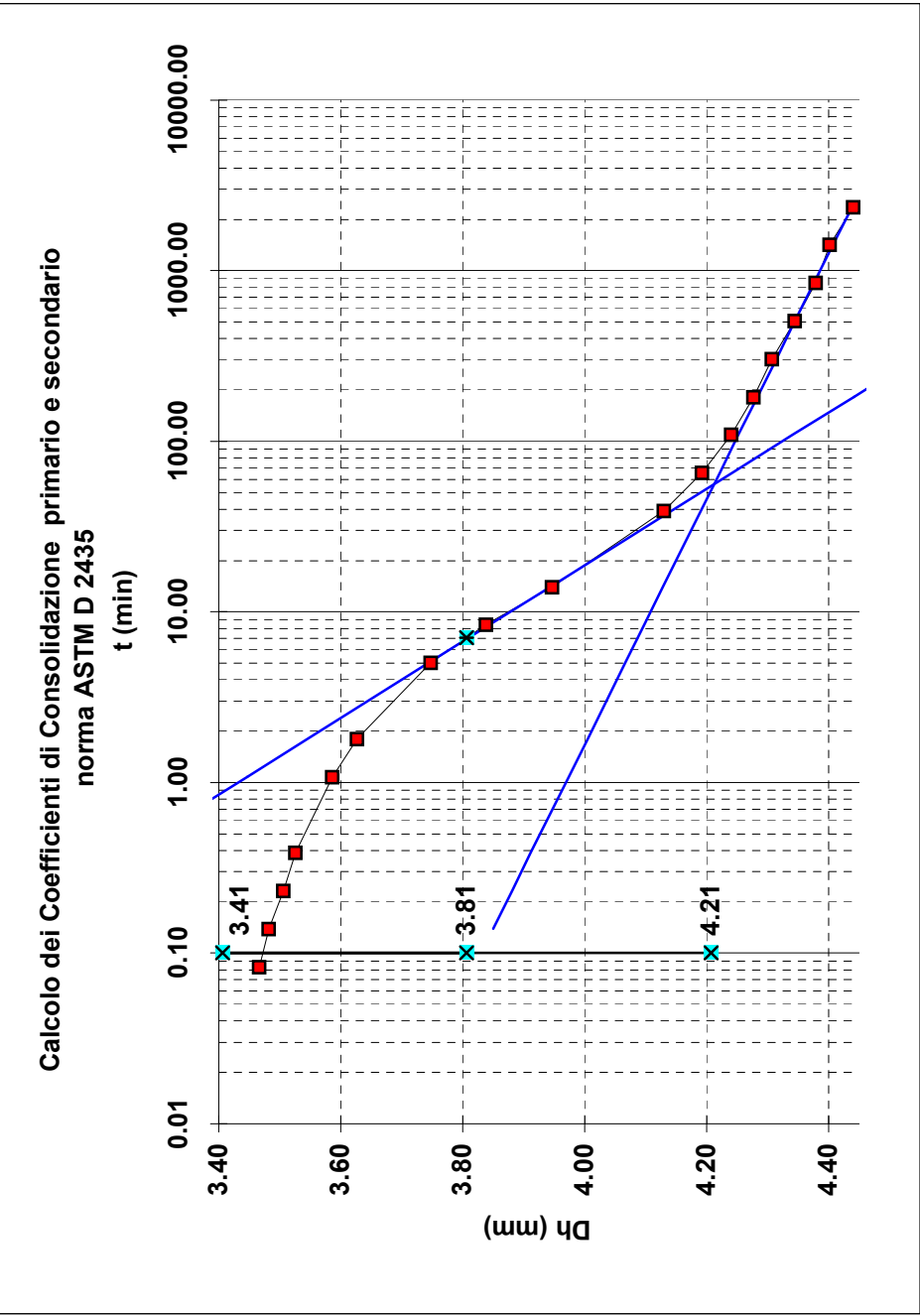
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	3.358
0.08	3.466
0.14	3.482
0.23	3.506
0.39	3.527
1.08	3.587
1.81	3.627
5.05	3.748
8.44	3.839
14.09	3.947
39.29	4.130
65.61	4.193
109.58	4.240
182.98	4.277
305.58	4.308
510.33	4.345
852.27	4.379
1423.30	4.402
2376.93	4.441

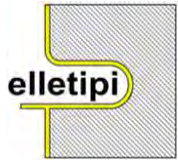
tf50 (min)	7.04
tf50 (sec)	423
k (m/s)	8.03E-11
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	3.04E-04
C alfa	8.35E-03

Pressione  
da(kPa) 196.2  
a (kPa) 392.4

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH3SH1
DATA DI CONSEGNA:	21/03/18
DURATA DELLE PROVE DAL:	13/02/17
AL:	15/02/17
COMMESSA:	17669/18
VERBALE ACC.:	155/18
CERTIFICATO n°:	0
rev.0 del:	00/01/00
Natura del Campione:	Limo con argilla grigio

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

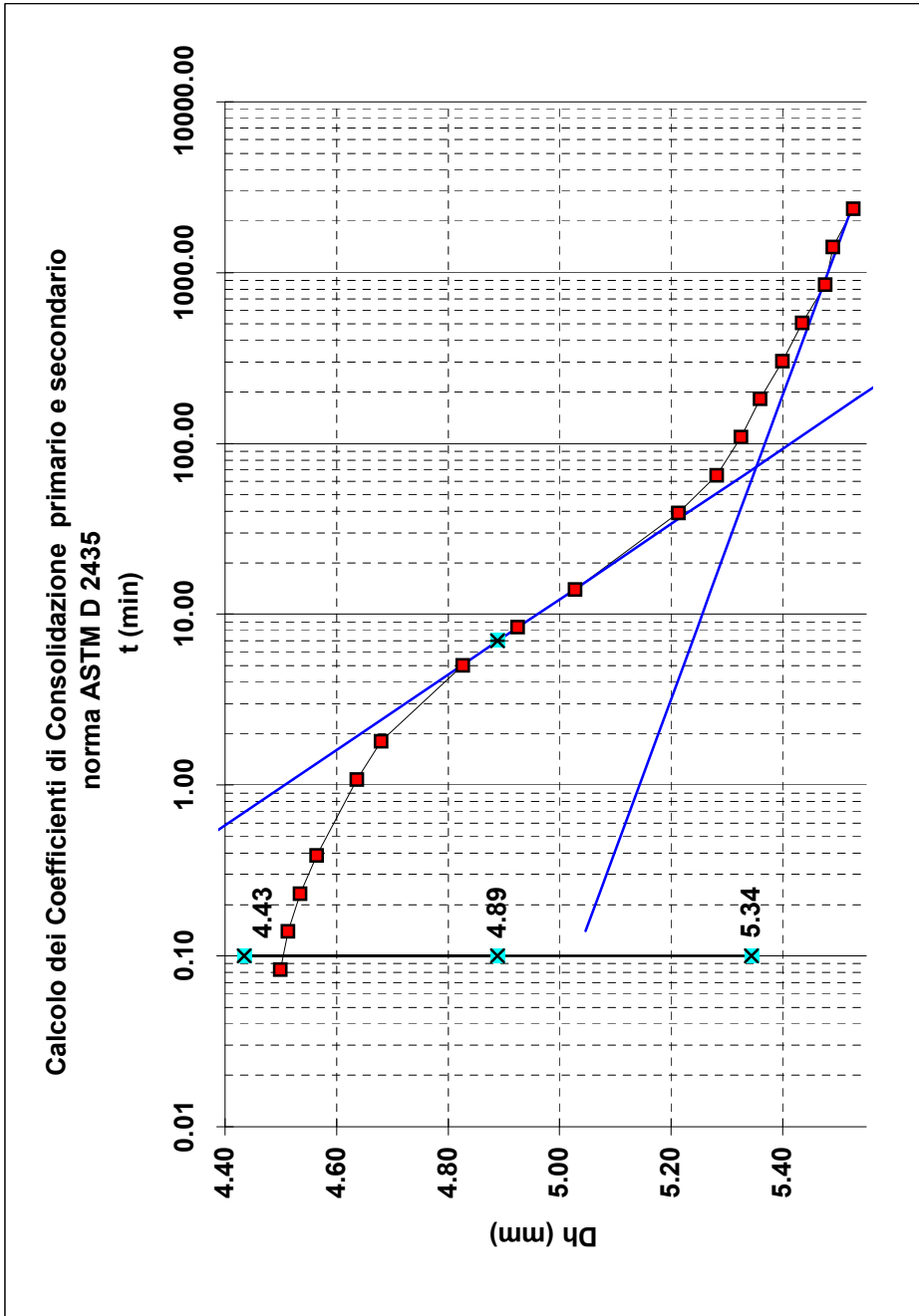
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)

H0 4.441  
0.08 4.499  
0.14 4.514  
0.23 4.535  
0.39 4.565  
1.08 4.637  
1.81 4.680  
5.05 4.827  
8.44 4.926  
14.09 5.029  
39.29 5.214  
65.61 5.282  
109.58 5.326  
182.98 5.361  
305.58 5.400  
510.33 5.435  
852.27 5.477  
1423.30 5.491  
2376.93 5.527

ts50 (min)	6.98
ts50 (sec)	419
k (m/s)	3.62E-11
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	2.67E-04
C alfa	7.24E-03

Pressione

da(kPa) 392.4  
a (kPa) 784.8

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH3SH1
DATA DI CONSEGNA:	21/03/18
DURATA DELLE PROVE DAL:	15/02/17
AL:	17/02/17
COMMESSA:	17669/18
VERBALE ACC.:	155/18
CERTIFICATO n°:	0
rev.0 del:	00/01/00
Natura del Campione:	Limo con argilla grigio

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



elletipi s.r.l.

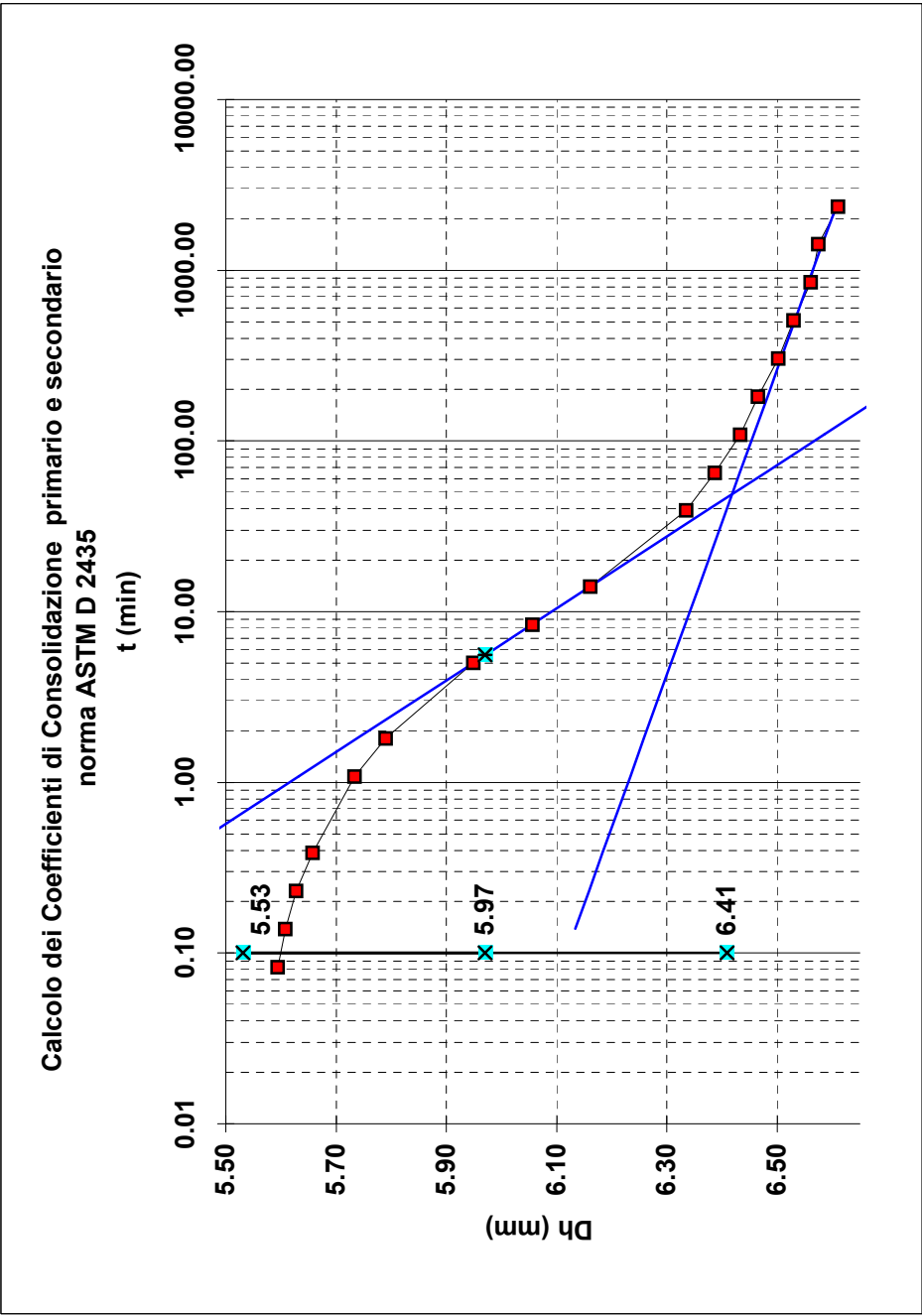
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)

H0

5.527  
5.594  
5.608  
5.628  
5.658  
5.734  
5.790  
5.950  
6.057  
6.162  
6.336  
6.387  
6.433  
6.466  
6.502  
6.531  
6.561  
6.575  
6.611  
2376.93

tf50 (min)

tf50 (sec)

k (m/s)

Cv (cm<sup>2</sup>/s)

C alfa

5.56

334

1.95E-11

2.88E-04

7.72E-03

Pressione

da(kPa)

a (kPa)

784.8

1569.6

COMMITTENTE:

CANTIERE:

CAMPIONE/PROFONDITA':

DATA DI CONSEGNA:

DURATA DELLE PROVE DAL:

AL:

GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)

Ravenna - Ponticelle

BH3SH1

21/03/18

17/02/17

19/02/17

COMMESSA:

VERBALE ACC.:

CERTIFICATO n°:

rev.0 del:

17669/18

155/18

0

00/01/00

Natura del Campione:

Limo con argilla grigio

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:

dott. Roberto Bellanova

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

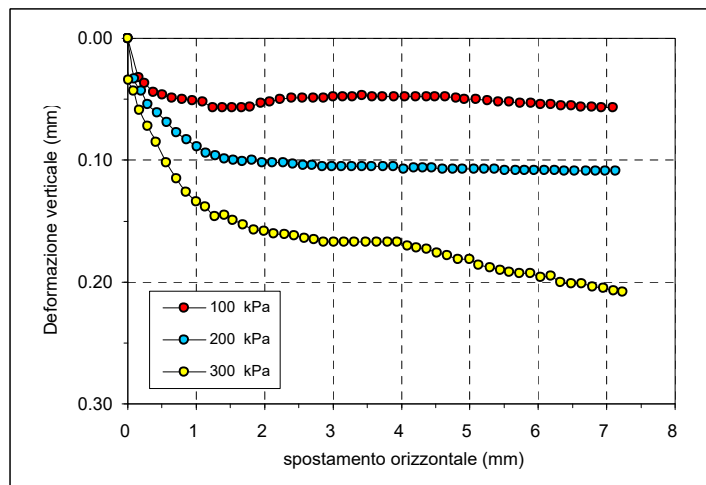
COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH3SH1 m 18.00 - 18.50		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018
GEO - CERT. n°:		rev.00 del:	

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

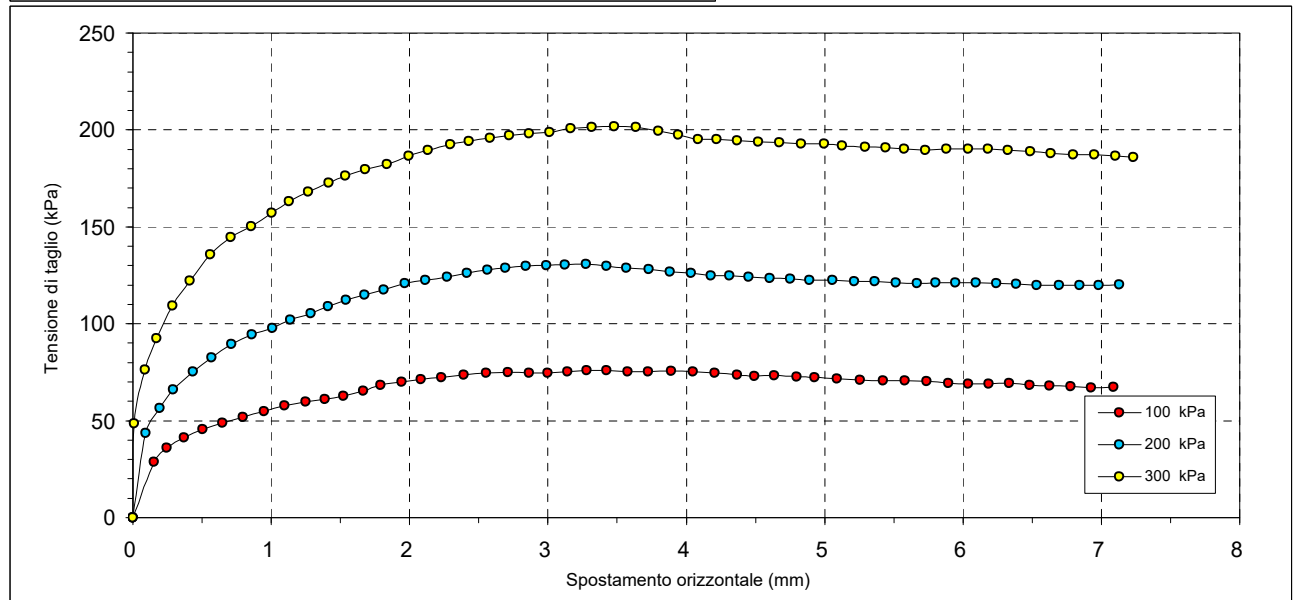
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 20$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo con sabbia fina e argilla grigio



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
$\sigma_v$ (kPa)	100	200	300
W ini (%)	32.5	33.0	33.2
$\gamma_{ini}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.85	1.86	1.88
$\gamma_{d ini}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.40	1.40	1.41
S ini (%)	94	96	98
W fin (%)	35.5	33.3	31.4
$\gamma_{fin}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.87	1.89	1.92
$\gamma_{d fin}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.38	1.42	1.46
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m <sup>3</sup> )	2.694		
H fine cons (mm)	19.985	19.889	19.837



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRAR  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi  
P IVA e Codice Fiscale n. 0017460038:

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquity  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC.

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH3SH1 m 18.00 - 18.50**  
COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018  
VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21/03/2018  
GEO - CERT. n°: rev.00 del:

PROVINO 1 100 kPa			PROVINO 2 200 kPa			PROVINO 3 300 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.155	28.577	0.032	0.094	43.679	0.033	0.007	48.631	0.034
0.246	36.040	0.037	0.194	56.553	0.043	0.086	76.288	0.043
0.372	41.345	0.044	0.291	66.067	0.054	0.169	92.310	0.059
0.503	45.412	0.046	0.434	75.156	0.061	0.287	109.392	0.072
0.647	48.949	0.049	0.569	82.407	0.069	0.411	122.089	0.085
0.794	51.920	0.050	0.711	89.551	0.077	0.559	135.741	0.102
0.947	54.785	0.051	0.860	94.326	0.083	0.709	144.583	0.115
1.098	57.649	0.052	1.009	97.792	0.089	0.854	150.277	0.126
1.248	59.701	0.057	1.138	101.894	0.094	1.003	157.351	0.134
1.388	61.221	0.057	1.285	105.290	0.096	1.128	163.080	0.138
1.524	62.884	0.057	1.411	109.145	0.099	1.268	168.103	0.146
1.665	65.430	0.057	1.540	112.151	0.100	1.415	172.806	0.145
1.789	68.436	0.056	1.675	114.874	0.101	1.536	176.449	0.149
1.943	70.063	0.053	1.813	117.421	0.100	1.681	179.562	0.153
2.081	71.478	0.052	1.966	120.957	0.102	1.839	182.462	0.157
2.231	72.185	0.050	2.116	122.372	0.102	1.993	186.494	0.158
2.393	73.565	0.049	2.273	124.141	0.102	2.132	189.642	0.160
2.556	74.697	0.049	2.417	126.263	0.103	2.295	192.436	0.161
2.710	74.944	0.049	2.564	127.677	0.104	2.429	194.169	0.162
2.862	74.590	0.049	2.694	128.738	0.104	2.581	195.937	0.164
3.000	74.732	0.048	2.842	129.799	0.105	2.721	197.316	0.165
3.143	75.192	0.048	2.988	130.153	0.105	2.863	198.024	0.167
3.282	75.934	0.048	3.123	130.507	0.105	3.010	198.731	0.167
3.424	76.005	0.047	3.276	130.860	0.105	3.166	200.747	0.167
3.575	75.439	0.048	3.426	129.799	0.105	3.316	201.560	0.167
3.727	75.192	0.048	3.567	128.703	0.105	3.479	201.808	0.167
3.891	75.475	0.048	3.731	128.279	0.105	3.637	201.313	0.167
4.048	75.192	0.048	3.882	126.793	0.105	3.798	199.474	0.167
4.207	74.555	0.048	4.036	126.263	0.107	3.940	197.387	0.167
4.368	73.742	0.048	4.179	124.989	0.106	4.087	195.159	0.170
4.493	73.105	0.048	4.314	124.848	0.106	4.221	195.088	0.172
4.638	73.317	0.048	4.449	124.247	0.106	4.368	194.522	0.173
4.798	72.751	0.049	4.602	123.469	0.107	4.519	193.709	0.176
4.926	72.221	0.050	4.750	123.080	0.107	4.673	193.390	0.178
5.090	71.513	0.050	4.889	122.443	0.107	4.832	193.001	0.181
5.254	70.877	0.051	5.059	122.478	0.107	4.997	192.754	0.181
5.422	70.523	0.052	5.214	121.948	0.107	5.128	191.728	0.186
5.581	70.806	0.052	5.363	121.700	0.107	5.294	191.127	0.188
5.737	70.205	0.053	5.514	121.311	0.108	5.443	191.021	0.190
5.894	69.356	0.053	5.666	121.028	0.108	5.574	190.349	0.192
6.036	68.932	0.054	5.801	121.205	0.108	5.728	189.642	0.193
6.185	69.179	0.054	5.945	121.099	0.108	5.883	190.349	0.193
6.333	69.250	0.055	6.095	121.311	0.108	6.036	190.349	0.196
6.481	68.436	0.055	6.241	120.922	0.108	6.181	190.349	0.195
6.627	68.012	0.056	6.384	120.604	0.109	6.325	189.642	0.200
6.779	67.588	0.056	6.534	119.896	0.109	6.488	188.934	0.201
6.927	67.163	0.057	6.696	119.896	0.109	6.634	187.908	0.201
7.089	67.517	0.057	6.842	119.896	0.109	6.796	187.201	0.204
			6.982	119.896	0.109	6.949	187.201	0.205
			7.129	120.250	0.109	7.102	186.494	0.207
						7.234	186.034	0.208

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH3SH1	m 18.00 - 18.50	
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018
GEO - CERT. n°:		rev.00 del:	

### Consolidazione Provino 1

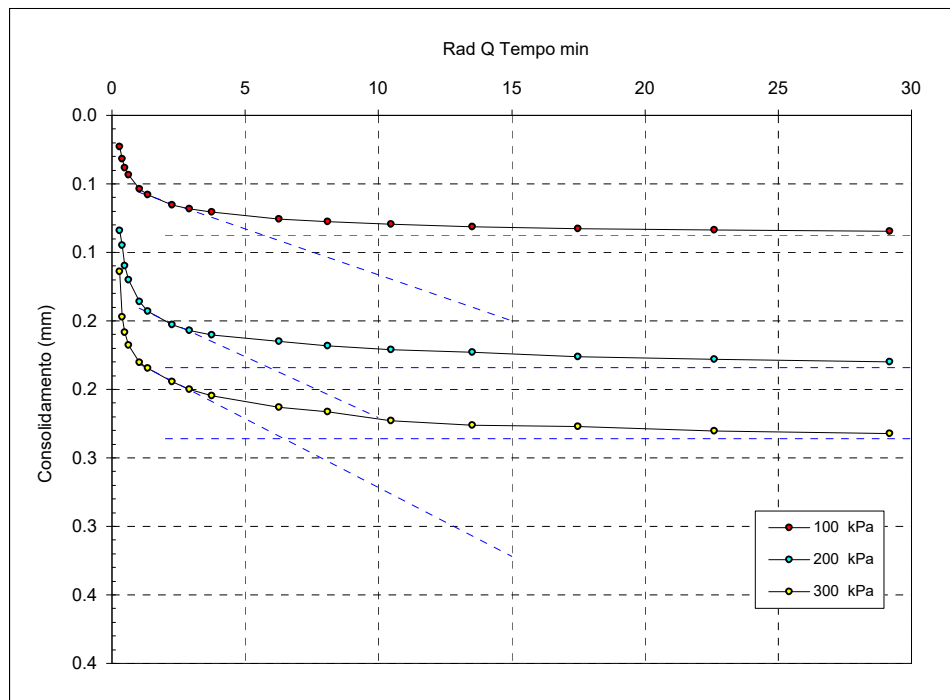
100 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.023
0.14	0.032
0.23	0.038
0.39	0.043
1.08	0.054
1.81	0.058
5.05	0.065
8.44	0.068
14.09	0.071
39.29	0.076
65.61	0.078
109.58	0.079
182.98	0.081
305.58	0.083
510.33	0.084
852.27	0.085

### Consolidazione Provino 2

200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.084
0.14	0.095
0.23	0.110
0.39	0.120
1.08	0.136
1.81	0.143
5.05	0.153
8.44	0.157
14.09	0.160
39.29	0.165
65.61	0.168
109.58	0.171
182.98	0.173
305.58	0.176
510.33	0.178
852.27	0.180

### Consolidazione Provino 3

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.114
0.14	0.147
0.23	0.159
0.39	0.168
1.08	0.180
1.81	0.185
5.05	0.194
8.44	0.200
14.09	0.205
39.29	0.213
65.61	0.216
109.58	0.223
182.98	0.226
305.58	0.227
510.33	0.231
852.27	0.232



t<sub>100</sub> min  
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

31.9

Provino 2

34.7

Provino 3

41.6

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova





**elletipi s.r.l.**

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRAR  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: [elletipi@libero.it](mailto:elletipi@libero.it) sito: [www.elletipi](http://www.elletipi)  
P IVA e Codice Fiscale n. 0017460038

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

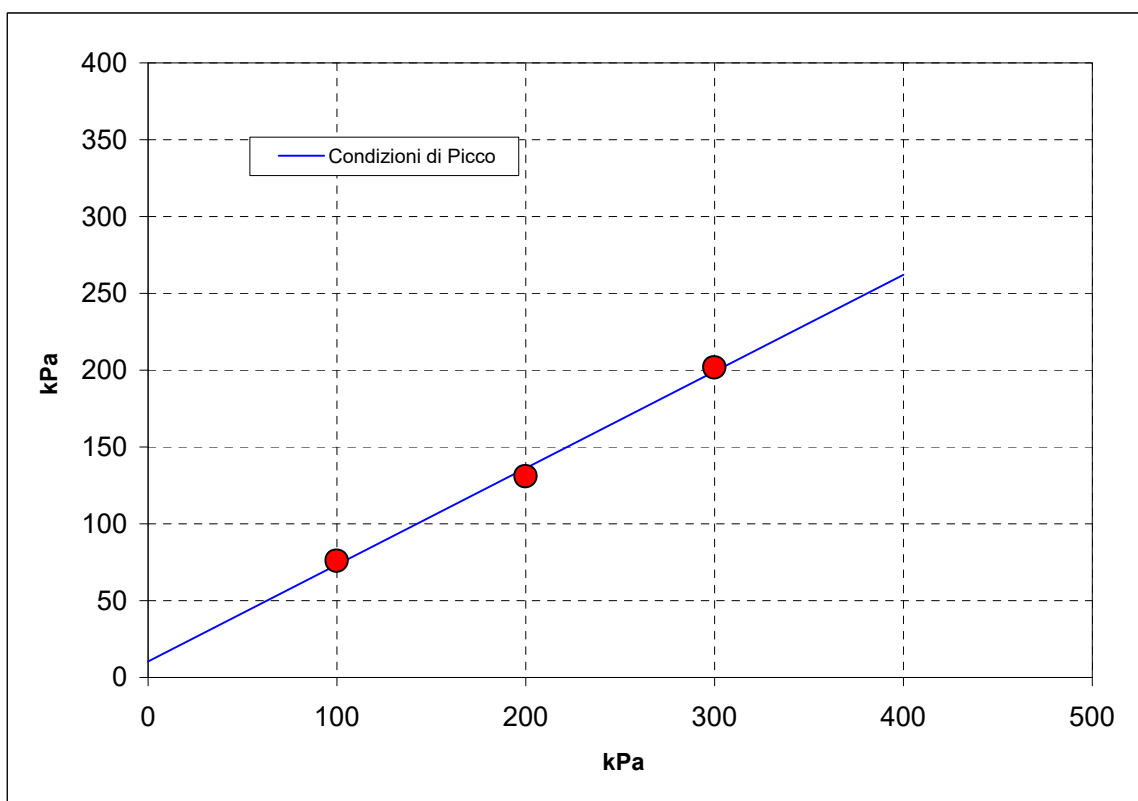
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9199 del 10/10/2011, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC e 7619/STC

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)		
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle		
CAMPIONE:	BH3SH1		
COMMESSA:	17669/18	DURATA PROVE:	30/03-07/05/2018
VERBALE ACC.:	155/18	DATA CONSEGNA:	21/03/2018

*Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.*

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Tensione di taglio (kPa)	76.01	130.86	201.81
Condizioni di Picco	Coesione: 10.42 kPa		Angolo di attrito: 32°




## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**  
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**  
CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**  
COMMESSA: 17669/18  
VERBALE ACC.: 155/18  
DATA CONSEGNA: 21-03-18

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 21.00		P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 57 GRADO DI QUALITA': AGI Q4 EC 7-3 Q1			
		-	-	DESCRIZIONE: Limo con sabbia argilloso grigio			
				W naturale (%) 28.5			
				$\gamma$ naturale(Mg/m <sup>3</sup> ) 1.87			
				$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.46			
				$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 0.92			
				porosità (%) 46			
				indice dei vuoti 0.86			
				grado di saturazione (%) 90			
				massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) 2.712			
PROVE ESEGUITE							
21.50 basso		-	-	Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-
				Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-
				Gran. Setacciatura	SI	Edometria	SI
				Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	-
				Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-
				Peso Specifico	SI	Trassiale Cicl. + C.M.	-
				Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-
				Sostanza organica	-	Taglio Torsionale Cicl.	-
NOTE: -							

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## UMIDITA' DI UNA TERRA

### UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21-03-18

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 sabbia argilloso grigio**

cod.bilancia 480

#### DETERMINAZIONE

1

2

TARA (g)

608.74

2.23

TERRA UMIDA (g)

1077.32

126.97

TERRA ESSICATA\* (g)

974.85

98.98

UMDITA' DETERMINATA (%)

28.0

28.9

UMIDITA' CALCOLATA (%)

=

**28.5**

\* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® 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](#)

## MASSA VOLUMICA APPARENTE

### UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21-03-18

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 sabbia argilloso grigio**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	49.04	49.04
ALTEZZA (cm)	2.00	2.00
DIAMETRO (cm)	5.00	5.00
MASSA LORDA (g)	122.45	122.89
MASSA VOLUMICA (Mg/m <sup>3</sup> )	1.87	1.88
<b>MEDIA (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>=</b>	<b>1.87</b>

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli



Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO

### UNI EN ISO 17892-3

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18

DURATA PROVE:

30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18

DATA CONSEGNA:

21-03-18

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 sabbia argilloso grigio**

cod.bilancia 480

determinazione	1	2
picnometro n:	(pic. 001)	(pic. 002)
terra (g):	14.33	14.78
temperatura (°C):	21.0	21.0
picnometro + acqua (g):	150.42	150.87
picnometro + terra (g):	159.46	160.21
fattore K	0.9998	0.9998

Peso specifico determinato (Mg/m <sup>3</sup> ):	2.708	2.716
--	-------	-------

Peso specifico calcolato (Mg/m <sup>3</sup> ):	<b>2.712</b>
--	--------------

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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00-01-00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

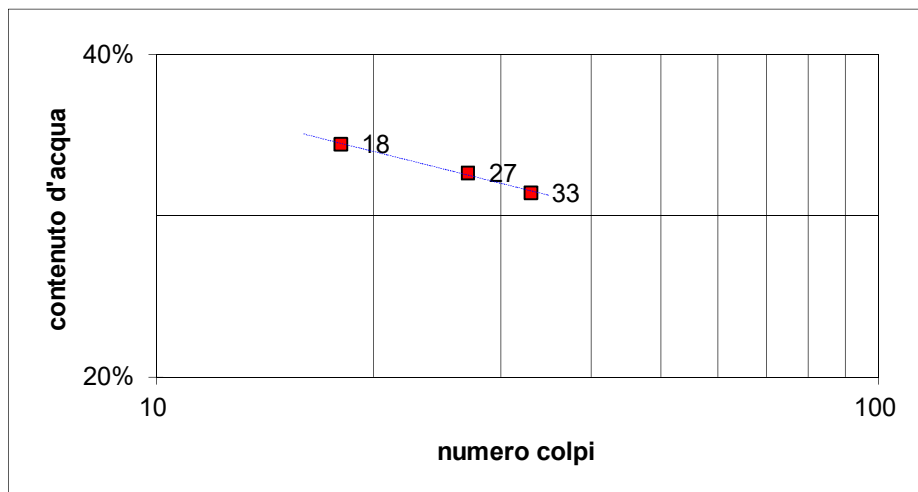
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con sabbia argilloso grigio**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	33	27	18			
massa umida+ tara (g)	23.64	24.87	25.64	12.68	13.21	1077.32
massa secca+ tara (g)	18.54	19.31	19.64	10.43	10.91	974.85
acqua contenuta (g)	5.10	5.56	6.00	2.25	2.30	102.47
tara (g)	2.33	2.30	2.23	2.23	2.36	608.74
peso secco (g)	16.21	17.01	17.41	8.20	8.55	366.11
contenuto d'acqua	31.5%	32.7%	34.5%	27.4%	26.9%	28.0%

Umidità Naturale	W <sub>n</sub> =	28%
Limite Liquido	LL =	33%
Limite Plastico	LP =	27%
Indice Plastico	IP =	6%



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: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00-01-00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

### ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

#### Limo con sabbia argilloso grigio

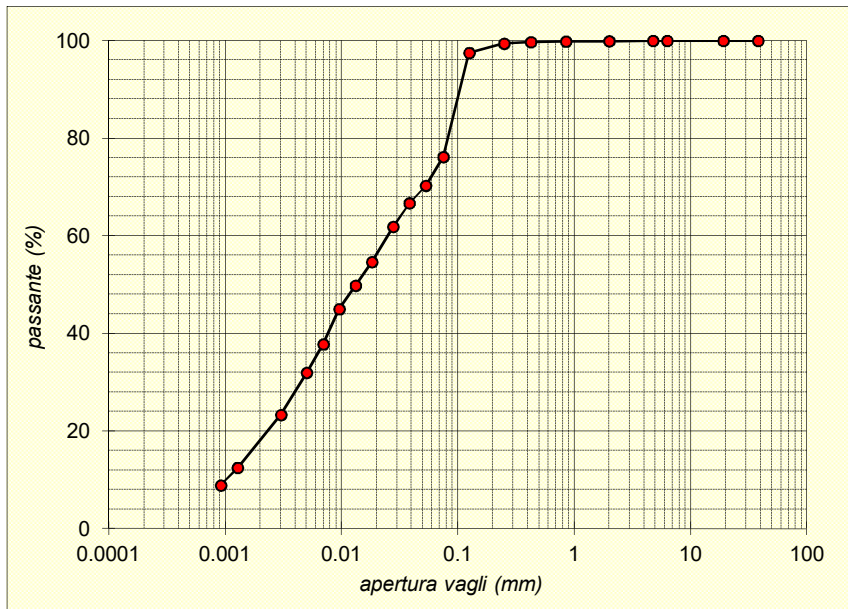
codici		vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.29	0.08	0.08	99.92
292	setaccio	0.850	0.24	0.07	0.14	99.86
293	setaccio	0.425	0.43	0.12	0.26	99.74
282	setaccio	0.250	1.08	0.29	0.56	99.44
283	setaccio	0.125	7.02	1.92	2.47	97.53
286	setaccio	0.075	78.09	21.33	23.80	76.20
-	calcolato	0.0531	21.54	5.88	29.69	70.31
-	calcolato	0.0383	13.23	3.61	33.30	66.70
-	calcolato	0.0278	17.64	4.82	38.12	61.88
-	calcolato	0.0183	26.47	7.23	45.35	54.65
-	calcolato	0.0132	17.64	4.82	50.17	49.83
-	calcolato	0.0096	17.64	4.82	54.99	45.01
-	calcolato	0.0070	26.47	7.23	62.22	37.78
-	calcolato	0.0050	21.28	5.81	68.03	31.97
-	calcolato	0.0030	31.65	8.65	76.68	23.32
-	calcolato	0.0013	39.70	10.84	87.52	12.48
-	calcolato	0.0009	13.23	3.61	91.14	8.86
-	fondo		32.46	8.86	100.00	0.00
TOTALE			366.11		$\phi$ max (mm) = 1.1	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		49.99
t° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	32.5
21	60	31.0
21	120	29.0
21	300	26.0
21	600	24.0
21	1200	22.0
21	2400	19.0
21.5	4800	16.5
21	14400	13.0
21	86400	8.5
21	172800	7.0
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.1%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	23.8%	26.7%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	58.1%	55.1%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	18.1%	18.1%

Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. geol. Massimo Romagnoli







elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

edometro n: Ed 1

bilancia cod. 480 - calibro cod. 570 - picnometro cod. 545

#### NATURA DEL CAMPIONE:

Limo con sabbia argilloso grigio

Dp	DH	epsilon	e	e (t100)	av	mv	M
(kPa)	(mm)	(%)			(cm <sup>2</sup> /daN)	(cm <sup>2</sup> /daN)	(MPa)
12.3	0.123	0.61	0.859	0.860			
24.5	0.208	1.04	0.851	0.853	0.065	0.035	2.87
49.1	0.354	1.77	0.838	0.841	0.055	0.030	3.37
98.1	0.615	3.08	0.813	0.815	0.050	0.027	3.75
196.2	0.936	4.68	0.783	0.786	0.031	0.016	6.11
392.4	1.308	6.54	0.748	0.752	0.018	0.009	10.56
784.8	2.150	10.75	0.670	0.682	0.020	0.011	9.33
1569.6	3.161	15.80	0.575	0.589	0.012	0.006	15.52
392.4	3.056	15.28	0.585	0.590			
98.1	2.941	14.70	0.596	0.594			

Dati provino

Altezza provino (mm)

Umidità (%):

Massa volumica apparente (Mg/m<sup>3</sup>):

Massa volumica apparente secca (Mg/m<sup>3</sup>):

Indice dei vuoti:

Grado di Saturazione (%):

Massa volumica reale (Mg/m<sup>3</sup>)

Iniziale

20.000

28.9

1.87

1.45

0.87

90

2.71

Finale

17.059

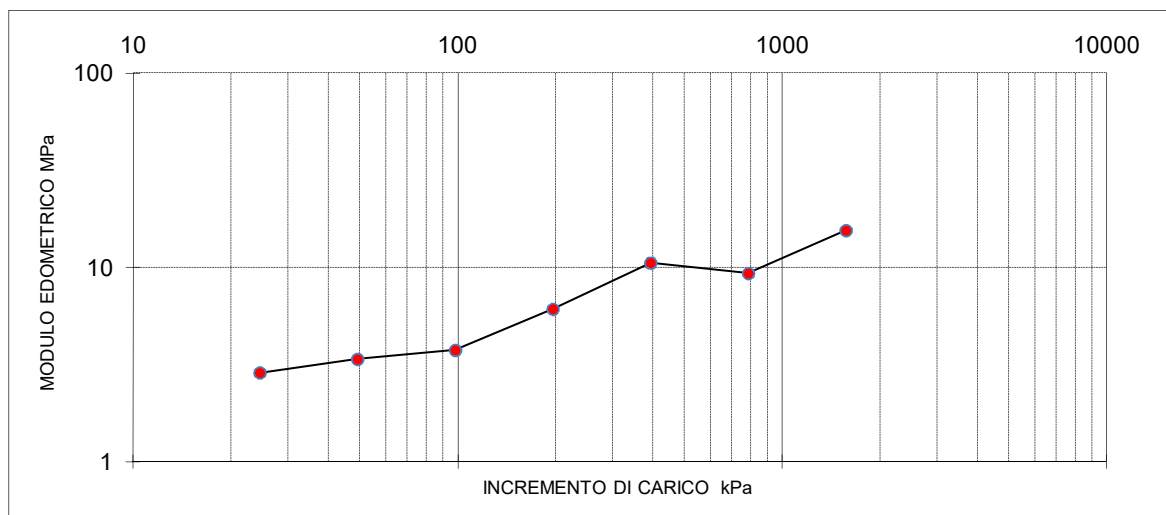
22.0

2.07

1.70

0.60

100



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

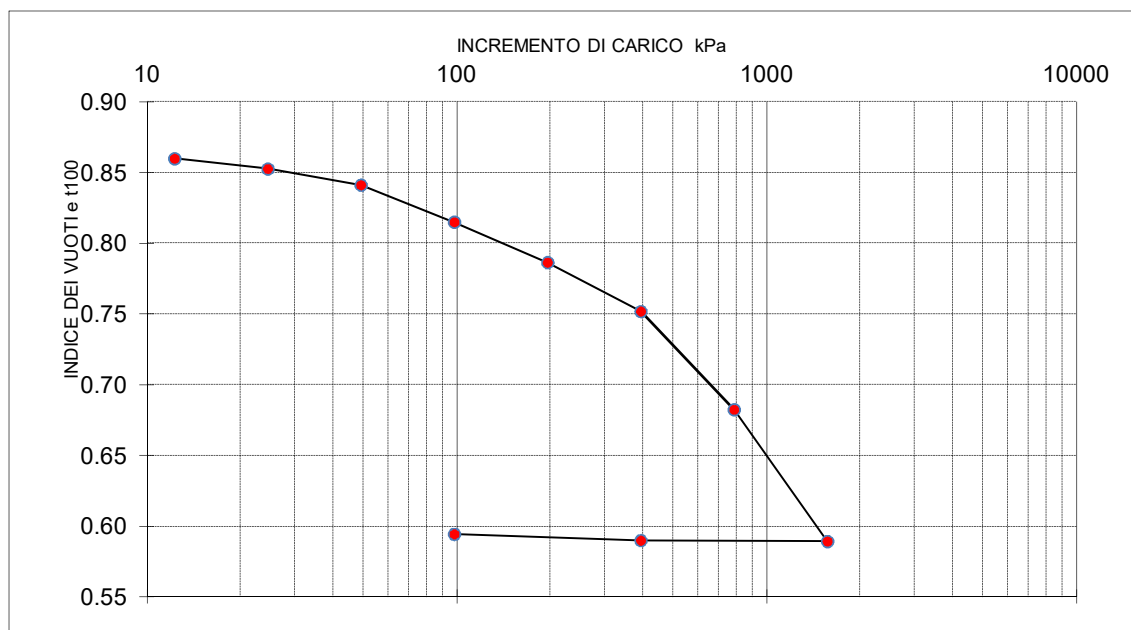
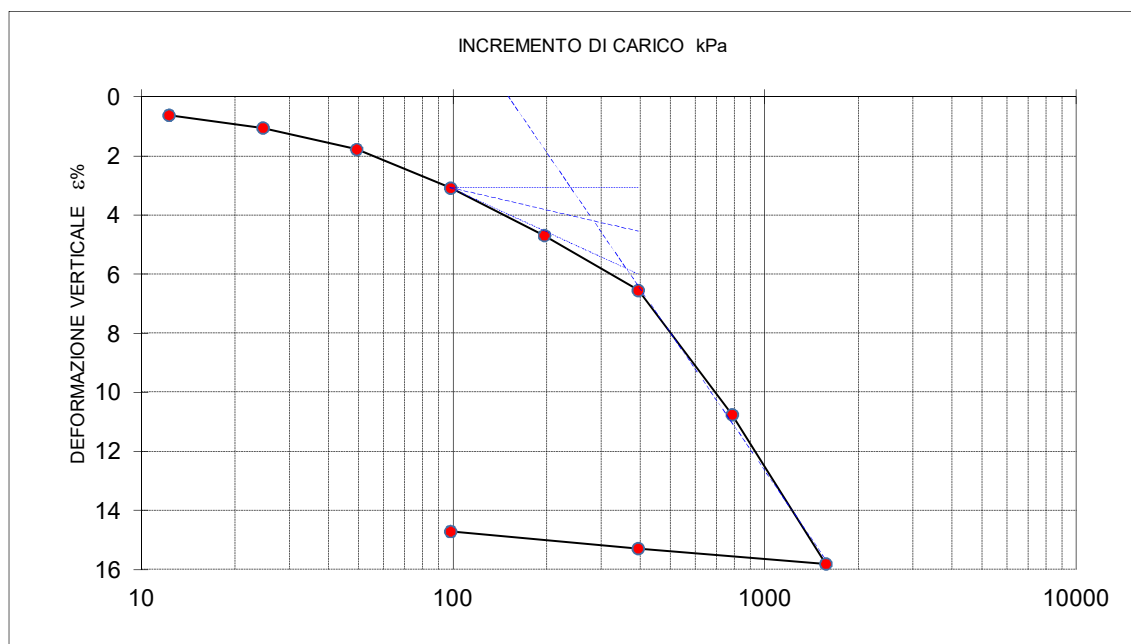
CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44122 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### norma ASTM D 2435 - method A

COMMITTENTE: **GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)**

CANTIERE: **Ravenna - Ponticelle**

CAMPIONE: **BH3SH2 m 21.00 - 21.50**

COMMESSA: 17669/18 DURATA PROVE: 30/03-07/05/2018

VERBALE ACC.: 155/18 DATA CONSEGNA: 21-03-18

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)					
	12.3	24.5	49.1	98.1	196.2	392.4
0.08	0.071	0.173	0.271	0.474	0.762	1.107
0.14	0.082	0.176	0.275	0.487	0.783	1.131
0.23	0.090	0.178	0.281	0.500	0.810	1.161
0.39	0.095	0.180	0.287	0.511	0.834	1.181
1.08	0.107	0.184	0.297	0.532	0.869	1.213
1.81	0.111	0.186	0.302	0.543	0.881	1.225
5.05	0.116	0.191	0.311	0.561	0.896	1.246
8.44	0.117	0.192	0.315	0.566	0.903	1.255
14.09	0.118	0.194	0.320	0.573	0.907	1.262
39.29	0.119	0.197	0.327	0.583	0.913	1.272
65.61	0.119	0.198	0.330	0.587	0.916	1.276
109.58	0.120	0.200	0.333	0.593	0.919	1.280
182.98	0.121	0.201	0.337	0.597	0.922	1.284
305.58	0.121	0.202	0.340	0.602	0.925	1.289
510.33	0.121	0.204	0.343	0.607	0.926	1.295
852.27	0.122	0.206	0.347	0.610	0.931	1.301
1423.30	0.123	0.206	0.350	0.613	0.933	1.304
2376.93	0.123	0.208	0.354	0.615	0.936	1.308

tempo (minuti)	cedimenti (mm) agli incrementi di carico (kPa)				
	784.8	1569.6	392.4	98.1	
0.08	1.559	2.417	3.085	3.002	
0.14	1.622	2.501	3.079	2.995	
0.23	1.718	2.613	3.074	2.989	
0.39	1.790	2.718	3.070	2.983	
1.08	1.917	2.862	3.065	2.970	
1.81	1.961	2.920	3.063	2.965	
5.05	2.011	2.990	3.061	2.960	
8.44	2.029	3.007	3.059	2.958	
14.09	2.046	3.025	3.059	2.956	
39.29	2.068	3.056	3.058	2.951	
65.61	2.079	3.069	3.058	2.949	
109.58	2.089	3.080	3.057	2.948	
182.98	2.096	3.093	3.057	2.946	
305.58	2.104	3.107	3.057	2.945	
510.33	2.116	3.121	3.057	2.944	
852.27	2.129	3.137	3.057	2.943	
1423.30	2.134	3.145	3.056	2.942	
2376.93	2.150	3.161	3.056	2.941	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

# **PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

## **norma ASTM D 2435 - method A**

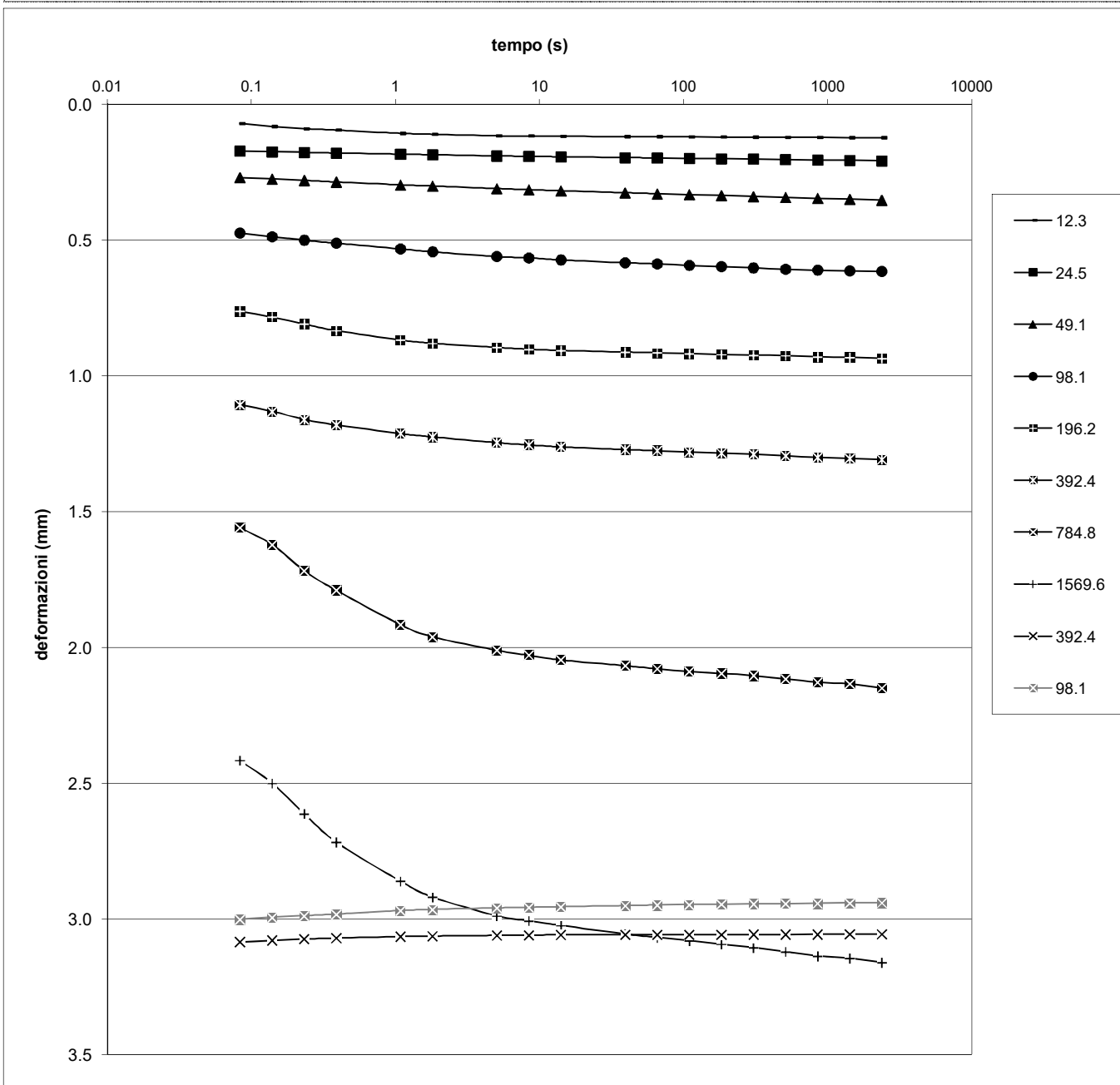
**COMMITTENTE:** GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)

**CANTIERE:** Ravenna - Ponticelle

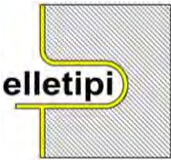
**CAMPIONE:** BH3SH2 m 21.00 - 21.50

**COMMESSA:** 17669/18 **DURATA PROVE:** 30/03-07/05/2018

**VERBALE ACC.:** 155/18 **DATA CONSEGNA:** 21-03-18

**GEO - CERT. n°:** rev.00 del:

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

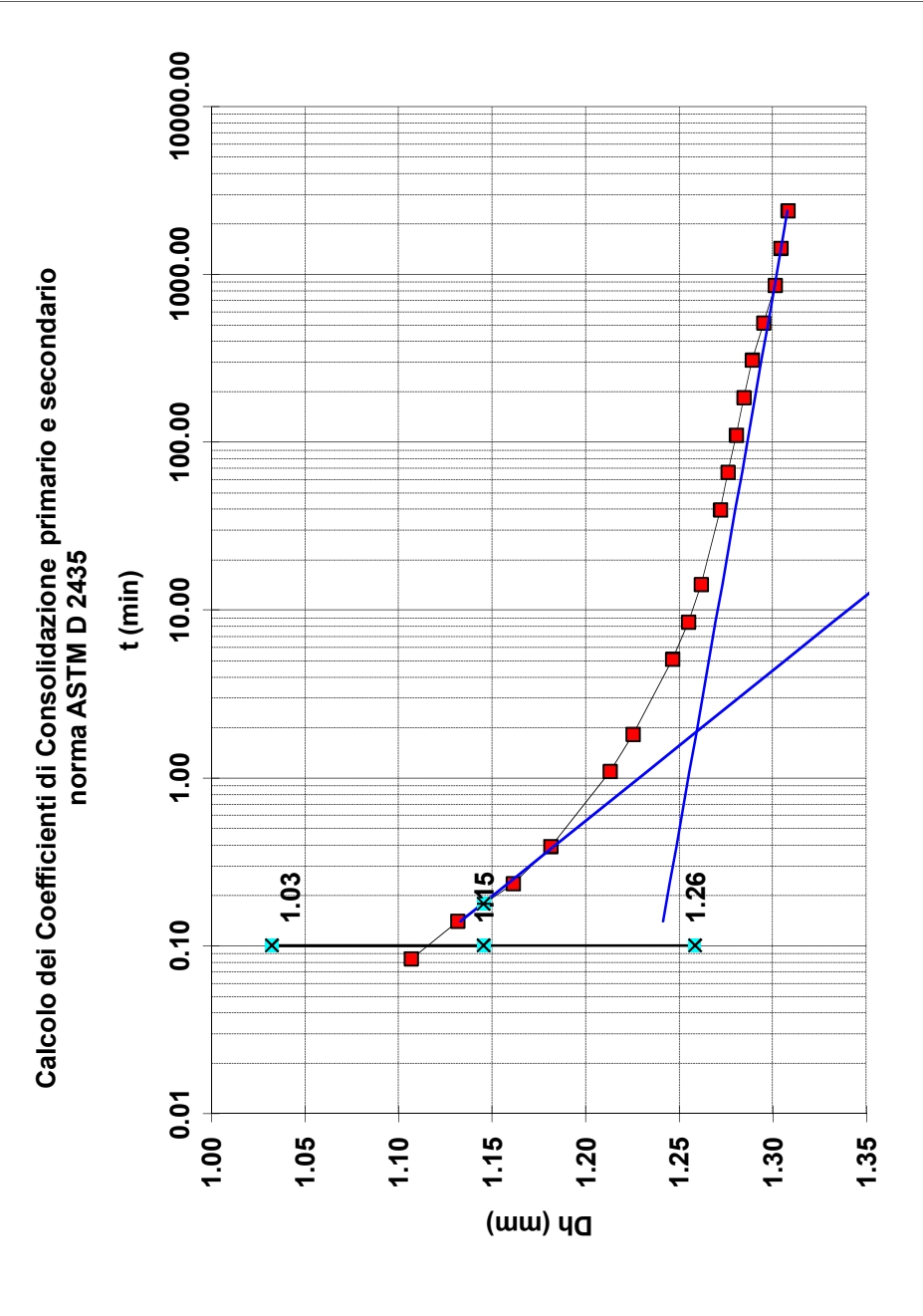


**elletipi s.r.l.**  
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.933
0.08	1.107
0.14	1.131
0.23	1.161
0.39	1.181
1.08	1.213
1.81	1.225
5.05	1.246
8.44	1.255
14.09	1.262
39.29	1.272
65.61	1.276
109.58	1.280
182.98	1.284
305.58	1.289
510.33	1.295
852.27	1.301
1423.30	1.304
2376.93	1.308

ts50 (min)	0.18
ts50 (sec)	11
k (m/s)	1.54E-09
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.66E-02
C alfa	8.24E-04

Pressione	
da(kPa)	196.2
a (kPa)	392.4

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH3SH2
DATA DI CONSEGNA:	21-03-18
DURATA DELLE PROVE DAL:	13-02-17
AL:	15-02-17

COMMESSA:	17669/18	Natura del Campione:
VERBALE ACC.:	155/18	Limo con sabbia argilloso grigio
CERTIFICATO n°:	0	
rev.0 del:	00-01-00	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

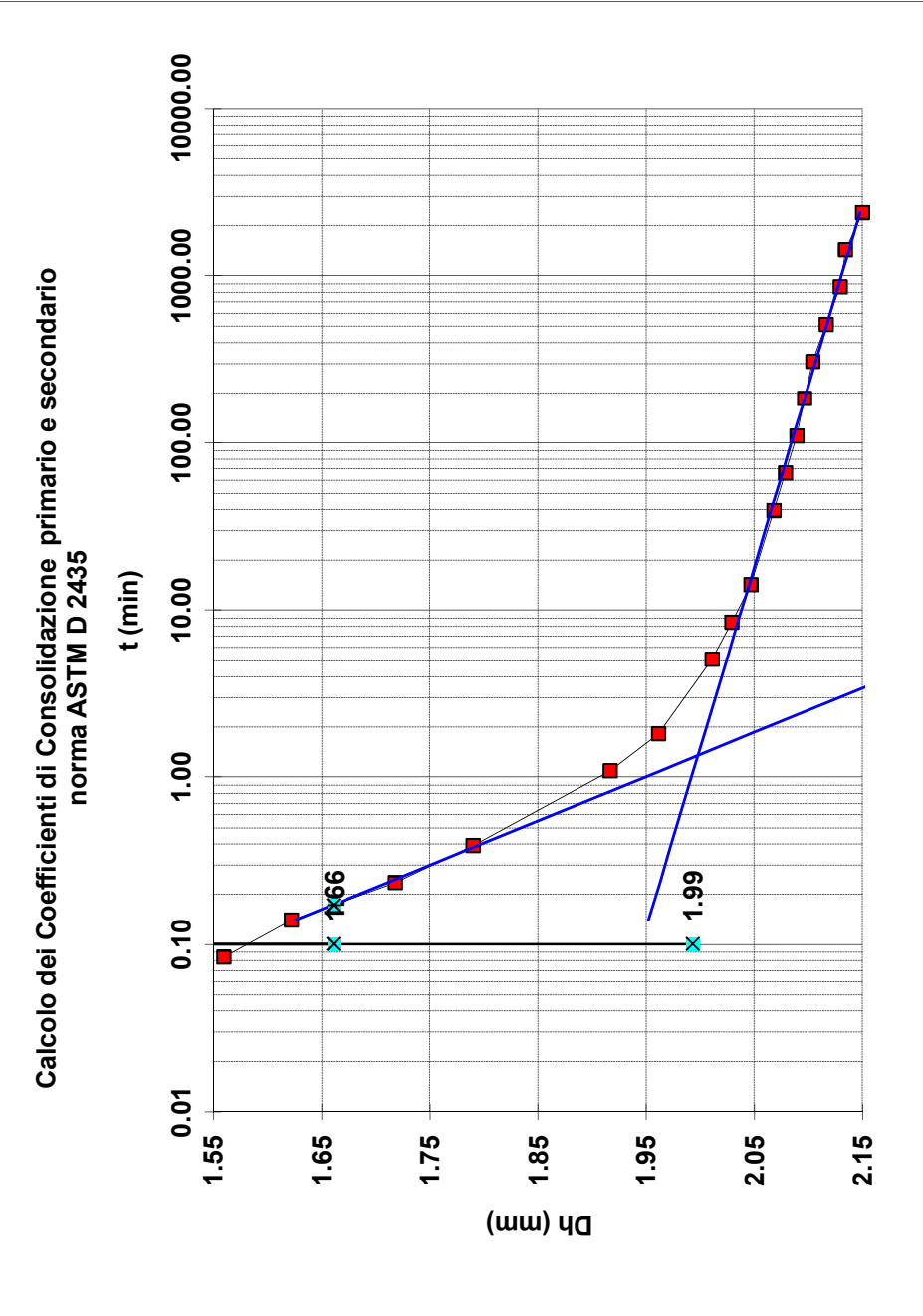


**elletipi s.r.l.**  
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	1.308
0.08	1.559
0.14	1.622
0.23	1.718
0.39	1.790
1.08	1.917
1.81	1.961
5.05	2.011
8.44	2.029
14.09	2.046
39.29	2.068
65.61	2.079
109.58	2.089
182.98	2.096
305.58	2.104
510.33	2.116
852.27	2.129
1423.30	2.134
2376.93	2.150

t50 (min)	0.17
t50 (sec)	10
k (m/s)	1.68E-09
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.60E-02
C alfa	2.47E-03

Pressione	
da(kPa)	392.4
a (kPa)	784.8

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH3SH2
DATA DI CONSEGNA:	21-03-18
DURATA DELLE PROVE DAL:	15-02-17
AL:	17-02-17

COMMESSA:	17669/18	Natura del Campione:
VERBALE ACC.:	155/18	Limo con sabbia argilloso grigio
CERTIFICATO n°:	0	
rev.0 del:	00-01-00	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

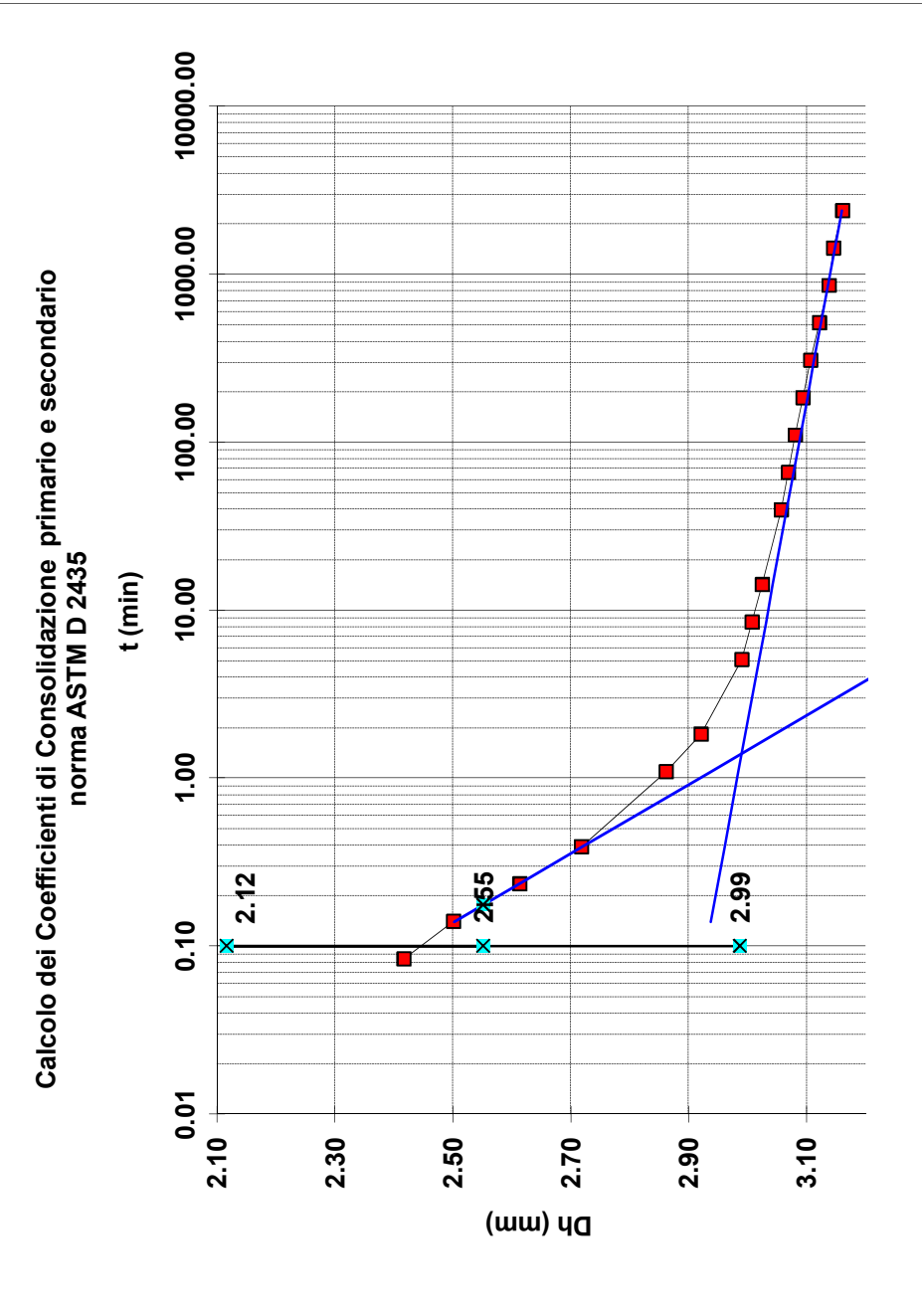


**elletipi s.r.l.**  
Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007

® sito: [www.elletipi.it](http://www.elletipi.it) - email: [info@elletipi.it](mailto:info@elletipi.it)

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



Tempo (min)	Dh (mm)
H0	2.150
0.08	2.417
0.14	2.501
0.23	2.613
0.39	2.718
1.08	2.862
1.81	2.920
5.05	2.990
8.44	3.007
14.09	3.025
39.29	3.056
65.61	3.069
109.58	3.080
182.98	3.093
305.58	3.107
510.33	3.121
852.27	3.137
1423.30	3.145
2376.93	3.161

ts50 (min)	0.18
ts50 (sec)	11
k (m/s)	8.93E-10
Cv (cm <sup>2</sup> /s)	1.41E-02
C alfa	2.94E-03

Pressione	
da (kPa)	784.8
a (kPa)	1569.6

COMMITTENTE:	GAIA S.n.c.-Via Vittorio Veneto 22 - Bondeno (BO)
CANTIERE:	Ravenna - Ponticelle
CAMPIONE/PROFONDITA':	BH3SH2
DATA DI CONSEGNA:	21-03-18
DURATA DELLE PROVE DAL:	17-02-17
AL:	19-02-17

COMMESSA:	17669/18	Natura del Campione:
VERBALE ACC.:	155/18	Limo con sabbia argilloso grigio
CERTIFICATO n°:	0	
rev.0 del:	00-01-00	

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova