

**SETTORE PIANIFICAZIONE TERRITORIALE  
SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E  
PROGETTAZIONE  
UFFICIO PUA PROGETTAZIONE E GESTIONE**

PROGRAMMA D'AREA L.R. N°30/96  
**PIANO DI RECUPERO DI  
INIZIATIVA PUBBLICA  
ZONA A1.1 E A3  
AREA SAN ROCCO**



**R 05**  
**RELAZIONE  
GEOLOGICO TECNICA**

APRILE 2019

**COMUNE DI FERRARA**

*Sindaco* Tiziano Tagliani  
*Assessore* Roberta Fusari  
*Autorità Programma*  
*Speciale d'Area* Fulvio Rossi  
*Capo Settore Responsabile Unico  
del Procedimento* Davide Tumati  
*Servizio Pianificazione Territoriale-  
Progettazione* Paolo Perelli  
*Servizio Ambiente* Alessio Stabellini  
*UO Piani Urbanistici Attuativi* Barbara Bonora  
*UO Mobilità* Monica Zanmarini

**AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA**

*Direttore Generale* Tiziano Carradori

**AZIENDA UNITA' SANITARIA LOCALE**

*Direttore Generale* Claudio Vagnini

**Servizio Comune Tecnico e Patrimonio**

**AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA**

**e AZIENDA USL DI FERRARA**

Flavia Sani, Chiara Turbinati, Giovanni  
Peressotti

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA**

*Rettore* Giorgio Zauli

*Area tecnica* Giuseppe Galvan, Simone  
Tracchi

**GRUPPO DI PROGETTO**

*Quadro conoscitivo e 1° progetto* Zaira  
Sangiorgi, Francesca Guerzoni, Davide  
Manfredini, Giada Guzzinati

*2° progetto* Davide Manfredini, Paola Onorati  
*Atti Amministrativi* Monica Pellati

*Rilievi ed Elaborazioni 3D* Francesca Guerzoni,  
Maria Chiara Menegatti, Massimo Scapoli

*Ricerca storica* Francesco Scafuri, Sandra  
Sarasini

*Indagini ambientali* Lorella Dall'olio, Cristian  
Rizzi

*Rapporto Ambientale* Francesca Borea, Paola  
Ricciardi

*Analisi Traffico* Mauro Cilio

*Collaboratori* Matteo Manfredini, Altea  
Panebianco, Monica Sandulli

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE PARTECIPATA**

Anna Rosa Fava, Ivana Cambi, Fabio De Luigi,  
Rita Tartari, Maria Cristina Fiorentini, Valentina  
Caroli, Paola Tommasini, Caterina Malucelli,  
Cinzia Graps, Patrizio Fergnani, Giorgio  
Maghini, Rosa Fogli, Chiara Porretta, Ilenia  
Crema, Silvia Chillemi

**CONSULENZE**

**UNIVERSITA' DI FERRARA\_ DIPARTIMENTO DI**

**ARCHITETTURA** Daniele Pini, Gabriele Lelli,

Andrea Rinaldi

**ARPAE\_Direzione Tecnica** Paolo Cagnoli

**URBANISTICA PARTECIPATA** Giovanni  
Ginocchini





## Comune di Ferrara

Committente:  
Comune di Ferrara

Località:  
Arcispedale S. Anna  
Corso Giovecca, 203  
Ferrara

22 Marzo 2011

### **RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA per il piano di recupero di iniziativa Pubblica, area Arcispedale S. Anna**

**Dott. Geol. Riccardo MARI**



## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE .....</b>	<b>4</b>
2.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO .....	4
<b>2.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
2.3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO .....	5
<b>4. AZIONE SISMICA .....</b>	<b>7</b>
<b>5. INDAGINE SISMICA.....</b>	<b>11</b>
<b>6. FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI .....</b>	<b>15</b>
<b>7. STIMA DEI CEDIMENTI POST SISMICI DEI TERRENI COESIVI .....</b>	<b>17</b>
<b>8. CAMPAGNA D'INDAGINE .....</b>	<b>19</b>
8.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI .....	19
8.2 PRELIEVO CAMPIONI.....	19
8.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE.....	20
9.1 ELABORAZIONE DELLE PROVE CPTU.....	21
9.2 ELABORAZIONE DEI DATI DI LABORATORIO .....	22
<b>10. ANALISI DI PERICOLOSITÀ LOCALE .....</b>	<b>28</b>
<b>11. CONCLUSIONI.....</b>	<b>31</b>

## ALLEGATI

**ALLEGATO 1: LOGS STRATIGRAFICI**

**ALLEGATO 2: ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**

**ALLEGATO 3: CERTIFICATI ANALISI LABORATORIO GEOTECNICO**

**ALLEGATO 4: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

## TAVOLE

**TAVOLA 1 : INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO IN SCALA 1:25.000**

**TAVOLA 2 : UBICAZIONE PROVE ED INDAGINI**

## 1. PREMESSA

La presente Relazione Tecnica è stata redatta dallo scrivente Dott. Geologo Riccardo Mari a seguito di incarico professionale da parte del Comune di Ferrara successivamente ad aggiudicazione della gara relativamente al "Piano di recupero di iniziativa Pubblica, area Arcispedale S.Anna".

L'elaborato vuole fornire una esaustiva modellazione geologica e geotecnica del sottosuolo, ovvero fornire i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici nonché assegnare la Classe Sismogenetica del sito indispensabile al fine della definizione delle caratteristiche di risposta elastica dei terreni fondali secondo quanto disposto dal **Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Nuove Norme per le costruzioni"**.

La relazione contiene quindi una descrizione dettagliata delle indagini realizzate, l'elaborazione dei dati di campagna e di laboratorio. Dall'elaborazione di questi dati si è elaborato il relativo modello geologico e geotecnico del terreno di fondazione, necessario per eseguire le verifiche di stabilità e di deformabilità, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

L'area in esame si trova ubicata in Corso della Giovecca a Ferrara (figura 1), nel pieno centro storico della città. Essa è individuata dalle coordinate Gauss Boaga Y 1 707 814, X 4 967 995 e dalle coordinate geografiche 44,50000 N, 11,37555 E.

In tavola 1 è riportata CTR in scala 1:25.000, mentre nella seguente figura 1 si riporta fotogramma aereo tratto da Google Earth nel quale è evidenziata l'area oggetto di studio.



Figura 1: Ortografia aerea di indagine

Secondo il Piano Regolatore Generale vigente l'area oggetto di indagine appartiene all'ambito A3 ovvero "Ambiti urbani costituiti dal tessuto insediativo di recente formazione ed in cui non esiste alcun legame fra il tessuto stesso e la tipologia edilizia" (Figura 1.1).

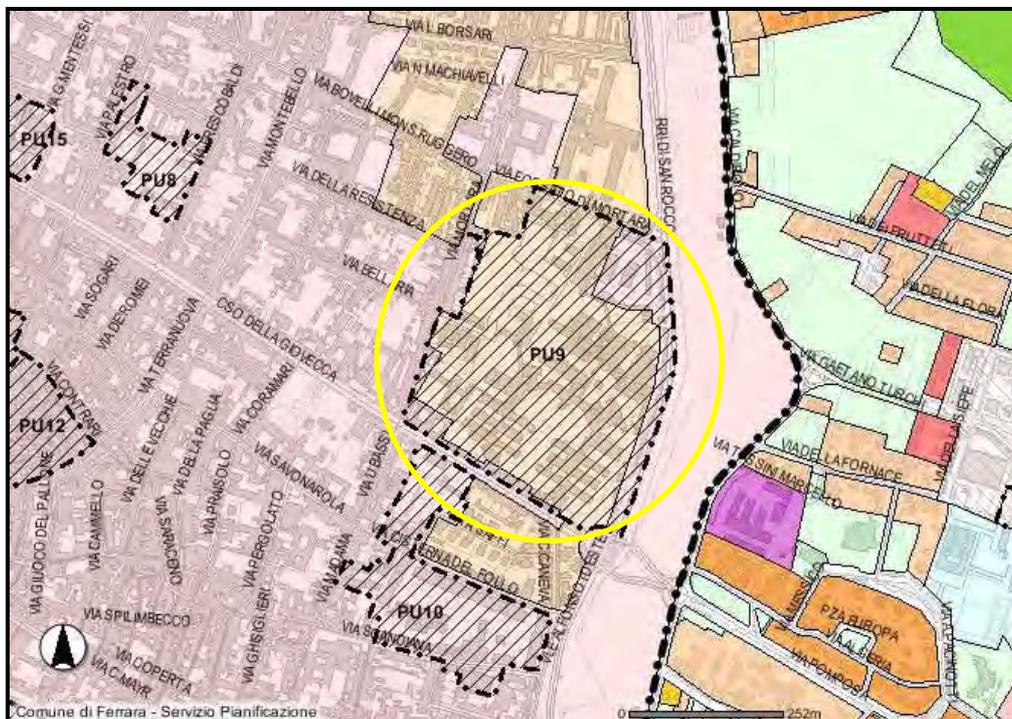


Figura 1.1: Stralcio PRG comune di Ferrara

#### RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- ✓ **D.M. 14 gennaio 2008** "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- ✓ **Circ. Appl. N. 617 del 02.02.2009**
- ✓ **Delibera Ass. Lgs. n. 112/2007 Regione Emilia Romagna** "Atto di indirizzo e coordinamento tecnico per gli studi di microzonazione sismica"
- ✓ **Ordinanza PCM n. 3519 del 28.04.2006** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- ✓ **Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- ✓ **Circ. LL.PP. 24.09.88 n. 30483**
- ✓ **D.L. n. 112 del 31.03.1998**
- ✓ **L. 2.02.74 n. 64**
- ✓ **A.G.I. Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini, Giugno 1977**
- ✓ **A.G.I. Aspetti geotecnica nella progettazione in zona sismica, Marzo 2005**
- ✓ **UNI Ente Nazionale Italiano di unificazione**

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

L'inquadramento geologico locale dell'area di studio è stato ricostruito attraverso l'esecuzione delle seguenti indagini in sito:

- N.2 sondaggi geognostici spinti alla profondità di 30 m dal p.c. di riferimento;
- 5 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) spinte alla profondità di 30 m dal p.c. di riferimento

In tavola 2 si riporta planimetria dell'area con indicazione dell'ubicazione delle prove.

### 2.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

Grazie all'esecuzione delle indagini precedentemente citate è stato possibile ricostruire l'assetto litostratigrafico locale descritto di seguito:

- *Unità 1:* 0 – 0,4/1,60 m. da p.c.  
Terreno di riporto costituito da frammenti di laterizi e ciottoli in matrice argilloso limosa color nocciola scuro
- *Unità 2:* 0,4/1,60 – 2,50/2,90 m. da p.c.  
Limo argilloso con sabbia fine color nocciola
- *Unità 3:* 2,50/2,90 – 3,00/3,50 m. da p.c.  
Sabbia limosa, limo sabbioso color nocciola
- *Unità 4:* 3,00/3,50 - 5,40/8,90 m. da p.c.  
Argilla grigio nocciola a tratti debolmente limosa
- *Unità 5:* 5,40/8,90 – 11,20/11,50 m. da p.c.  
Sabbia fine limosa color grigio
- *Unità 6:* 11,20/11,50 – 16,40/17,50 m. da p.c.  
Argilla organica di colore grigio
- *Unità 7:* 16,40/17,50 – 18,00 m. da p.c.  
Limo sabbioso di colore grigio
- *Unità 8:* 18,00 – 20,00/20,50 m. da p.c.  
Limo argilloso, argilla limosa di colore grigio
- *Unità 9:* 20,00/20,50 – 22,50/23,00 m. da p.c.  
Intercalazioni decimetriche di limo sabbioso, sabbia limosa e argilla, argilla limosa

- *Unità 10*: 22,50/23,00 – 26,50/27,00 m. da p.c  
Argilla, argilla limosa di colore grigio
- *Unità 11*: 26,50/27,00 – f.f. m. da p.c  
Sabbia limosa color grigio

Ai litotipi elencati si aggiungono livelli decimetrici di natura torbosa.

L'interpretazione dell'andamento litostratigrafico è riportata nella relativa tavola 3.

L'area in esame si inserisce nel contesto della pianura alluvionale del Po e del grande bacino subsidente padano soggetto, nel corso degli ultimi 10.000 anni, a continui movimenti orizzontali (regressioni e progressioni marine, rotte, esondazioni, formazione di dune costiere, ecc..) e verticali (subsidenza della superficie topografica), i quali hanno portato ad una pluralità degli ambienti deposizionali determinando un'estrema complessità e variabilità litologica dei sedimenti quaternari nel territorio ferrarese. Nel sottosuolo si rinvencono infatti un'alternanza di strati sabbiosi permeabili alternati a strati limoso-argillosi, argillosi poco permeabili o impermeabili aventi spessori variabili.

## **2.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO**

Dalle prove eseguite è stata rinvenuta la presenza di acqua sotterranea alla profondità di circa 1,70/1,90 m dal p.c. di riferimento. Tale acqua è riconducibile alla presenza del livello limoso sabbioso presente (Unità 2 descritta nel precedente capitolo 2.1). Dall'analisi della conducibilità idraulica ( $K=2,10E-3$ ), determinata attraverso le prove penetrometriche eseguite, tale livello risulta compatibile con un livello acquifero featico.

Alla quota di circa 5/9 m dal p.c. di riferimento si rileva invece la presenza del primo acquifero in pressione costituito dalle sabbie limose dell'Unità 4. La permeabilità media determinata è pari  $1,60E-3$ .

Attorno ai 27 m dal p.c. di riferimento ha invece inizio il banco sabbioso, sabbioso limoso, che si estende sino alla massima profondità indagata (30 m dal p.c.), sede del secondo acquifero in pressione. Vista la profondità e la natura micacea delle sabbie si può supporre che esse siano riconducibili alle così note sabbie Würmiane. La sua conducibilità media, determinata indirettamente, è risultata essere pari a  $1,00E-3$ .

## **2.3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO**

Dal punto di vista geomorfologico, non si rinvencono elementi particolarmente significativi ad eccezione del corso d'acqua superficiale che scorre a sud dell'area indagata (Po di Volano), mentre all'interno del suo perimetro il modellamento della superficie topografica è di tipo antropico ad eccezione di poche aree nelle quali però non si evidenziano morfologie particolari. La quota altimetrica del territorio di interesse è pari a circa 8 m s.l.m..

In figura 2.2.1 si riporta stralcio della carta geomorfologica ed interpretativa del territorio (Bondesan et ali, 1995, modificata) nella quale si nota come l'area studio ricade di poco al di fuori del margine settentrionale del paleoalveo principale del Po di Volano.

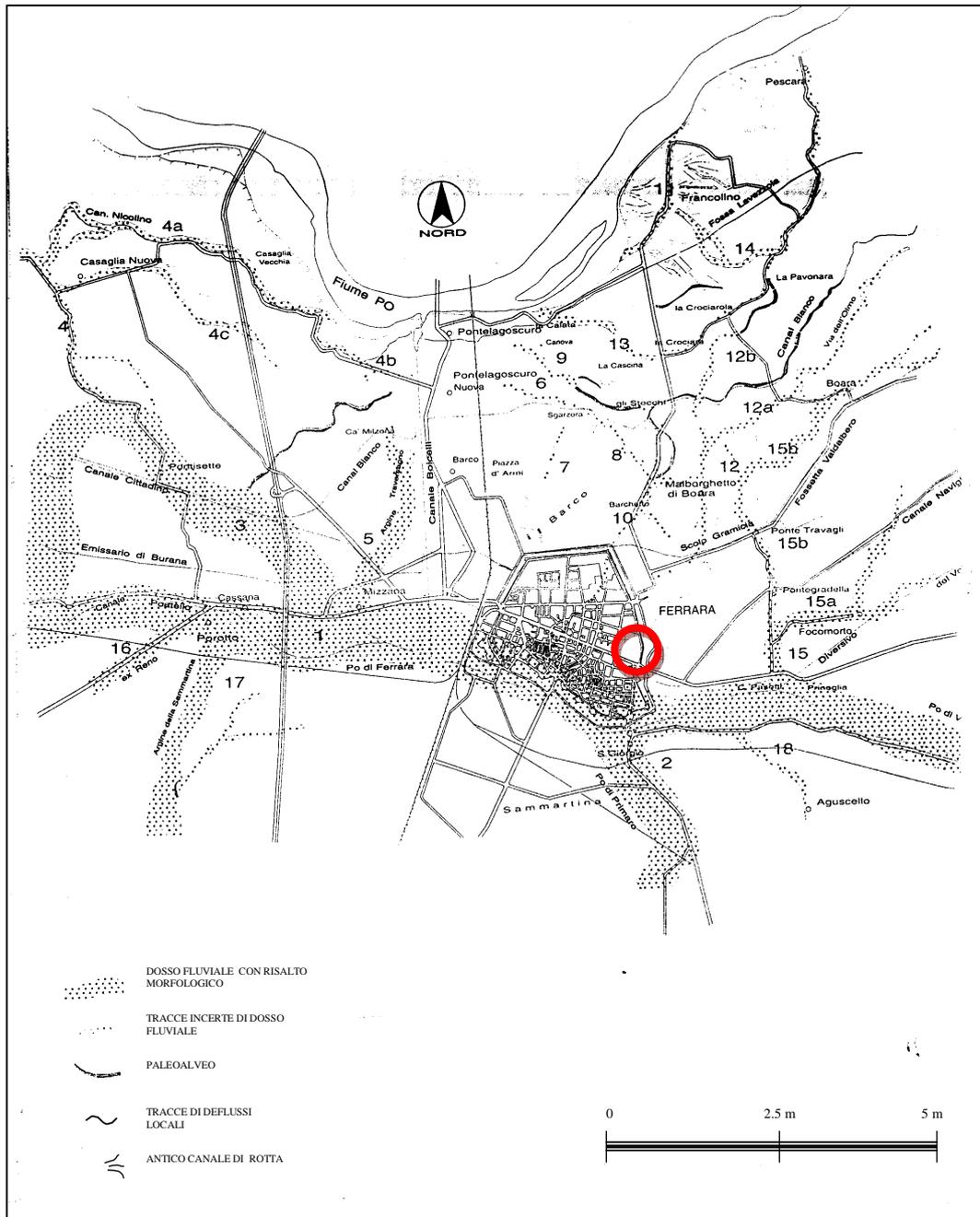


Figura 2.3.1: Stralcio della carta geomorfologica (Bondesan et ali, 1995, modificata)

#### 4. AZIONE SISMICA

Nella seguente figura 3.4.1 si riporta stralcio della Carta Strutturale della Pianura Padana (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) nella quale sono visibili oltre alle diverse strutture sepolte anche faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi. Tali sistemi sono di fatto la causa della attribuzione a Zona sismica 3 (a bassa sismicità) della città di Ferrara nella Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003.

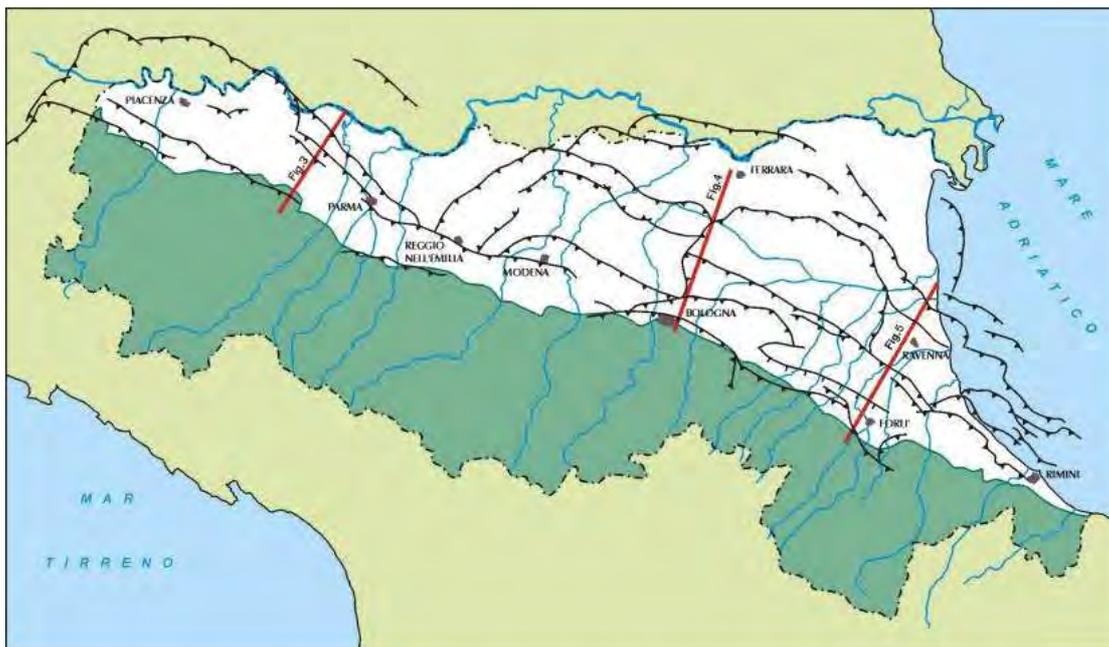


Figura 4.1: Stralcio carta strutturale della Pianura Padana

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto risulta indispensabile la definizione della categoria di suolo di fondazione. Quest'ultima è stata individuata attraverso un'indagine sismica condotta attraverso l'esecuzione di numero 2 prove Masw (per la loro ubicazione si rimanda a tavola 2).

La classificazione sismica recepita dal D.M. 14/01/2008, attribuisce al comune di Ferrara una accelerazione massima orizzontale di picco al suolo avente valore compreso tra 0,125 e 0.150 con  $T=0$ , su suolo rigido ( $V_{s30} > 800 \text{m/sec}$ ) e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

In figura 4.2, di pagina seguente, si riporta stralcio della mappa di pericolosità sismica per Ferrara.

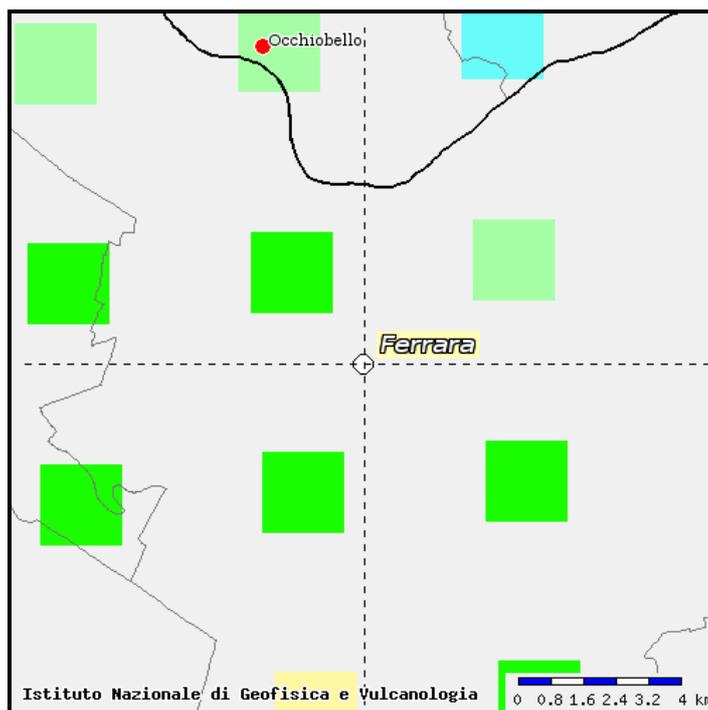


Figura 4.2: Stralcio della carta di pericolosità sismica INGV (tratta dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Come indicato nell'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, è possibile inoltre ottenere i valori dei parametri spettrali  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  sito specifici. Per fare ciò è stato utilizzato il documento SPETTRI-NTC il quale fornisce gli spettri di risposta, relativi ad uno stato limite, rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto.



Figura 4.3: Individuazione della pericolosità del sito (SpettriNTC ver. 1.0.3)

I sopracitati parametri spettrali  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per il sito di progetto, sono stati calcolati considerando:

- amplificazione stratigrafica e topografica T1
- categoria del sottosuolo C
- classe d'uso delle tre costruzioni II.

Di seguito si riportano i valori calcolati.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,168 g
$F_0$	2,398
$T_C^*$	0,310 s
$S_s$	1,459
$C_C$	1,546
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,459
$\eta$	1,000
$T_B$	0,160 s
$T_C$	0,479 s
$T_D$	2,270 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{1.0/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

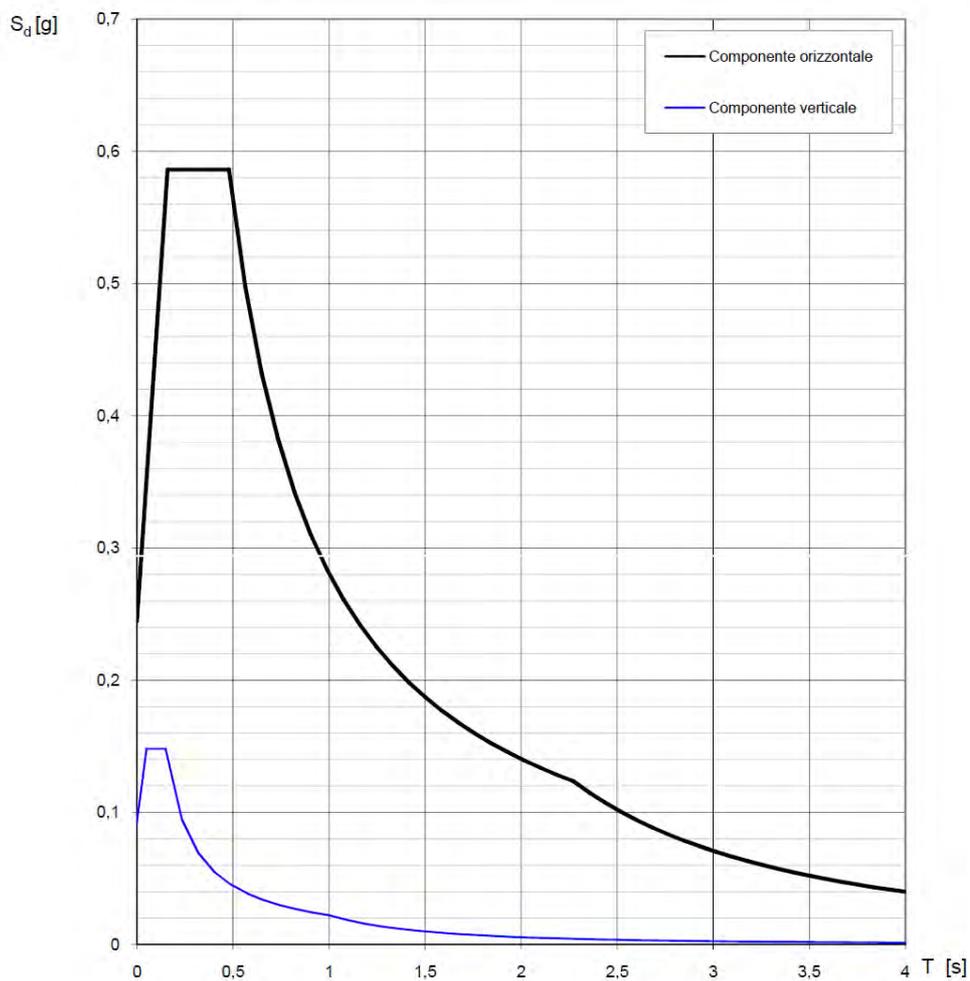
**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,244
$T_B$ ←	0,160	0,586
$T_C$ ←	0,479	0,586
	0,564	0,498
	0,650	0,432
	0,735	0,382
	0,820	0,342
	0,905	0,310
	0,991	0,283
	1,076	0,261
	1,161	0,242
	1,247	0,225
	1,332	0,211
	1,417	0,198
	1,503	0,187
	1,588	0,177
	1,673	0,168
	1,758	0,160
	1,844	0,152
	1,929	0,146
	2,014	0,139
	2,100	0,134
	2,185	0,129
$T_D$ ←	2,270	0,124
	2,353	0,115
	2,435	0,108
	2,517	0,101
	2,600	0,094
	2,682	0,089
	2,764	0,083
	2,847	0,079
	2,929	0,074
	3,012	0,070
	3,094	0,067
	3,176	0,063
	3,259	0,060
	3,341	0,057
	3,423	0,054
	3,506	0,052
	3,588	0,050
	3,671	0,047
	3,753	0,045
	3,835	0,043
	3,918	0,042
	4,000	0,040

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

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



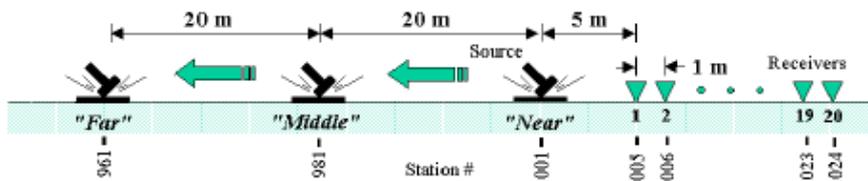
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

## 5. INDAGINE SISMICA

Nell'area sono stati eseguiti, dallo scrivente, 2 stendimenti di sismica al fine di poter ricavare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ). L'indagine si basa sullo studio della propagazione di onde superficiali di Rayleigh.

La prova consiste nel produrre una sollecitazione sulla superficie del terreno e nel registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prefissate.

Nel sito si sono disposti 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 2 m. Si sono eseguiti diversi "scoppi" in linea (come riportato in figura) alle distanze (dal primo geofono) di 2m - 4m - 6m - 8m - 10m - 12m.



Le acquisizioni sono avvenute a 7642 Hz per 1 sec. Su ciascuna acquisizione è stata eseguita un'analisi  $\omega$ - $p$  (trasformata  $\tau$ - $p$  & trasformata di Fourier) al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh (R).

Sul grafico ad isolinee ottenuto per ciascuna prova si è identificata la curva di dispersione delle onde di Rayleigh sulla quale è stato eseguito il picking del moto fondamentale.

Al fine di ottenere l'andamento delle  $V_s$  con la profondità, la curva ottenuta dal picking è stata invertita mediante una procedura automatica ai minimi quadrati (metodo Levenberg-Marquardt). Successivamente è stato creato il profilo delle onde S associato alla curva teorica ottenuta.

### Sito "Masw 1"

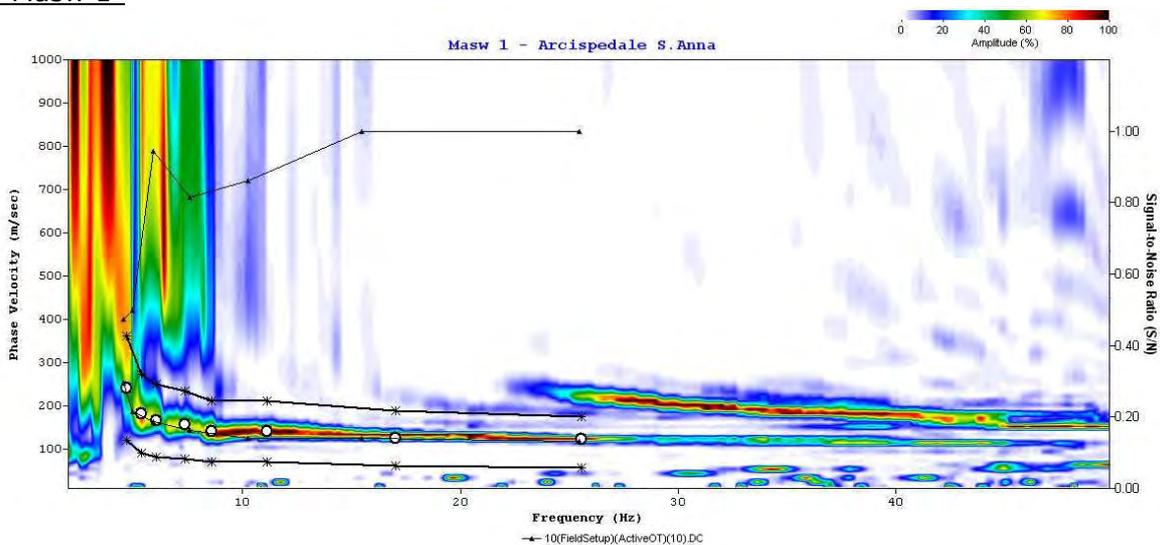


Figura 5.1. MASW -picking del modo fondamentale

Nel grafico di figura 5.1, la fascia energetica associabile alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh è presente da circa 3 Hz fino a circa 25 Hz. Su di essa è stato eseguito il picking del modo fondamentale. La modellazione numerica della curva di dispersione prevede che alla base del modello sia posto un semispazio a spessore infinito.

Si riporta in figura 5.2: il profilo di velocità delle onde S associato alla curva teorica.

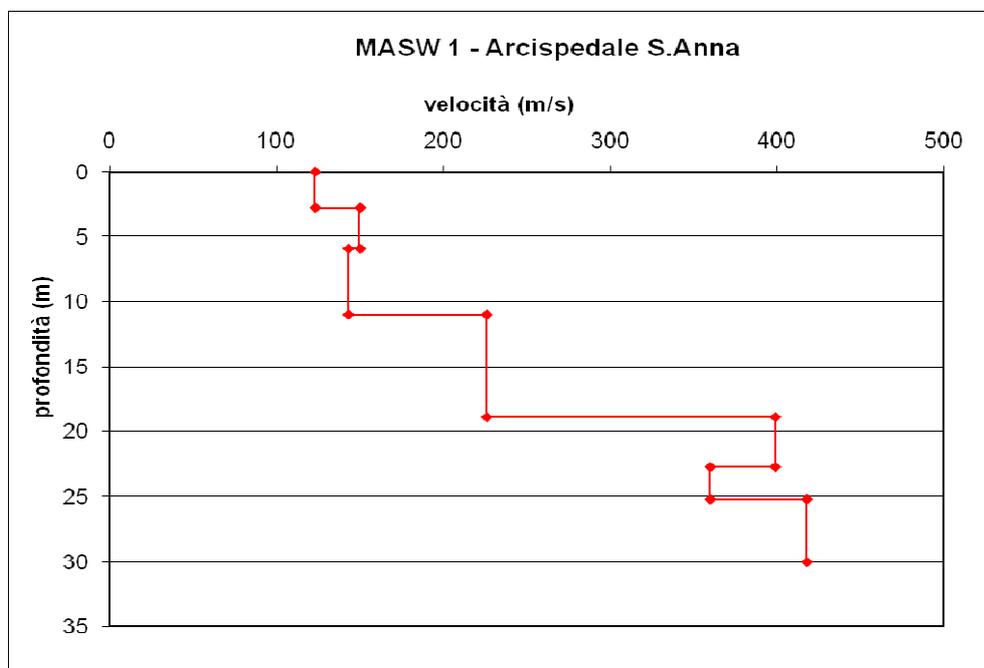


Figura5. 2 Profilo di velocità delle onde S stimato nel sito in esame

Nella tabella seguente sono riportati il miglior modello individuato dall'inversione ai minimi quadrati ed il valore di Vs30 calcolato con la seguente formulazione:

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

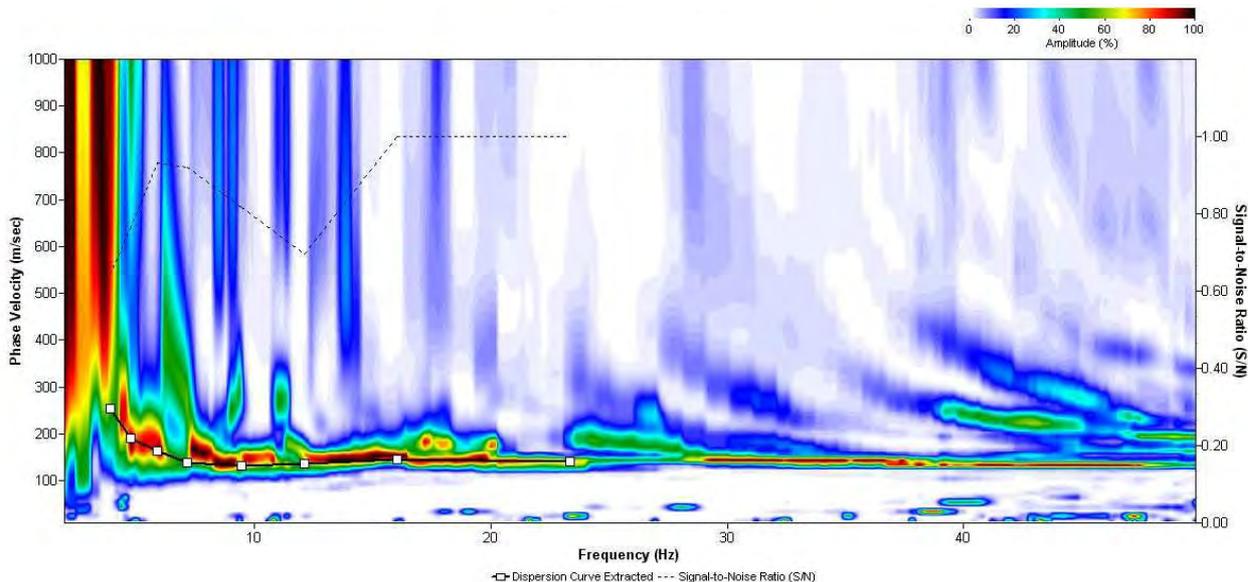
Strato	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.8	2.8	123
2	5.9	3.1	150
3	11.0	5.1	143
4	18.9	7.9	226
5	22.7	3.8	339
	25.2	2.5	360
semispazio			418

La Vs<sub>30</sub> risulta quindi uguale 211 m/s

La categoria di suolo di fondazione è pertanto C

C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s
---	--

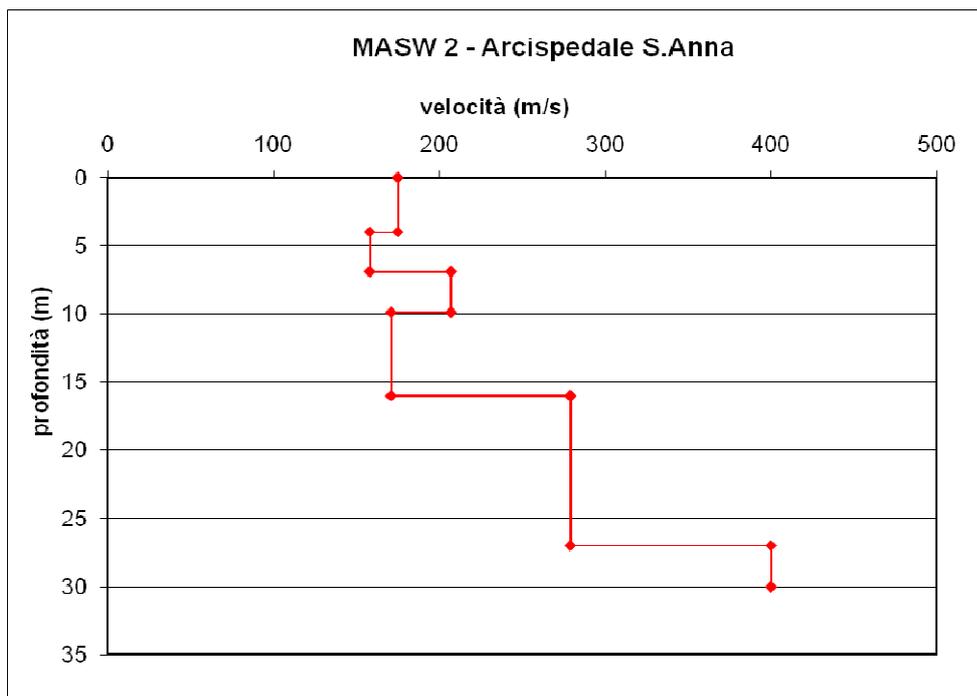
Sito "Masw 2"



*Figura 5.3. MASW -picking del modo fondamentale*

Nel grafico di Figura 5.3 la fascia energetica associabile alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh è presente da circa 3 Hz fino a circa 25 Hz .

In Figura 5.4 si riporta il profilo di velocità delle onde S associato alla curva teorica.



*Figura 5.4 Profilo di velocità delle onde S stimato nel sito in esame*

Nella tabella seguente sono riportati il miglior modello individuato dall'inversione ai minimi quadrati ed il valore di Vs30 calcolato con la seguente formulazione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

Strato	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	4.0	4.0	175
2	6.9	2.9	158
3	9.9	3.0	207
4	16.0	6.1	171
5	27.0	11.0	279
semispazio			450

La Vs<sub>30</sub> risulta quindi uguale 218 m/s

La categoria di suolo di fondazione è pertanto C

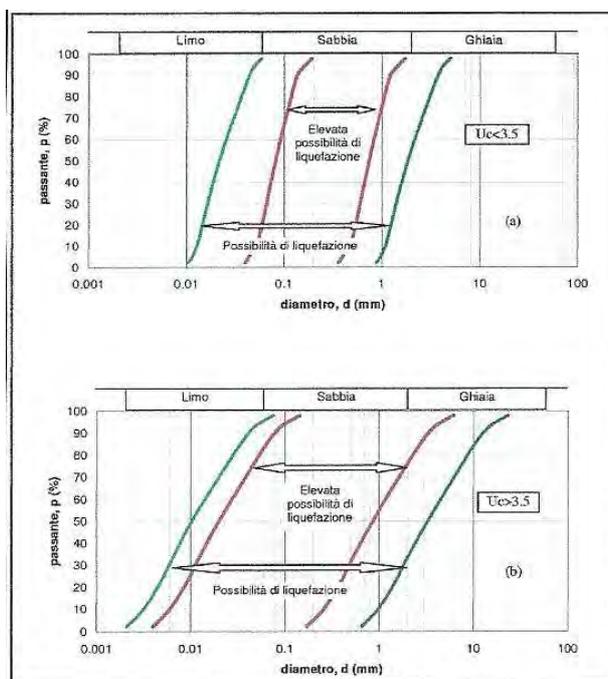
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s
---	--

## 6. FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Un aspetto importante della determinazione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei suoli è lo studio della suscettibilità alla liquefazione dei depositi presenti. Il verificarsi di tale fenomeno produce inevitabilmente una riduzione significativa della capacità portante dei terreni con ovvie ripercussioni sulle strutture.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi con magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate dalla figura 6,1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 6.1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



*Figura 6.1: fusi granulometrici*

Vista la presenza di un livello sabbioso della potenza variabile tra i 2,90 ed i 5,80 m la cui base si trova posta tra circa 11,20 e 11,50 m dal p.c. di riferimento, è stato necessario procedere alla verifica.

Utilizzando le Vs misurate, la presenza di una percentuale di limo e/o argilla pari al 34%, nonché una magnitudo di progetto  $M = 5,60$ , è stato calcolato il coefficiente di sicurezza (previa una "normalizzazione" dei dati ottenuti per riportarli alla magnitudo di riferimento) attraverso la seguente relazione (Andrus e Stokoe):

$$F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$$

dove:

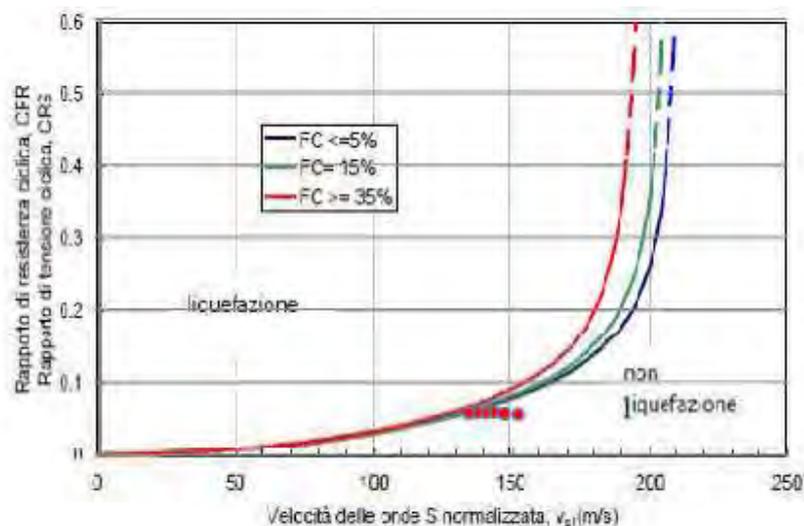
$CRR_{7.5}$  = rapporto di resistenza ciclica (per  $M=7.5$ )

$CSR_{7.5}$  = rapporto di tensione ciclica (per  $M=7.5$ )

Come riportato nella tabella seguente e dal diagramma sottostante ricava che il terreno in esame non è liquefacibile.

#### CALCOLO LIQUEFAZIONE

Profondità (mt)	Vs (m/s)	Vs1	CSR	F= CSR <sub>7,5</sub> /CRR <sub>7,5</sub>
6,0	143	152	0,055	1,98
7,0	143	147	0,056	1,79
8,0	143	143	0,058	1,65
9,0	143	140	0,058	1,54
10,0	143	137	0,058	1,48
11,0	143	134	0,057	1,44



## 7. STIMA DEI CEDIMENTI POST SISMICI DEI TERRENI COESIVI

Nei depositi coesivi molto soffici ( $c_u \leq 70$  kPa) e plastici ( $I_p \geq 30$  %) in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali  $r_u = (\Delta u / \sigma'_u) \geq 0.3$  durante il terremoto di riferimento, deve essere valutata l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto (delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna del 2 maggio 2007 Progr. N. 112).

A tela scopo sono state condotte sull'area adeguate prove in sito (CPTU) e di laboratorio (prove edometriche) in numero adeguato alla definizione spaziale di tali depositi.

L'analisi è stata condotta verificando l'incremento delle pressioni interstiziali  $r_u = (\Delta u / \sigma'_u)$ . E' noto infatti che il cedimento di depositi fini, dovuto a fenomeni di riconsolidazione conseguenti alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante un terremoto, è significativo solo quando  $r_u$  è maggiore o uguale a 0.3. Tale rapporto può essere valutato dal grafico riportato di seguito.

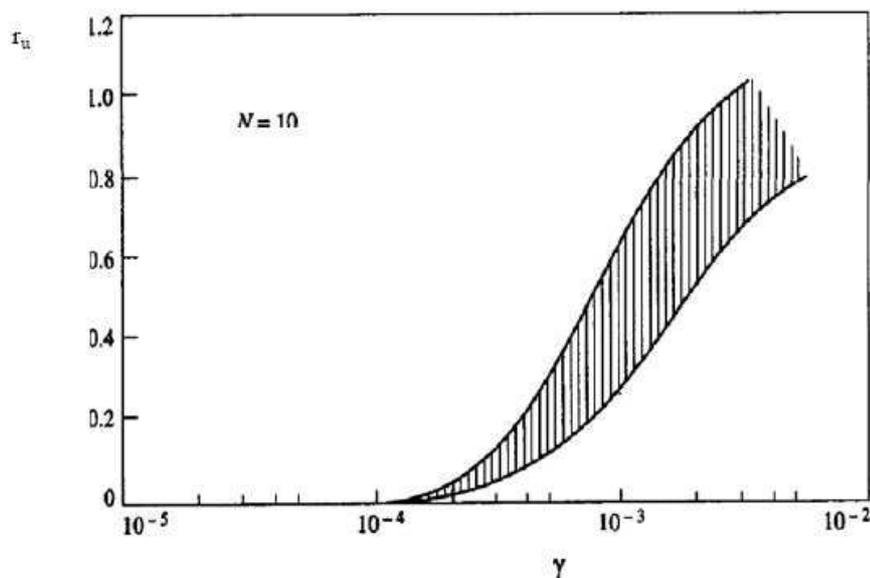


Figura 7.1: Rapporto tra pressione interstiziale e deformazione di taglio massima

La deformazione è stata calcolata utilizzando la formula seguente:

$$y_{\max} = 0,65 a_{\max s} S \sigma_v r_d 1/G$$

nella quale:

$a_{\max s}$  è l'accelerazione massima al suolo,

$g$  è l'accelerazione di gravità

$\sigma_v$  è la tensione verticale totale nel sottosuolo

$r_d$  è il coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità di interesse

$G$  è il modulo di taglio in relazione alla  $a_{\max s}$

$S$  è il fattore di amplificazione (secondo Delibera Ass.Lgs n. 112 del 02/05/2007)

Dalle strutture in essere sull'area si può ragionevolmente ipotizzare che il volume significativo di terreno coinvolto dallo stato tensionale, raggiunga una profondità massima pari a circa 30 m.

La situazione a maggior criticità è stata rilevata durante l'esecuzione della prova CPTU4, nella quale il deposito coesivo risulta continuo sino la profondità di circa 17,00 m.

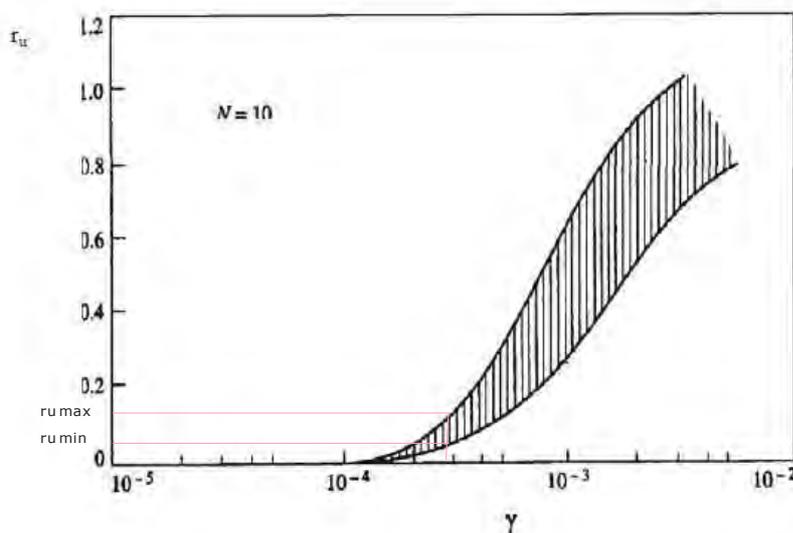
Nella seguente tabella si riportano i parametri utili alla definizione della deformazione.

<b>CPTU</b>	<b>Z (m)</b>	<b><math>\sigma_v</math> (KPa)</b>	<b>S</b>	<b>G (KPa)</b>	<b><math>r_d</math></b>	<b><math>\gamma_{max}</math></b>
4	17,00	149,50	1,50	45 110	0.7201	3,92E-4

*Tabella 7.1: Tabella riassuntiva valori di input*

G è stato definito in funzione al rapporto  $G/G_0$

Riprendendo quindi il diagramma rapporto pressione interstiziale/deformazione di taglio massima indotta dal terremoto (figura 7.2 di pagina seguente) si vede come in corrispondenza del livello deformativi indotto nello strato coesivo considerato,  $r_u$  risulta inferiore a 0.3.



*Figura 7.2: Valori di  $r_u$  determinato*

Pertanto in base alle indicazioni riportate al punto E della delibera regionale di riferimento, i cedimenti di riconsolidazione eventualmente indotti dal sisma sono di entità trascurabile ai fini ingegneristici.

## 8. CAMPAGNA D'INDAGINE

L'ubicazione delle prove è stata decisa sulla base del sopralluogo tecnico avvenuto in data 19/01/2011 alla presenza del Dott. Geologo Goberti per il Comune di Ferrara e del Geometra D'Andrea Catia per l'Ospedale Sant'Anna, in funzione della presenza di fabbricati, delle superfici libere disponibili e della potenziale presenza di strutture ed impianti interrati.

La campagna di indagine è stata condotta realizzando:

- N.2 sondaggi geognostici spinti alla profondità di 30 m dal p.c. di riferimento;
- N.12 campioni indisturbati realizzati a diverse profondità;
- N.5 CPTU, spinte alla profondità di 30 m dal p.c. di riferimento.

### 8.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti a carotaggio continuo con avanzamento a rotazione mediante sonda idraulica Puntel modello px-800 montata su Magirus Deutz doppia trazione in accordo con la procedura di riferimento ISSMFE e con le raccomandazioni AGI (1977) ed eseguiti dalla ditta Songeo S.r.l..

Ogni manovra di carotaggio (diam. 101 mm) è stata seguita dall'infissione del rivestimento metallico del foro con diametro 127 mm, a sostentamento delle pareti del foro stesso. La percentuale di recupero rappresentativo dei litotipi attraversati è stata superiore al 90%.

I campioni estratti dai carotieri (carote) sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici riportanti numero del sondaggio e le profondità di riferimento, e quindi fotografate. In situ, sulle carote estratte, è stata eseguita una classificazione granulometrica speditiva dei litotipi e una prima analisi geotecnica mediante penetrometro tascabile e scissometro.

La descrizione litostratigrafica dei terreni attraversati è stata restituita graficamente sulla relativa scheda stratigrafica (Allegato 2), completata con gli elementi inerenti al prelievo dei campioni e delle prove eseguite.

In Allegato 3 sono invece riportate le fotografie delle cassette catalogatrici.

### 8.2 PRELIEVO CAMPIONI

Il campionatore utilizzato per il prelievo dei campioni è stato un campionatore aperto tipo Shelby (campionatore in acciaio inox a pareti sottili), costituito da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati collegata con viti a frugola al tubo di infissione che funge da contenitore del campione di terreno (figura 8.2).



Figura 8.2: Campionatore Shelby

Durate le perforazioni sono stati prelevati un totale di 12 campioni ovvero:

#### Sondaggio 1

SH1	profondità m da p.c.	2,59-2,90
SH2	profondità m da p.c.	3,50-4,00
SH3	profondità m da p.c.	7,50-8,00
SH4	profondità m da p.c.	12,80-13,20
SH5	profondità m da p.c.	18,30-18,80
SH6	profondità m da p.c.	23,50-24,00

#### Sondaggio 2

SH1	profondità m da p.c.	4,30-4,80
SH2	profondità m da p.c.	7,00-7,50
SH3	profondità m da p.c.	9,50-10,00
SH4	profondità m da p.c.	13,50-14,00
SH5	profondità m da p.c.	17,00-17,50
SH6	profondità m da p.c.	28,40-29,00

### 8.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Le prove, eseguite con punta elettrica e piezocono **C.P.T.U.** (*Cone Penetration Test*), sono state eseguite mediante penetrometro Pagani avente punta standard in accordo con la procedura di riferimento dell'Associazione Geotecnica Internazionale (ISSMFE) e realizzate dalla ditta Songeo S.r.l..

I parametri della prova sono ottenuti mediante specifiche relazioni energetiche che prendono in considerazione il carico assiale agente sulla punta conica, la forza di attrito necessaria ad infiggere il manicotto e alcuni dati di forma specifici quali l'area di base del cono e la superficie laterale del manicotto.

## 9. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

### 9.1 ELABORAZIONE DELLE PROVE CPTU

Nel capitolo 6 del D.M. 2008 viene introdotto il concetto di dei "valori caratteristici dei parametri di progetto". Il valore caratteristico è una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite ossia di una determinata superficie di rottura (per lo SLU, Stato Limite Ultimo) o di un cedimento maggiore di una certa soglia (SLE, Stato Limite di Esercizio).. La modellazione geotecnica è avvenuta quindi dapprima individuando i parametri geotecnici di interesse poi calcolando i loro valori medi per singolo strato ed infine individuando il valore caratteristico.

Nella tabella seguente (tabella 9.1.1) si riportano i valori medi dei principali parametri geotecnici per singolo livello litologico individuato. Mentre in tabella 9.1.2 si riportano i relativi valori caratteristici definiti per "volumi grandi".

N°	Prof.	Litologia	Angolo di attrito	Coesione	Grado sovrac.	Modulo Young.	Modulo edom.	Densità relativa
			$\Phi$ [°]	Cu [kg/cm <sup>2</sup> ]	OCR [/]	Eu <sub>50</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	Mo [kg/cm <sup>2</sup> ]	Dr [°]
1	1,60-2,90	Limo Argilloso	/	0,48	2,98	16,46	55,92	/
2	2,90-3,50	Sabbia Limosa	51,60	/	/	22,80	/	56,35
3	3,50-8,90	Argilla	/	0,38	1,18	13,25	49,44	/
4	8,90-11,50	Sabbia Limosa	36,70	/	/	20,98	/	37,79
5	11,50-17,50	Argilla	/	0,34	<0,5	16,92	55,84	/
6	17,50-18,00	Limo Sabbioso	20,70	/	/	26,01	/	27,70
7	18,00-20,50	Limo Argilloso	/	0,65	<0,5	25,65	71,45	/
8	20,50-23,00	Limo Sabbioso/ Argilla Limosa	36,17	/	/	33,71	/	36,19
9	23,00-27,00	Argilla	/	0,59	<0,5	23,74	73,40	/
10	27,00-f.f.	Sabbia Limosa	40,45	/	/	31,05	/	40,64

*Tabella 9.1.1: parametri geotecnici medi*

N°	Prof.	Litologia	Angolo di attrito	Coesione	Grado sovrac.	Modulo Young.	Modulo edom.	Densità relativa
			$\Phi'$ [°]	Cu' [kg/cm <sup>2</sup> ]	OCR' [/]	Eu <sub>50</sub> ' [kg/cm <sup>2</sup> ]	Mo' [kg/cm <sup>2</sup> ]	Dr' [°]
1	1,60-2,90	Limo Argilloso	/	0,50	2,30	14,90	51,50	/
2	2,90-3,50	Sabbia Limosa	41,10	/	/	16,80	/	46,70
3	3,50-8,90	Argilla	/	0,40	0,90	12,10	45,80	/
4	8,90-11,50	Sabbia Limosa	31,20	/	/	18,10	/	31,70
5	11,50-17,50	Argilla	/	0,30	<0,5	15,80	52,60	/
6	17,50-18,00	Limo Sabbioso	15,10	/	/	24,60	/	18,60
7	18,00-20,50	Limo Argilloso	/	0,60	<0,5	24,40	68,20	/
8	20,50-23,00	Limo Sabbioso/ Argilla Limosa	32,50	/	/	30,30	/	34,30
9	23,00-27,00	Argilla	/	0,60	<0,5	23,20	71,70	/
10	27,00-f.f.	Sabbia Limosa	29,20	/	/	16,10	/	33,10

*Tabella 9.1.2: parametri geotecnici caratteristici*

I valori dei parametri geotecnici che andranno inseriti nei calcoli per la verifica degli stati limite saranno i valori di progetto ( $X_d$ ) ricavati partendo dai valori caratteristici e tenuto conto dei fattori riduttivi (coefficienti parziali) ricavabili dalle tabelle 6,2,1 e 6,2,2 del NTC 2008 tenendo in considerazione il tipo di approccio che si intende impiegare per le verifiche degli stati limite. I parametri di progetto vengono quindi demandati al progettista in base alla tipologia di fondazione scelta e quindi relativa alle caratteristiche dell'opera di progetto da realizzarsi.

## 9.2 ELABORAZIONE DEI DATI DI LABORATORIO

Un ulteriore approfondimento della caratterizzazione geotecnica viene eseguito sulla base delle analisi geotecniche eseguite presso il laboratorio accreditato MucchiLab di Ferrara, sui campioni indisturbati prelevati sui quali sono state eseguite le seguenti prove.

- definizione delle proprietà fisiche delle terre
- analisi granulometrica
- limiti di Atterberg
- prova di consolidazione edometrica
- compressione ad espansione laterale libera
- taglio diretto

I certificati delle prove sono riportati nel relativo allegato (Allegato 5), mentre di seguito si riportano sinteticamente i risultati suddivisi per tipologia di prove.

### DEFINIZIONE DELLE PROPRIETÀ FISICHE

Si riporta di seguito (tabella 9.2.1) schema riassuntivo delle principali grandezze fisiche dei terreni determinate sui campioni analizzati.

<b>SIGLA</b>	<b>PROFONDITA'( mt.)</b>	<b>Umidità %</b>	<b>Peso di volume (Kn/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso specifico granuli (KN/M<sup>3</sup>)</b>	<b>Indice vuoti inizio prova</b>
S1SH1	2.5-2.9	36.5	17.09	/	/
S1SH2	3.5-4.0	38.65	18.05	26.06	1.09
S1SH3	7.5-8.0	21.1/21.2	20.8/19.05	26.06	0.517
S1SH4	12.6-13.2	48.8	16.42	26.06	1.087
S1SH5	18.3-18.8	28.2	19.2	26.06	0.686
S1SH6	23.5-24.0	23.6	20.2	26.06	0.623
S2SH1	4.3-4.8	32.2	18.9	26.06	0.775
S2SH2	7.0-7.5	30.1	18.2	26.06	0.818
S2SH3	9.5-10.0	30.6	19.04	/	/
S2SH4	13.5-14.0	31.7	18.47	26.06	0.845
S2SH5	17.0-17.5	24.4	19.3	2606	0.701
S2SH6	28.4-28.9	18	20.08	/	/

*Tabella 9.2.1: principali grandezze fisiche delle terre*

### ANALISI GRANULOMETRICA

L'analisi granulometrica è stata realizzata con il metodo dei setacci per le litologie più grossolane e per sedimentazione per le litologie fini Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

SIGLA	PROFONDITA' (mt.)	Descrizione campione	Rapporti granulometrici USCS (%)		
			Sabbia	Limo	Argilla
S1SH1	2.5-2.9	Argilla con Limo debolmente sabbiosa	4	35	61
S1SH2	3.5-4.0	Argilla con Limo debolmente sabbiosa	4	41	55
S1SH3	7.5-8.0	Sabbia fine con Limo	66	34	0
S1SH4	12.6-13.2	Limo con Argilla debolmente sabbioso	3	64	33
S1SH5	18.3-18.8	Limo con Argilla	0	70	30
S1SH6	23.5-24.0	Limo con Argilla debolmente sabbioso	1	54	45
S2SH1	4.3-4.8	Limo con Argilla debolmente sabbioso	3	72	25
S2SH2	7.0-7.5	Limo con Argilla debolmente sabbioso	1	54	45
S2SH3	9.5-10.0	Sabbia fine con Limo	51	49	0
S2SH4	13.5-14.0	Argilla con Limo debolmente sabbiosa	1	52	47
S2SH5	17.0-17.5	Limo Argilloso debolmente sabbioso	8	77	15
S2SH6	28.4-28.9	Sabbia con Limo	72	28	0

*Tabella 9.2.2: definizioni granulometriche*

### LIMITI DI ATTERBERG

Qualora ci si trovi di fronte ad una litologia coerente, la consistenza della terra è grandemente influenzata dal suo contenuto di acqua, il quale determina tra l'altro il suo passaggio da uno stato liquido a plastico, semisolido e solido. Il contenuto d'acqua a cui una terra passa da uno stato all'altro può essere utilizzato qualitativamente per distinguere o classificare una terra attraverso la Carta di Plasticità di Casagrande (figura 11.1.4), definendo i seguenti parametri:

- Limite Liquido LL (%): minimo contenuto d'acqua per il quale il terreno scorre per effetto di una piccola pressione e si comporta come un fluido viscoso
- Limite Plastico LP (%): minimo contenuto d'acqua per il quale il terreno può essere deformato plasticamente senza deformarsi
- Indice Plastico IP (%): contenuto d'acqua al di sotto del quale il terreno non subisce più riduzioni di volume se viene essiccato
- Umidità naturale  $W_n$  (%): contenuto d'acqua del campione

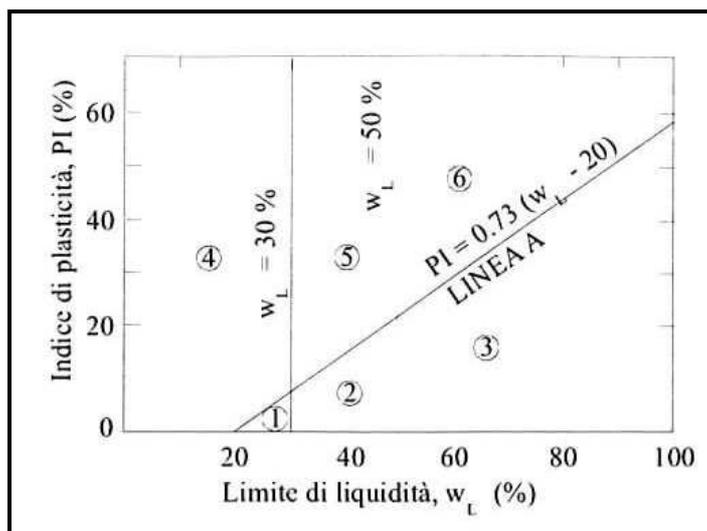


Figura 9.2.1: Carta della plasticità di Casagrande

dove:

1. Limi inorganici di bassa compressibilità
2. Limi inorganici di media compressibilità e limi organici
3. Limi inorganici di alta compressibilità e argille organiche
4. Argille inorganiche di bassa plasticità
5. Argille inorganiche di media plasticità
6. Argille inorganiche di alta plasticità

Si riporta di seguito schema riassuntivo dei risultati ottenuti.

SIGLA	PROFONDITA' (mt.)	LL	LP	IP	Definizione carta plasticità
S1SH1	2.5-2.9	39	23	16	Argilla inorganica di media plasticità
S1SH2	3.5-4.0	69	28	41	Argilla inorganica alta plasticità
S1SH3	7.5-8.0	/	/	/	/
S1SH4	12.6-13.2	76	35	41	Argilla inorganica alta plasticità
S1SH5	18.3-18.8	76	23	53	Argilla inorganica alta plasticità
S1SH6	23.5-24.0	52	22	30	Argilla inorganica alta plasticità
S2SH1	4.3-4.8	43	27	16	Limo
S2SH2	7.0-7.5	66	32	34	Argilla inorganica alta plasticità
S2SH3	9.5-10.0	/	/	/	/
S2SH4	13.5-14.0	63	32	31	Argilla inorganica alta plasticità
S2SH5	17.0-17.5	31	23	8	Limo
S2SH6	28.4-28.9	/	/	/	/

Tabella 9.2.3: limiti di Atterberg

### PROVE DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Si tratta di una prova a compressione verticale con espansione laterale impedita.

Consiste nell'applicare una sequenza di carichi ad un provino cilindrico saturo contenuto lateralmente in modo che le deformazioni ed il flusso dell'acqua avvengano solo in modo verticale.

Per ogni carico si permette una consolidazione.

È la prova maggiormente utilizzata per la determinazione dei parametri di compressibilità, consolidazione e per quantificare la storia tensionale del deposito.

Si applica al provino una sequenza di carichi verticali  $N_1, N_2, N_3$ , ecc....secondo una progressione geometrica  $(\Delta N_{i+1}/N_i) = 1$ . Ogni incremento di carico è mantenuto per 24 ore, tempo durante il quale si rileva l'andamento degli abbassamenti  $\Delta H$ . Tali letture vengono eseguite ogni 5", 10", 20", 30", 1', 2', 4', 8', 15', 30', 1<sup>h</sup>, 2<sup>h</sup>, 4<sup>h</sup>, 8<sup>h</sup> e 24<sup>h</sup> dall'applicazione dell'incremento di carico. Per ogni incremento di carico  $N_i$  si ha quindi un abbassamento (o cedimento) complessivo  $\Delta H_i$ .

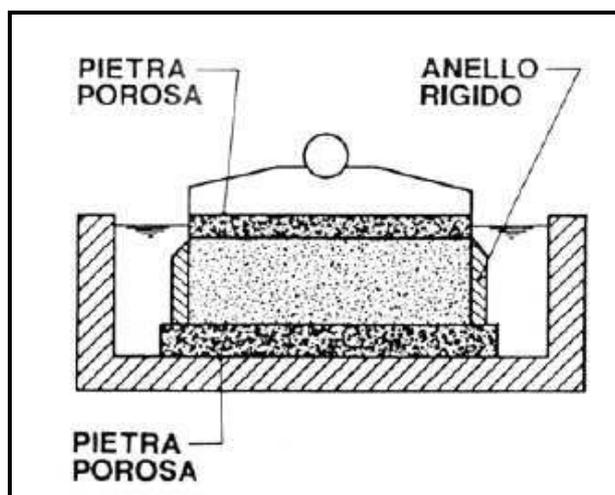


Figura 9.2.2: rappresentazione di cella edometrica

Per i risultati delle prove si rimanda alle schede allegate (allegato 5).

### COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

E' detta anche prova di compressione semplice ed è riservata alle terre coesive. Si può equiparare ad una prova triassiale in condizioni UU (non drenate non consolidate) con pressione di contenimento nulla. E' possibile così ricavare la resistenza a compressione semplice "qu" che è legata alla resistenza al taglio non drenata  $C_u$  dalla relazione:

$$C_u = q_u / 2$$

Il primo passo per l'esecuzione della prova è il confezionamento del provino in una fustella tarata di dimensioni standard. In seguito si comincia la compressione a velocità di deformazione costante registrando ad ogni millimetro di deformazione verticale la forza agente. La prova si ritiene ultimata al raggiungimento di una deformazione assiale del 20%.

La pressione unitaria verticale agente sul provino al generico istante "t" è pari a :

$$q(t) = N(t) / A(t) \text{ con } A(t) = A_0 / ( 1 - ( DH(t) / H_0 ) )$$

IL valore di "qu" a rottura servirà ad ottenere la resistenza al taglio non drenata Cu.

Nella tabella seguente si riportano i risultati così ottenuti.

<b>SIGLA</b>	<b>PROFONDITA' (mt.)</b>	<b>Coesione u (KPa)</b>
S1 SH1	2.5-2.9	/
S1SH2	3.5-4.0	32.89/46
S1SH3	7.5-8.0	/
S1SH4	12.6-13.2	14.8/16.74
S1SH5	18.3-18.8	32.09/34.6
S1SH6	23.5-24.0	52.45/66.1
S2SH1	4.3-4.8	12/35
S2SH2	7.0-7.5	25.67/28.45
S2SH3	9.5-10.0	/
S2SH4	13.5-14.0	39.06/41.57
S2SH5	17.0-17.5	24.35/25.58
S2SH6	28.4-28.9	/

*Tabella 9.2.4: Valori di Cu*

#### TAGLIO DIRETTO

Dato un elemento di terreno e sottoposto lungo un suo possibile piano di scorrimento a una tensione normale e costante ed a una tensione tangenziale crescente, la relazione tra la massima resistenza al taglio Tf e la tensione normale Sn viene descritta dalla seguente espressione (Coulomb 1773):

$$T_f = C + \sigma^n \times \text{tg } \varphi$$

A seguito della formulazione del principio delle tensioni efficaci (Terzaghi 1923) e alle relative conferme sperimentali, l'equazione di Coulomb viene più propriamente enunciata con la seguente espressione:

$$T_f = C' + \sigma^{n'} \times \text{tg } \varphi'$$

dove  $\sigma^{n'}$  = ( $\sigma$  - U) essendo U la pressione interstiziale.

I parametri che intervengono in quest'ultima equazione sono rispettivamente l'angolo di resistenza al taglio drenata  $\varphi'$  e la coesione drenata C'.

Lo scopo di questo tipo di prove è la determinazione sperimentale dell'involuppo di rottura e dei parametri corrispondenti in base ai quali si suole distinguere i terreni in:

- Granulari (sabbie e ghiaie) con valore pressochè nullo della coesione C' e valore generalmente elevato di  $\text{tg } \varphi'$ .
- Coesivi (limi ed argille) caratterizzati da un valore di coesione elevato e da un valore modesto di  $\text{tg } \varphi'$ .

In fase di prova si applica uno spostamento o una forza crescente in direzione orizzontale alla parte inferiore della scatola di taglio, mentre quella superiore è contrastata da un sistema rigido in grado di registrare il carico applicato (di solito un anello dinamometrico). In questo modo si determina una forza orizzontale F che agisce sul piano di separazione tra le due

scatole e viene sopportata dalla sezione del provino (la superficie di taglio): su questa sezione agisce una tensione unitaria di taglio  $T$  che in media può essere assunta pari a  $T = F / A$ .

La forza orizzontale viene applicata a velocità costante in modo che la tensione  $T$  possa aumentare gradatamente al crescere dello spostamento. Man mano che lo spostamento cresce si raggiunge la resistenza al taglio massima dove il terreno dispone della massima forza disponibile mobilitata lungo la superficie di taglio :questo valore rappresenta la resistenza al taglio del terreno sottoposto ad un determinato valore di tensione normale  $\sigma^n$  ed è indicato come resistenza al limite  $T_f$ .

<b>SIGLA</b>	<b>PROFONDITA' (mt.)</b>	<b>CD (KIPa)</b>	<b>Angolo di attrito</b>
S1 SH1	2.5-2.9	4.28	24
S1SH2	3.5-4.0	/	/
S1SH3	7.5-8.0	65	34
S1SH4	12.6-13.2	/	/
S1SH5	18.3-18.8	/	/
S1SH6	23.5-24.0	/	/
S2SH1	4.3-4.8	/	/
S2SH2	7.0-7.5	/	/
S2SH3	9.5-10.0	11.5	32
S2SH4	13.5-14.0	/	/
S2SH5	17.0-17.5	/	/
S2SH6	28.4-28.9	14.3	34

*Tabella 9.2.5: Valori di Coesione drenata e angolo di attrito*

## 10. ANALISI DI PERICOLOSITÀ LOCALE

L'analisi di pericolosità locale è l'analisi della vulnerabilità e dell'esposizione urbana, relativamente all'area di intervento e del suo intorno, in relazione ai rischi industriale, idraulico ed incendi boschivi che gravano sul territorio.

### RISCHIO INDUSTRIALE

Secondo quanto indicato dall'ARPA Emilia Romagna (aggiornamento ottobre 2007), nella Provincia di Ferrara sono presenti 8 stabilimenti soggetti ad art. 8 D. Lgs. 334/99 e s.m.i., relativamente al Rischio Industriale, quali:

- ANRIV S.r.l. - Ferrara (FE)
- BASELL S.p.a. (ex MONTELL) - Ferrara (FE)
- CHEMIA S.p.a. - Sant' Agostino (FE)
- CROMITAL S.p.a. - Ostellato (FE)
- YARA ITALIA S.p.a. (ex HYDRO AGRI ITALIA) - Ferrara (FE)
- POLIMERI EUROPA S.p.a - Ferrara (FE)
- VE.FA.GAS S.r.l. - Argenta (FE)
- VINYLOOP FERRARA S.p.a - Ferrara (FE)

Secondo quanto emerge dalla cartografia relativa al Piano di Emergenza Esterna (PEE) (Figura 10.1), redatto dall'UTG - Prefettura di Ferrara, nel quale vengono delimitate le zone che potrebbero essere interessate dall'evento incidentale verificatosi in uno degli stabilimenti a rischio, l'area studio ricade fuori dalle zone di pericolo.

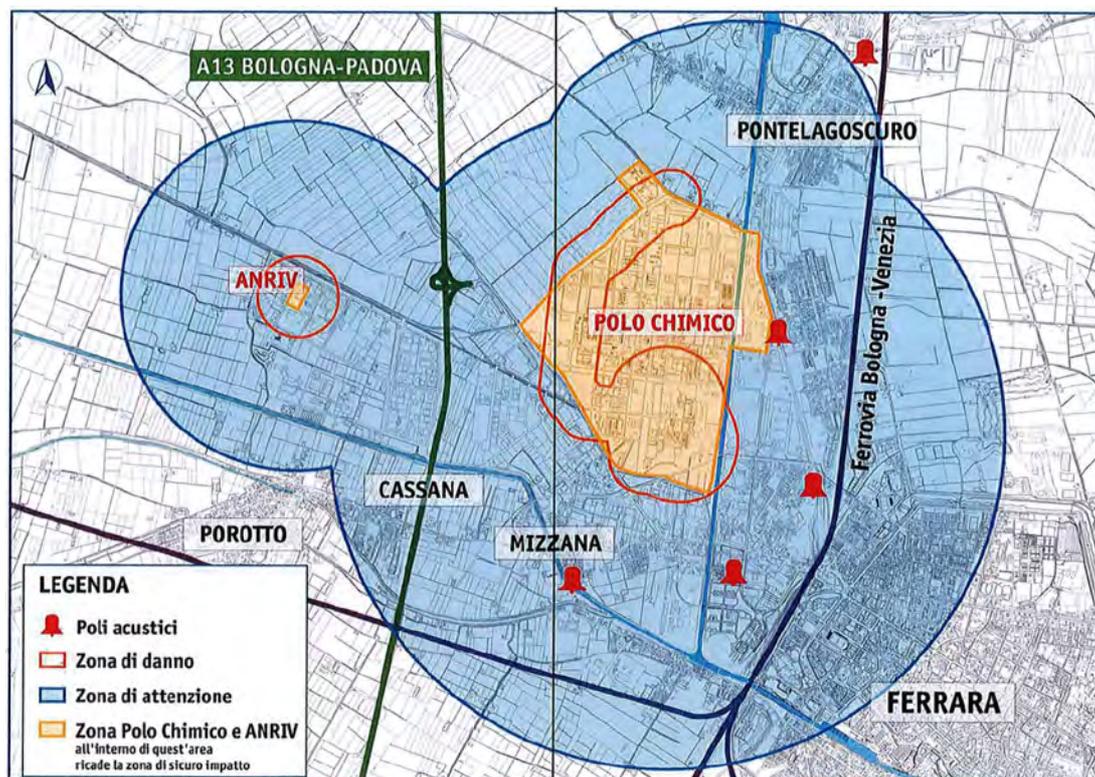


Figura 10.1: Carta pericolosità industriale

### RISCHIO INCENDI BOSCHIVI

Il Piano Provinciale di Emergenza - Rischio Incendi Boschivi predisposto ai sensi del D.l.vo n.112/98, identifica le seguenti più importanti aree boscate del territorio provinciale :

Gran Bosco della Mesola – Comune di Mesola

Bosco Spada – Celletta – Comune di Codigoro

Riserva Lido di Volano – Comune di Comacchio

Pineta Jacaranda – Comune di Comacchio

Riserva Lido di Spina – Comune di Comacchio

Ribaldessa – Motte del Fondo – Comune di Mesola

Santa Giustina e Fasanara – Comune di Mesola

Rimboschimento in Comune di Ro

Rimboschimento Porta del Delta – Comune di Berra

Bosco della Panfilia – Comune di Sant’Agostino

Nella seguente figura sono rappresentate in verde le riserve boschive che ricadono quasi completamente all’interno di ZPS o SIC e ne rappresentano soltanto una piccola porzione.

La cartografia rappresenta la Tavola di sintesi (aggiornata al 12/01/2009) del vigente PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Ferrara.

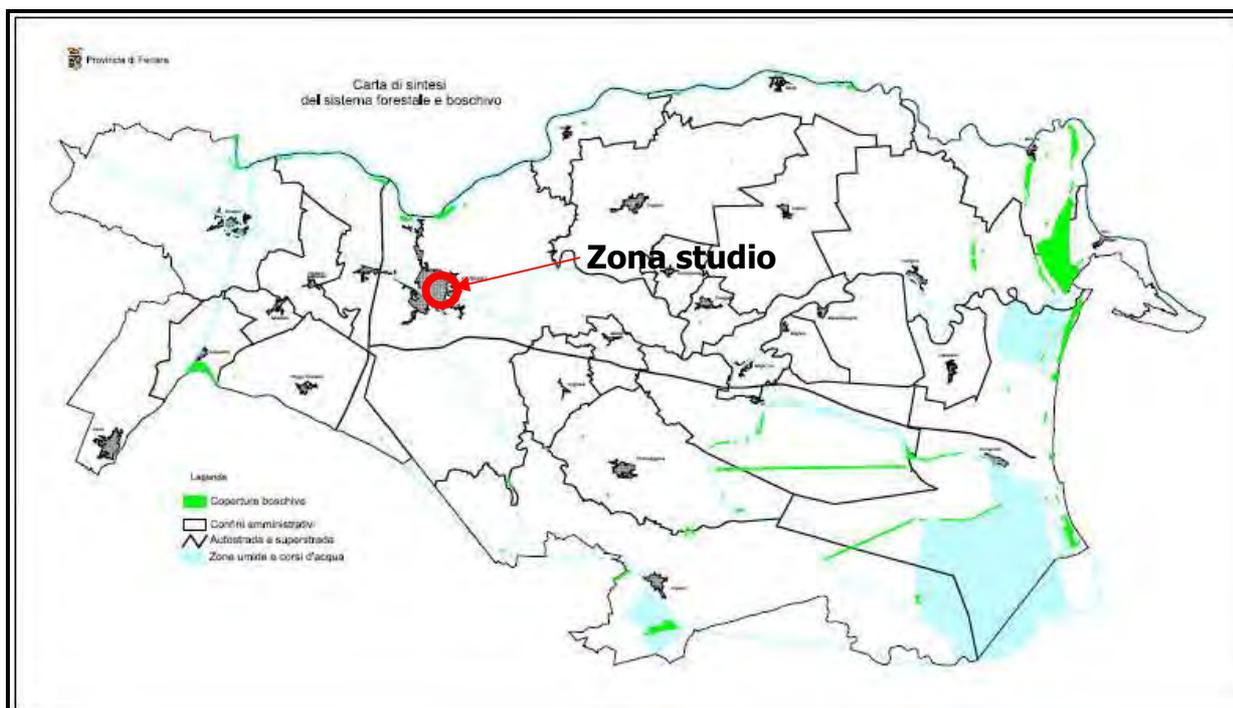


Figura 10.2: il sistema forestale e boschivo

L’area studio non interessa ovviamente aree soggette ad eventuali rischi di incendi boschivi.

## RISCHIO IDRAULICO

Il sistema fluviale del territorio provinciale risulta estremamente fragile in quanto non solo ospita la parte terminale dei fiumi Po, Reno e Panaro ma risente fortemente dell'opera umana, che ha arginato il corso dei tre fiumi (con tutti gli annessi problemi di velocizzazione, modifica degli apporti solidi, ecc.) compiendo vere azioni di "orzatura".

L'area interessata dal presente Piano Particolareggiato rientra in una zona urbana e secondo il vigente Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, tale zona non è ricompresa tra quelle che presentano vincoli di tipo idraulico.

Si riporta di seguito la tavola di sintesi del PTCP.

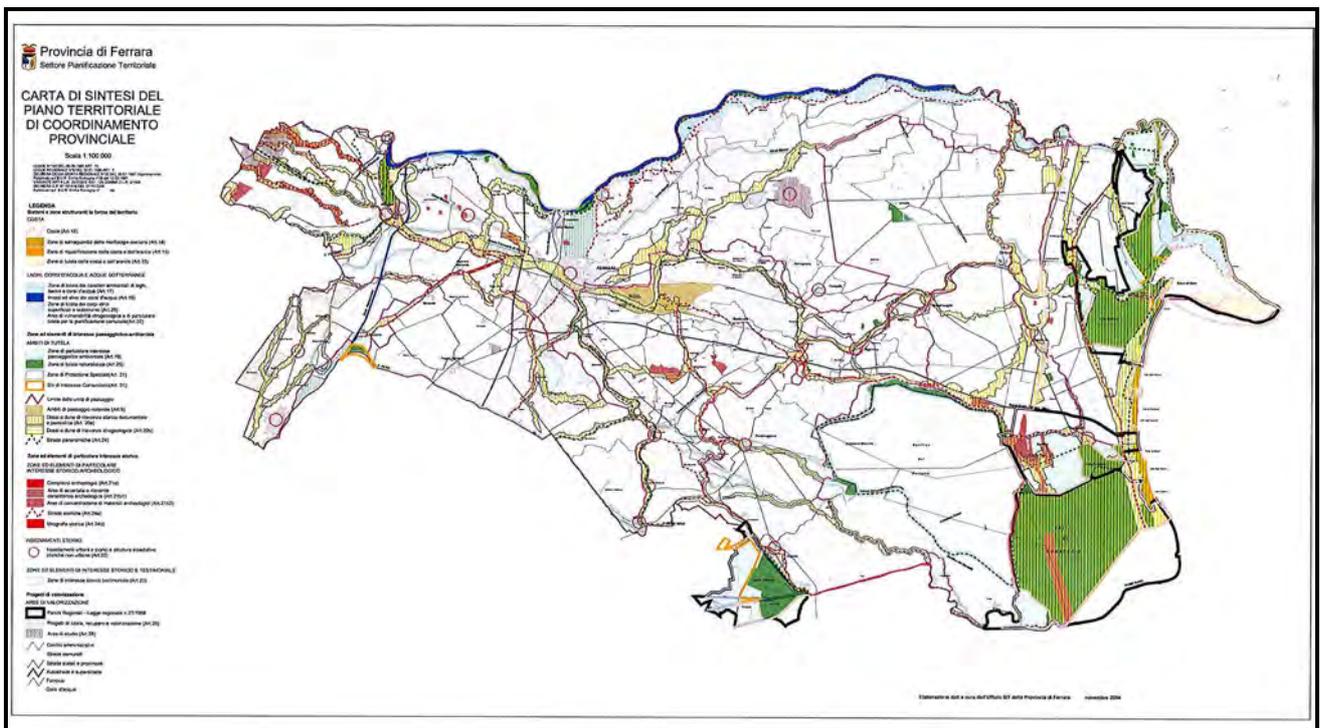


Figura 10.3: tavola di sintesi del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PIAZZAMENTI



CPTU1



CPTU3



CPTU5



CPTU4



CPTU2



MASW 2



MASW 1



Sondaggio 1



Sondaggio 2



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

### Sondaggio 1



da 0.00mt. - 5.00 mt.



da 5.00mt. - 10.00 mt.



da 10.00mt. - 15.00 mt.



da 15.00mt. - 20.00 mt.



da 20.00mt. - 25.00 mt.



da 25.00mt. - 30.00 mt.



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

### Sondaggio 2



da 0.00mt. - 5.00 mt.



da 5.00mt. - 10.00 mt.



da 10.00mt. - 15.00 mt.



da 15.00mt. - 20.00 mt.



da 20.00mt. - 25.00 mt.

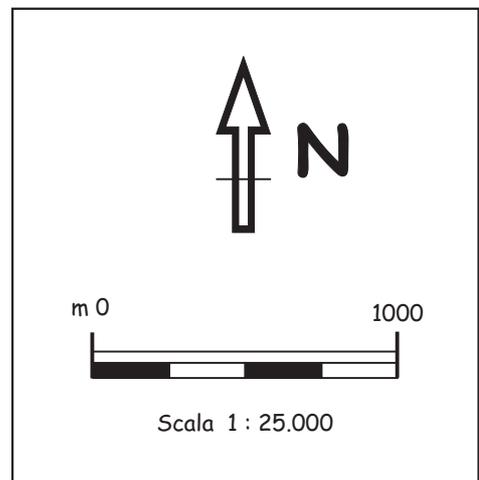
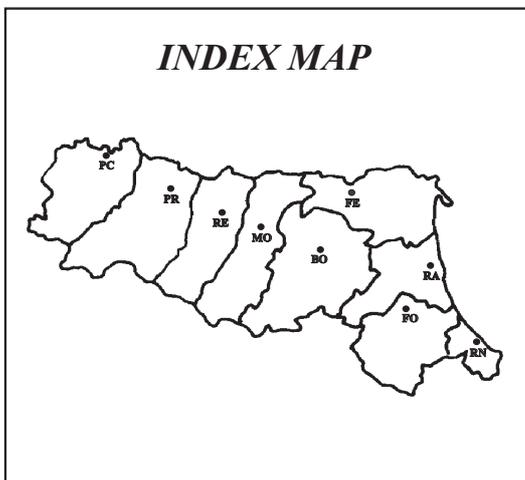


da 25.00mt. - 30.00 mt.



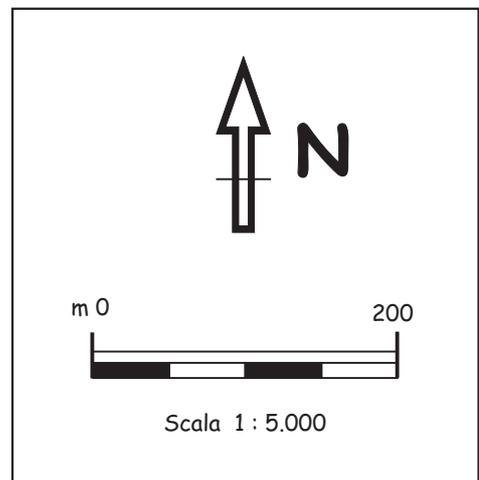
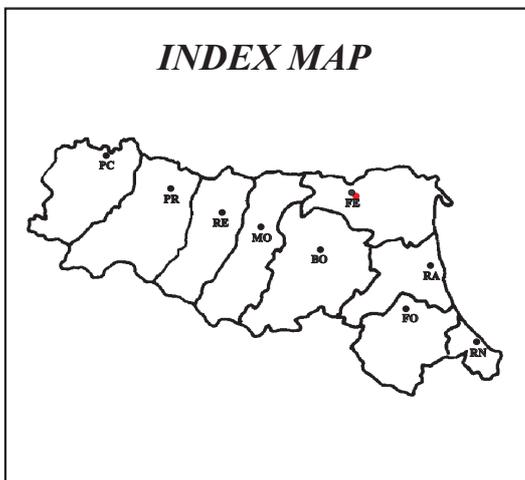
**Tavola n° 1**

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO  
C.T.R. 1:25.000 Tavola 185 - SE





**Tavola n°2**  
 UBICAZIONE PROVE GEOLOGICHE  
 C.T.R. 1:5.000 Elemento 185160



## 11. CONCLUSIONI

Le indagini in campo assieme alle indagini di laboratorio hanno permesso di definire al meglio i caratteri geologici e geotecnici sito specifici.

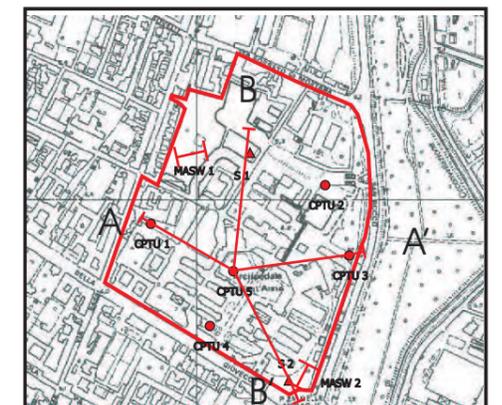
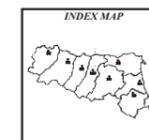
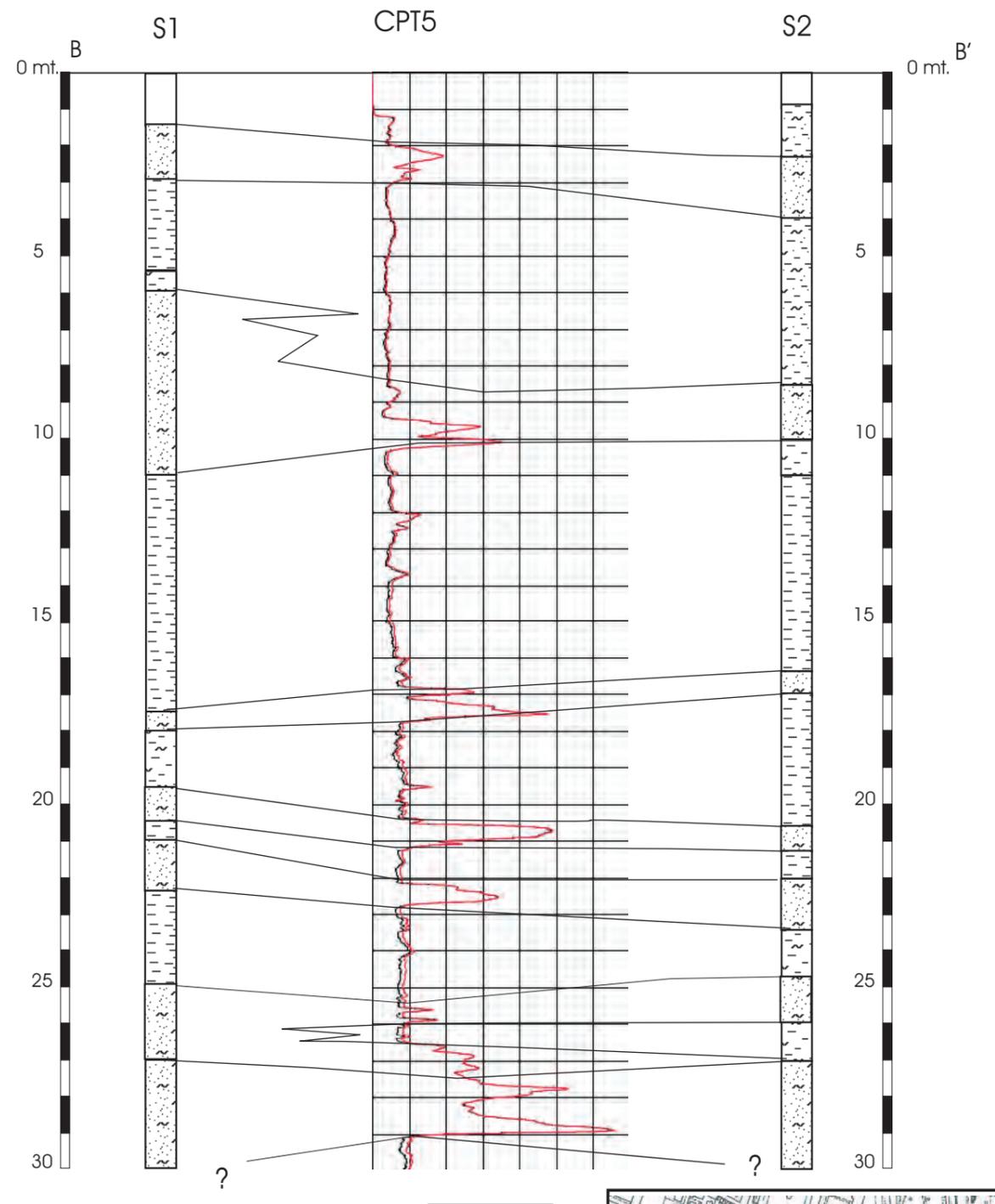
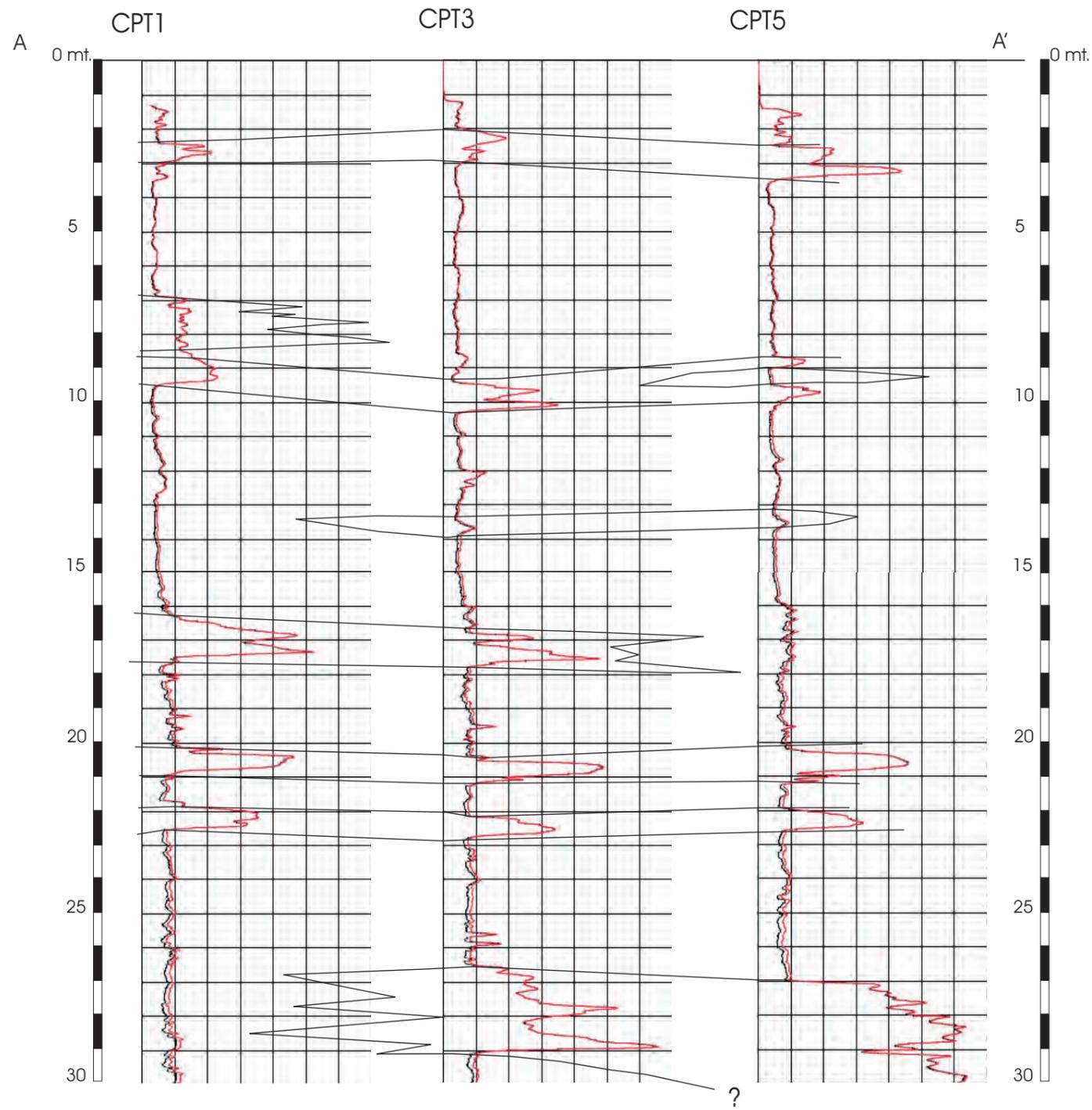
Dall'interpretazione dei risultati e dalla comparazione tra gli stessi è quindi emerso:

- I. la presenza di un livello di riporto a potenza variabile costituito da frammenti di laterizio in matrice limosa
- II. l'alternarsi di depositi a diversa litologia: argillosa, argilloso limosa, limoso sabbiosa, sabbioso limosa. I livelli granulari sono risultati essere da mediamente sciolti a sciolti, mentre i depositi coesivi si presentano plastici
- III. il livello del pelo libero dell'acqua individuato nell'acquifero freatico è posto alla quota di circa 1,9 m dal p.c.
- IV. l'assetto morfologico è stato notevolmente modificato dall'azione antropica per cui non sono riconoscibili strutture particolari
- V. il sottosuolo corrisponde alla categoria "C" con un valore di  $V_{s30}$  variabile tra 211 m/s e 218 m/s
- VI. non sussistono problematiche legate alla liquefazione dei depositi granulari in falda
- VII. non sussistono problematiche legate alla riconsolidazione secondaria dei depositi fini, calcolata sino la profondità di 17 m dal p.c.
- VIII. non sussiste il rischio legato alla presenza di attività industriali, ad incendi boschivi o idraulico.

Ferrara, 22/03/2010



# INTERPRETAZIONE PROFILI LITOSTRATIGRAFICI



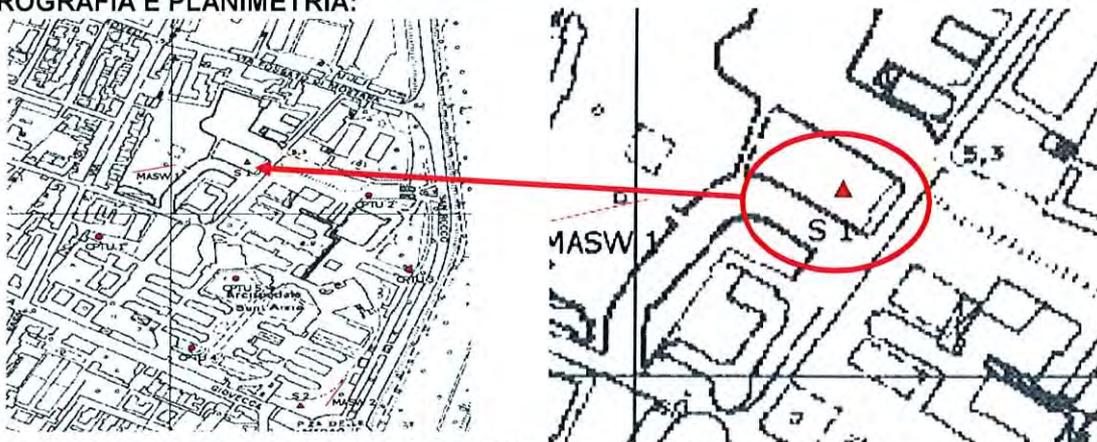
## CERTIFICATO DI PROVA

CERTIFICATO N°	09/11	data	07/02/2011	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	data	26/01/2011
----------------	-------	------	------------	-------------------------	-------	------	------------

<b>COMMITTENTE:</b>	Dott. Geol. MARI Riccardo
<b>LOCALITA':</b>	FERRARA
<b>CANTIERE:</b>	Arcispedale S. Anna
<b>Sondaggio N°:</b>	S1
<b>Specifiche di prova:</b>	ASTM D 2488-90; AGI 1977
<b>Attrezzatura:</b>	PUNTEL PX 750
<b>Metodo perforazione:</b>	Carotaggio Continuo; PRO E01; PRO E02; PRO E03; PRO E06; PRO E08; PRO E12
<b>Attrezzi:</b>	Carotiere semplice Ø 101 mm rivestimenti metallici Ø 127 mm
<b>QUOTA INIZIO</b>	P.C.
<b>PROFONDITA' DEL SONDAGGIO</b>	30,00 m
<b>PROFONDITA' DELLA FALDA</b>	1,90 m

**ANNOTAZIONI:**

**COROGRAFIA E PLANIMETRIA:**



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 Pagine

Sperimentatore

Direttore



QUOTA

ATTREZZI:

SONDA IDRAULICA

P.C.

Carotiere semplice diam. 101 mm.

PUNTEL PX 750

Rivestimento diam. 127 mm

COMMITTENTE Dott. Geol. MARI Riccardo

LOCALITA' Arcispedale S. Anna - FERRARA

PIEZOMETRO

NOTE

CAMPIONI

LEFRANC

SPT

INDISTURBATI

LIVELLO ACQUA  
DATA MT. dal P.C.PROF. FORO  
PROF. RIVEST.

30,00 m 24,00 m

ASSISTENTI  
D. PellegriniOPERATORI  
R. Sacchetti

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kN/cm <sup>2</sup>	TORVANE kN/cm <sup>2</sup>	PIEZOMETRO
			TIPO	NUM. PROF.				
1					Materiale di riporto costituito da argilla limosa e laterizi. Presenza di ciottolo a 1,50 mt.			
2	1,60				Limo argilloso con sabbia fine nocciola.			
3	2,90		SH1	2,50 2,90				
4			SH2	3,50 4,00	Argilla grigia poco consistente.	53 63 68 93 78 98 191	35 54 51 78 78 59 59	
5	5,40							
6	6,00				Limo argilloso con sabbia fine di colore grigio.			
7								
8			SH3	7,50 8,00	Sabbia medio fine grigia con limo. Da 10,5 a 11,15 m sabbia medio fine con resti legnosi.			
9								
10								
11	11,20							
12	11,50				Torba in matrice argillosa limosa.	78	49	
13			SH4	12,8 13,2	Argilla organica poco consistente con concrezioni calcaree millimetriche.	59 68	59 43	
14						48	49	
15						93	78	

Certificato n°	09/11	data	07/02/11	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	DATA	26/01/2011
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
responsabili	Dr. Davide Pellegrini		revisione	0	inizio lavori	26 gennaio 2011	fine lavori
elaborazione	Dr. Renato Sacchetti		responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato		3 febbraio 2011	
verifica			direzione lavori	Geom. Katia Dandrea			
SPERIMENTATORE				DIRETTORE			



QUOTA

ATTREZZI:

SONDA IDRAULICA

P.C.

Carotiere semplice diam. 101 mm.

PUNTEL PX 750

Rivestimento diam. 127 mm

COMMITTENTE Dott. Geol. MARI Riccardo

LOCALITA' Arcispedale S. Anna - FERRARA

PIEZOMETRO

NOTE

CAMPIONI

LEFRANC

SPT

INDISTURBATI



LIVELLO ACQUA

DATA MT. dal P.C.

PROF. FORO

PROF. RIVEST.

ASSISTENTI

D. Pellegrini

OPERATORI

R. Sacchetti

30,00 m 24,00 m

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kPa	TORVANE kPa	PIEZOMETRO
			TIPO	PROF.				
16	16,00							
17	17,50				Argilla limosa grigia con livelli decimetrici di limo sabbioso, presenza di concrezioni calcaree			
18	18,10				Limo con sabbia fine color grigio.			
19	19,50		SH5	18,30	Argilla limosa con livelli centimetrici di sabbia fine di colore grigio.	88	49	
				18,80		117	59	
20	20,50				Limo con sabbia medio fine di colore grigio. Presenza di un livello sabbioso tra 19,90 e 20,30 m	88	78	
						20,90	98	59
21	20,90				Argilla grigia con concrezioni calcaree minute	127	98	
22	22,00				Limo con sabbia fine grigia			
23	22,50				Sabbia medio fine grigia			
24	23,00				Argilla debolmente limosa color grigia	68	54	
							88	59
25	23,30				Argilla limosa grigia con resti di conchiglie			
26	23,90		SH6	23,5	Argilla consistente grigia scura	156	98	
				24,0		147	98	
27	25,40				Argilla grigia chiara con noduli calcitici millimetrici	117	78	
28	27,00				Limo con sabbia fine debolmente argilloso di colore grigio			
29					Sabbia media di colore grigio debolmente limosa			
30	30,00							

Certificato n°	09/11	data	07/02/11	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	DATA	26/01/2011
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
responsabili	revisione		inizio lavori	26 gennaio 2011	fine lavori	3 febbraio 2011	
elaborazione	Dr. Davide Pellegrini		responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato			
verifica	Dr. Renato Sacchetti		direzione lavori	Geom. Katia Dandrea			
SPERIMENTATORE			DIRETTORE				



## CERTIFICATO DI PROVA

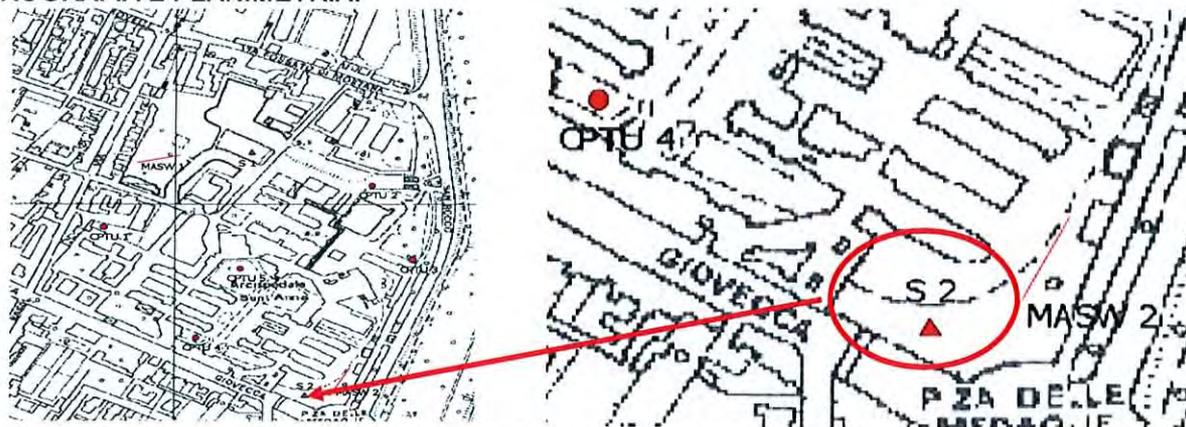
CERTIFICATO N°	10/11	data	07/02/2011	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	data	26/01/2011
----------------	-------	------	------------	-------------------------	-------	------	------------

<b>COMMITTENTE:</b>	Dott. Geol. MARI Riccardo
<b>LOCALITA':</b>	FERRARA
<b>CANTIERE:</b>	Arcispedale S. Anna
<b>Sondaggio N°:</b>	S2
<b>Specifiche di prova:</b>	ASTM D 2488-90; AGI 1977
<b>Attrezzatura:</b>	PUNTEL PX 750
<b>Metodo perforazione:</b>	Carotaggio Continuo; PRO E01; PRO E02; PRO E03; PRO E06; PRO E08; PRO E12
<b>Attrezzi:</b>	Carotiere semplice Ø 101 mm rivestimenti metallici Ø 127 mm

<b>QUOTA INIZIO</b>	P.C.
<b>PROFONDITA' DEL SONDAGGIO</b>	30,00 m
<b>PROFONDITA' DELLA FALDA</b>	1,90 m

**ANNOTAZIONI:**

**COROGRAFIA E PLANIMETRIA:**



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 Pagine

Sperimentatore



**COMMITTENTE** Dott. Geol. MARI Riccardo  
**LOCALITA'** Arcispedale S. Anna - FERRARA

NOTE

**CAMPIONI**

LEFRANC  
 SPT  
 INDISTURBATI



LIVELLO ACQUA DATA MT. dal P.C. PROF. FORO PROF. RIVEST. ASSISTENTI OPERATORI  
 30,00 m 28,50 m D. Pellegrini R. Sacchetti

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	TIPO	NUM.	PROF.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kPa	TORVANE kPa	PIEZOMETRO
1	0,40					Materiale di riporto costituito da argilla nocciola scura e laterizi.			
	0,80					Argilla debolmente limosa nocciola con ossidazioni ocree.	216	118	
2	1,30					Sabbia fine limosa passante a limo sabbioso di colore nocciola.			
	2,10					Argilla debolmente limosa di colore nocciola con ossidazioni.	245	69	
3	2,50					Sabbia medio fine con limo passante a limo sabbioso di colore nocciola.			
	4,00					Argilla debolmente limosa a tratti sabbiosa color nocciola e variegata grigio con frustoli e ossidazioni. Presenza di un livello limoso sabbioso tra 3,30 - 3,70 m.	118	20	
4	4,30			SH1	4,30 4,80	Argilla debolmente limosa a tratti sabbiosa color nocciola e variegata grigio con frustoli e ossidazioni. Presenza di un livello limoso sabbioso tra 3,30 - 3,70 m.	29	59	
	5,40					Argilla debolmente limosa variegata nocciola e grigia con noduli calcitici.	78	59	
5	7,00			SH2	7,00 7,50	Argilla grigia a tratti debolmente limosa con frustoli.	118	59	
	8,00					Argilla grigio nerastra a tratti limoso sabbiosa. Presenza di un livello di limo sabbioso tra 8,60 - 8,90 m.	88	64	
6	8,90					Sabbia fine deb. limosa di colore grigio, a tratti limosa.	167	78	
	10,00					Limo argilloso organico di colore grigio scuro.	147	59	
7	9,50			SH3	9,50 10,00	Argilla grigio nerastra a tratti limoso sabbiosa. Presenza di un livello di limo sabbioso tra 8,60 - 8,90 m.	49	59	
	11,20					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	78	59	
8	13,50			SH4	13,50 14,00	Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	49	
	14,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	118	59	
9	11,20					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	118	69	
	13,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	88	69	
10	13,50					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	59	69	
	14,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
11	13,50					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
	14,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
12	13,50					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
	14,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
13	13,50					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
	14,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
14	13,50					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
	14,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
15	13,50					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	
	14,00					Argilla organica di colore grigio con la presenza di livelli torbosi tra 11,20 - 11,50 m e tra 14,40 - 14,50 m; presenza di argilla organica tendente nerastra tra 11,50 - 11,80 m; argilla limosa di colore grigio tra 12,80 - 13,00 m.	69	59	

Certificato n°	10-nov	data	07/02/11	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	DATA	26/01/2011
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977			responsabili	0		
elaborazione	Dr. Davide Pellegrini			responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renzo		
verifica	Dott. Renato Sacchetti			direzione lavori	Geom. Katia Dandrea		
SPERIMENTATORE				DIRETTORE			



COMMITTENTE Dott. Geol. MARI Riccardo

LOCALITA' Arcispedale S. Anna - FERRARA

PIEZOMETRO

NOTE

CAMPIONI

LEFRANC

SPT

INDISTURBATI



LIVELLO ACQUA

DATA MT. dal P.C.

PROF. FORO

PROF. RIVEST.

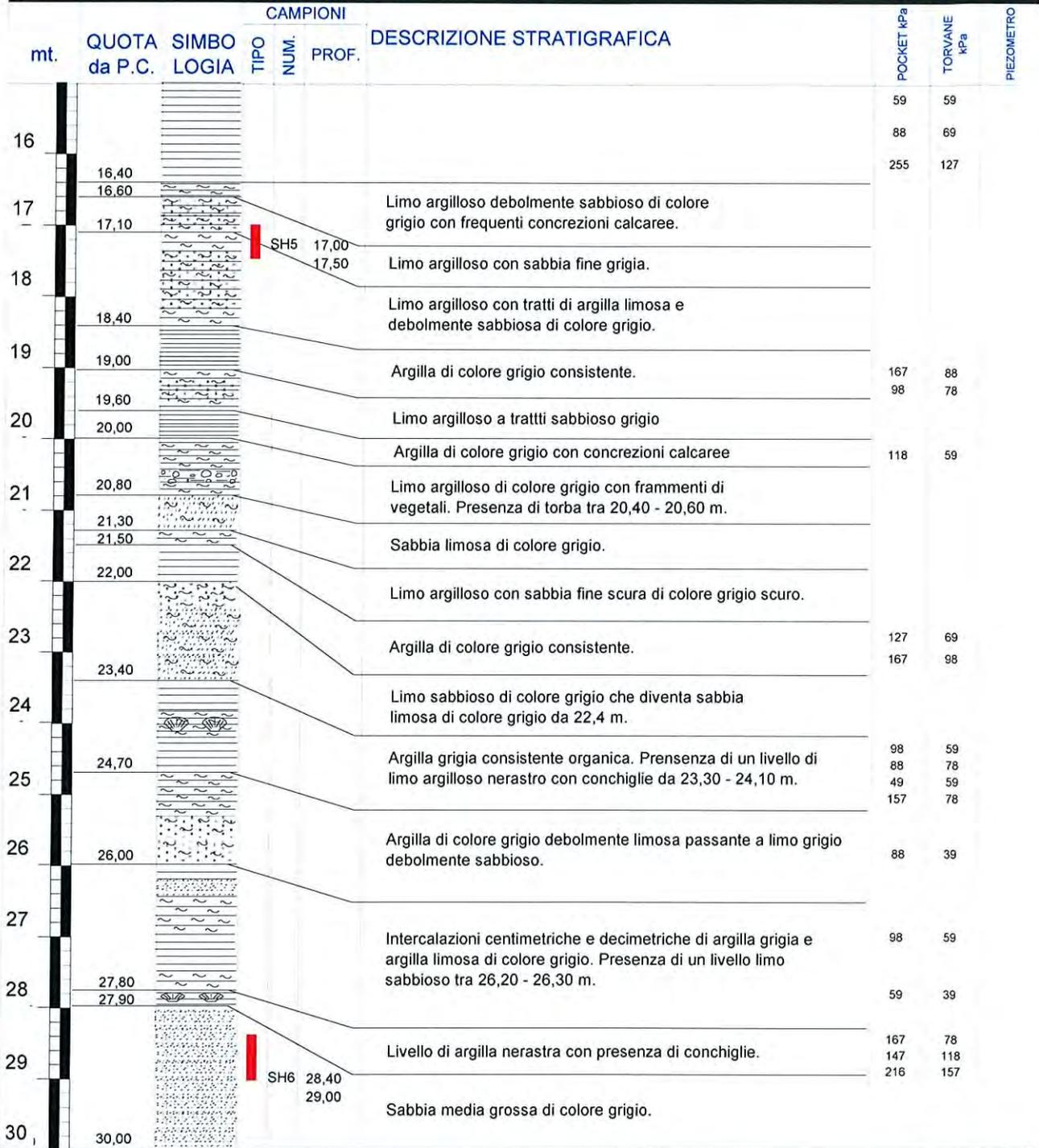
ASSISTENTI

D. Pellegrini

OPERATORI

R. Sacchetti

30,00 m 28,50 m



Certificato n°	10-nov	data	07/02/11	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	DATA	26/01/2011	
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977							
responsabili	Dr. Davide Pellegrini		revisione	0	inizio lavori	26 gennaio 2011	fine lavori	3 febbraio 2011
elaborazione	Dr. Davide Pellegrini		responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato				
verifica	Dott. Renato Sacchetti		direzione lavori	Geom. Katia Dandrea				
SPERIMENTATORE				DIRETTORE				

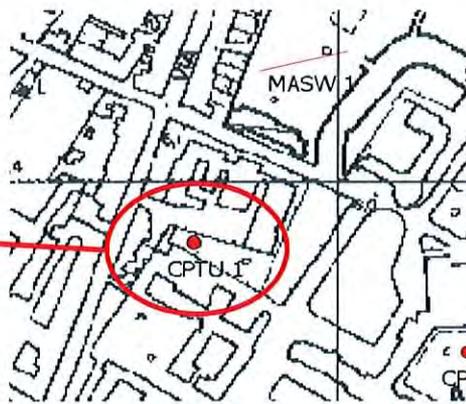


## CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	11/11	data	07/02/2011	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	data	26/01/2011
----------------	-------	------	------------	-------------------------	-------	------	------------

COMMITTENTE:	Dott. Geol. MARI Riccardo
LOCALITA':	FERRARA
CANTIERE:	Arcispedale S.Anna
CPTU N°	1
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	26/01/2011
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	30,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,70 m

### COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

Direttore



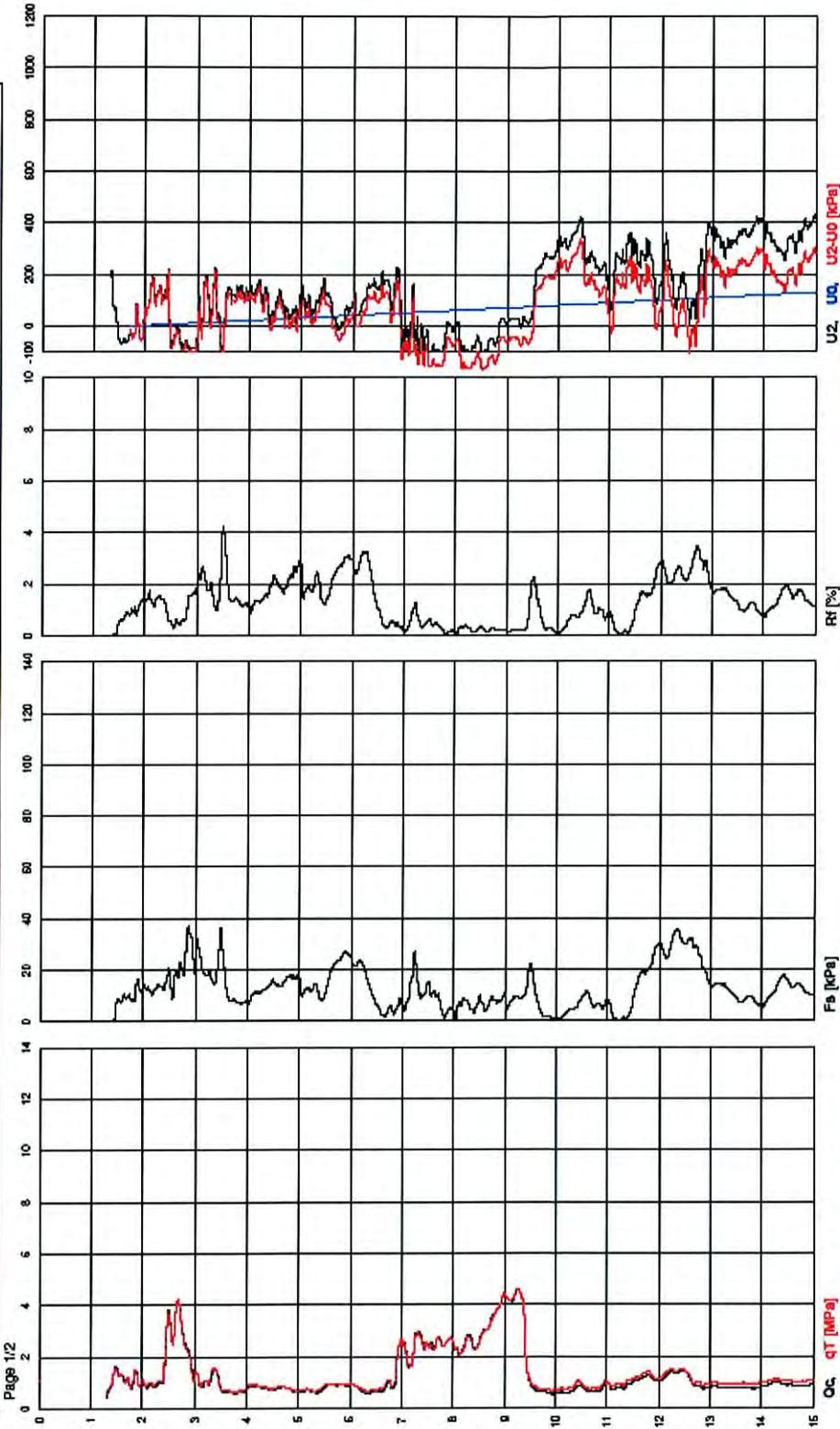
Certificato n°	11/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	-------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.**  
 Site: Arcispedale S. Anna  
 Locality: Ferrara

Commissioner: **Dott. Geol. Mari Riccardo**

Test Location: CPTU 1  
 Date: 26/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
 Prehole [cm]: 130  
 Hydrostatic Line [cm]: 170

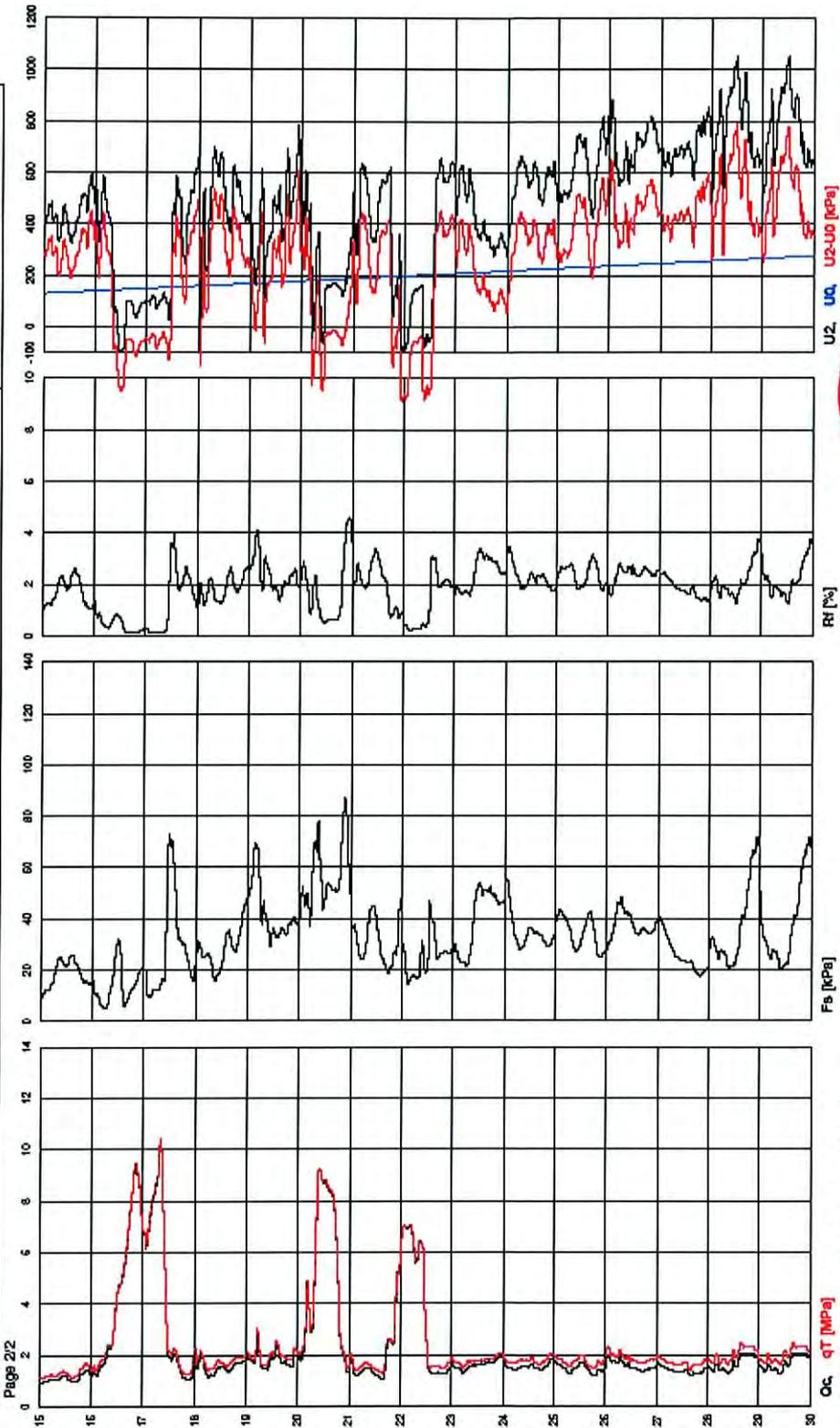


Sperimentatore

Certificato n°	11/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	-------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.** Commissioner: **Dott. Geol. Mari Riccardo**

Site: **Arcispedale S. Anna** Test Location: **CPTU 1** Abs. quota [cm]: **0**  
 Locality: **Ferrara** Date: **26/01/2011** Penole [cm]: **130**  
 Hydraulic Line [cm]: **170**



TSSW03 for Figure Geotechnical Equipment accettazione systems



Sperimentatore

## CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	12/11	data	07/02/2011	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	data	26/01/2011
----------------	-------	------	------------	-------------------------	-------	------	------------

COMMITTENTE:	Dott. Geol. MARI Riccardo
LOCALITA':	FERRARA
CANTIERE:	Arcispedale S. Anna
CPTU N°	2
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	28/01/2011
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	30,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,90 m

### COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore



Certificato n°	12/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	----------------------------	-------	------	----------

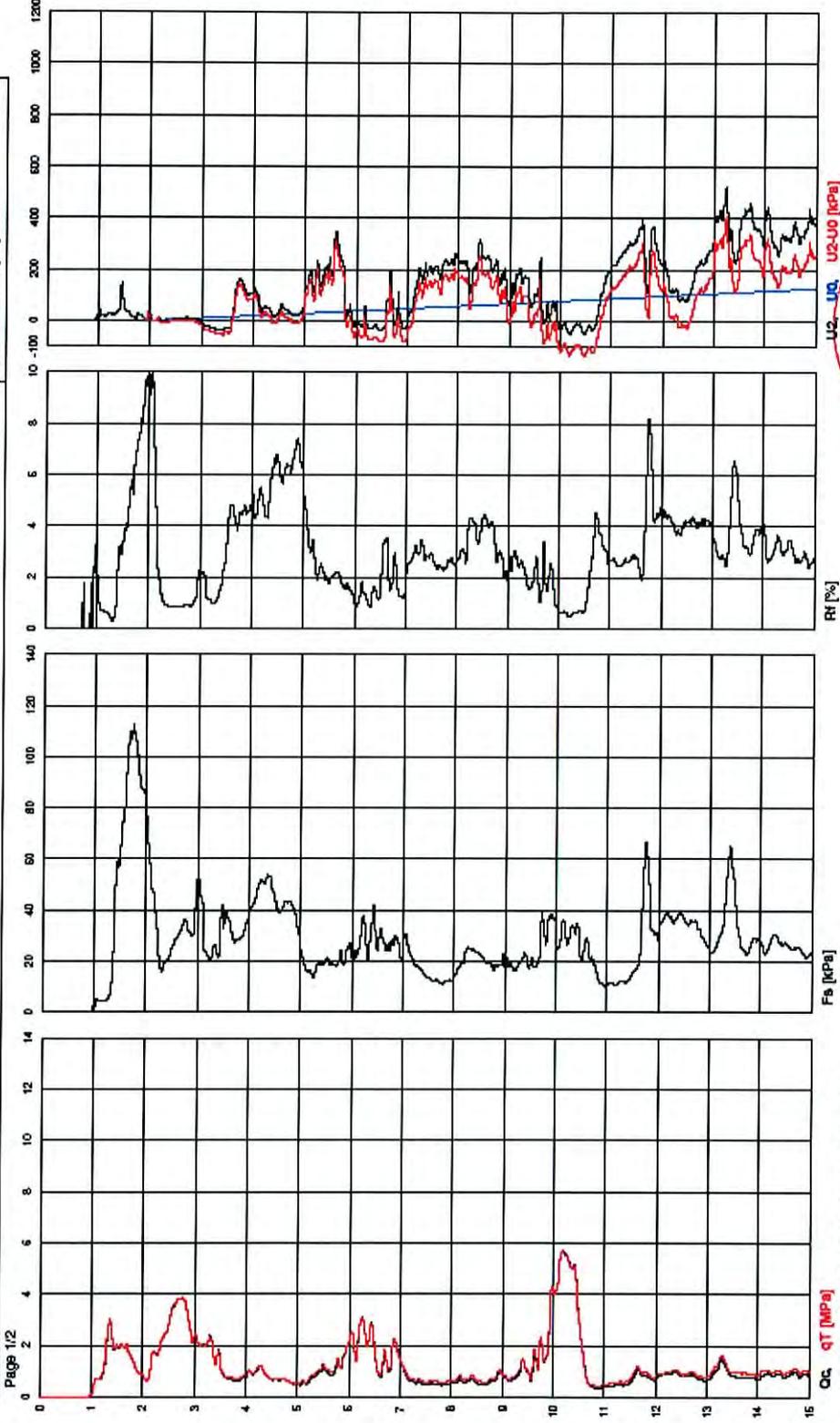
**SONGEO S.r.l.**

Site: Arcispedale S. Anna  
Locality: Ferrara

Commissioner: Dott. Geol. Mari Riccardo

Test Location: CPTU 2  
Date: 29/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
Pneolo [cm]: 0  
Hydrostatic Line [cm]: 190



Sperimentatore



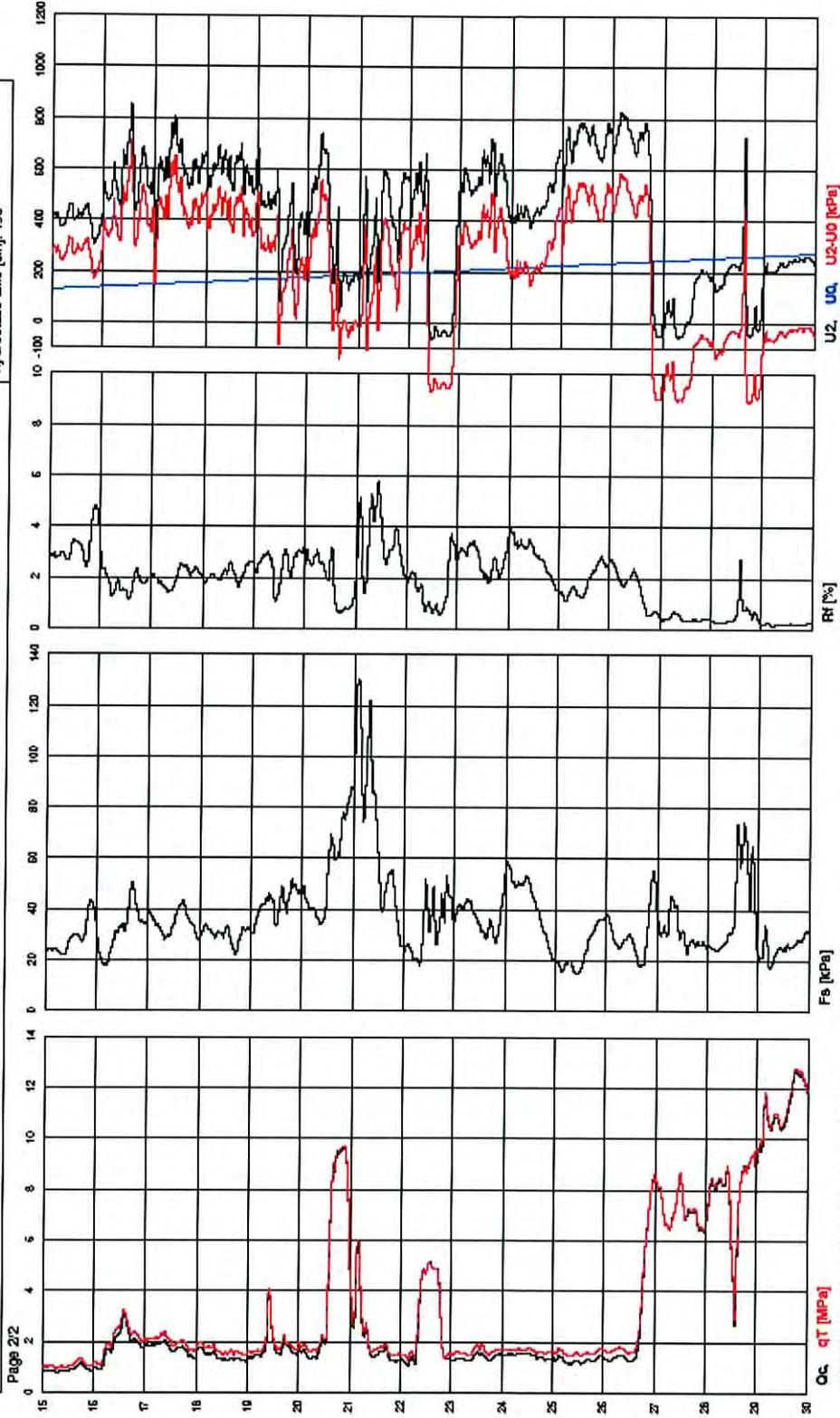
Certificato n°	12/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	----------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.**  
 Site: Arispedale S.Aina  
 Locality: Ferrara

**Commissioner: Dott. Geol. Mari Riccardo**

Test Location: CPTU 2  
 Date: 28/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
 Piezo [cm]: 0  
 Hydrostatic Line [cm]: 190



TGSW03 for Figure Geotechnical Equipment acquisition systems

Spesimintatore

Direttore

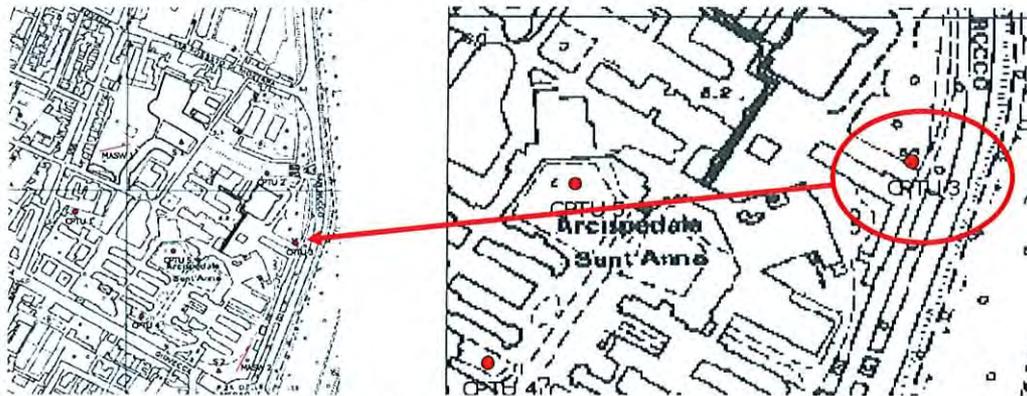


## CERTIFICATO DI PROVA

<b>Certificato n°</b>	13/11	<b>data</b>	07/02/2011	<b>N° VERBALE ACCETTAZIONE</b>	02/11	<b>data</b>	26/01/2011
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

<b>COMMITTENTE:</b>	Dott. Geol. MARI Riccardo
<b>LOCALITA':</b>	FERRARA
<b>CANTIERE:</b>	Arcispedale S. Anna
<b>CPTU N°</b>	3
<b>Specifiche di prova:</b>	ASTM D 3441-98; AGI 1977
<b>Attrezzatura:</b>	Penetrometro PAGANI TG 63-200
<b>Procedure:</b>	PRO E05
<b>Attrezzi:</b>	Punta elettrica e piezocono
<b>DATA ESECUZIONE PROVA</b>	26/01/2011
<b>QUOTA INIZIO PROVA</b>	p.c.
<b>PROFONDITA' DELLA PROVA</b>	30,00 m
<b>PROFONDITA' DELLA FALDA</b>	1,90 m

**COROGRAFIA E PLANIMETRIA:**



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore



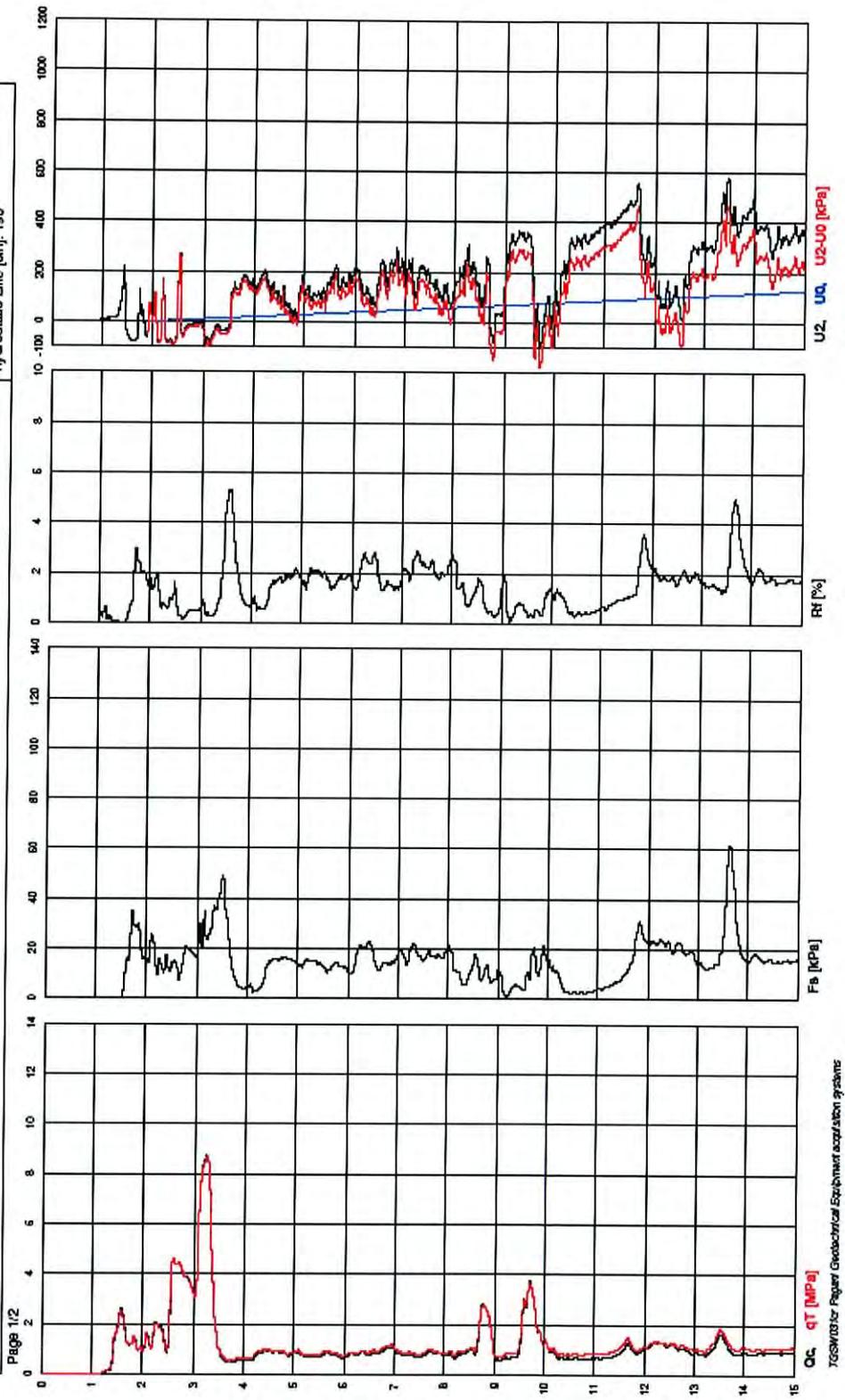
Certificato n°	13/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	----------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.**  
 Site: Arcispedale S. Anna  
 Locality: Ferrara

**Commissioner: Dott. Geol. Mari Riccardo**

Test Location: CPTU 3  
 Date: 25/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
 Penetrola [cm]: 0  
 Hydraulic Line [cm]: 190



Sperimentatore



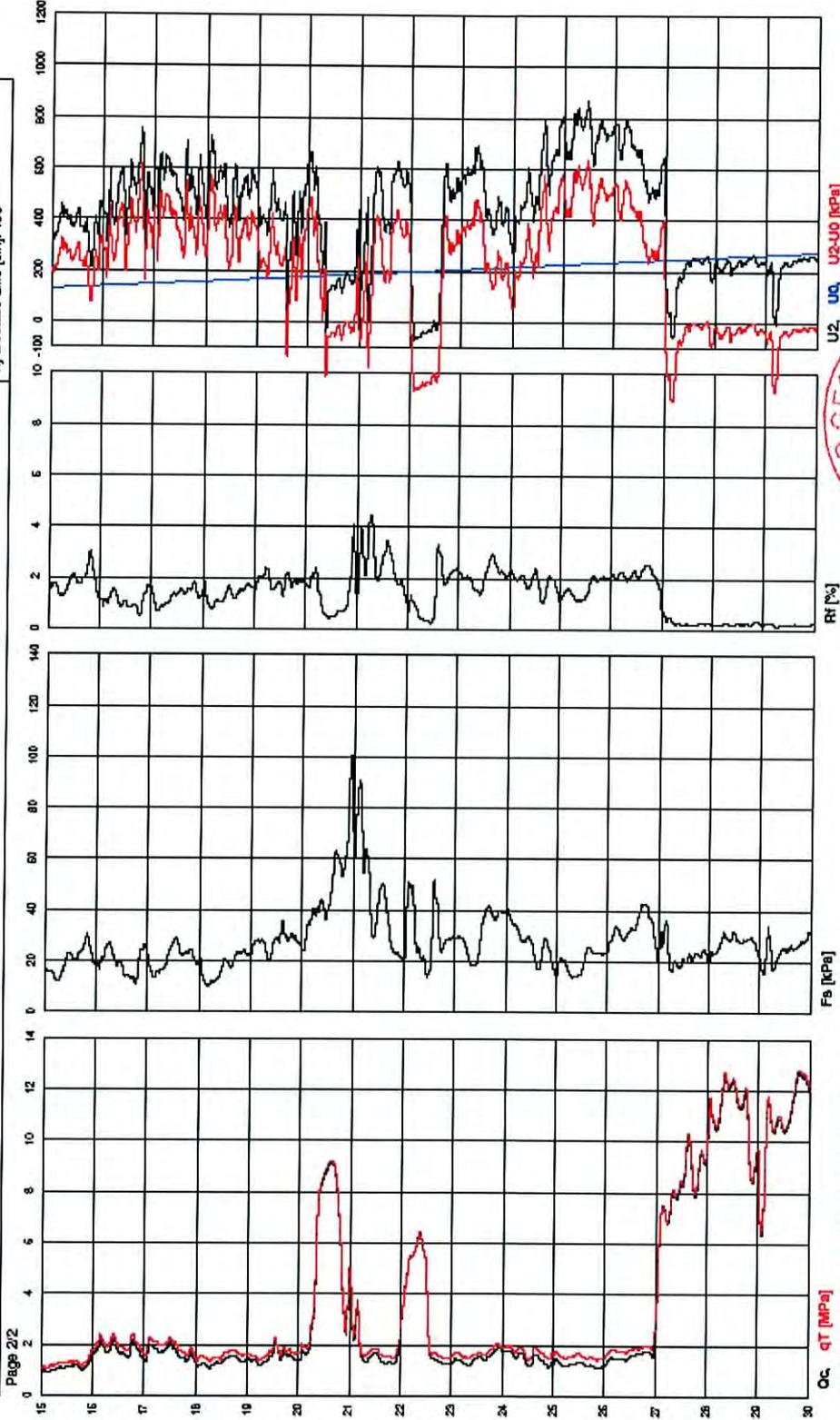
Certificato n°	13/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	----------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.**  
 Site: Arcispedale S. Anna  
 Locality: Ferrara

**Commissioner: Dott. Geol. Mari Riccardo**

Test Location: CPTU 3  
 Date: 26/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
 Piezole [cm]: 0  
 Hydrostatic Line [cm]: 190



TSSW03 for Figure Geotechnical Equipment suppliers systems



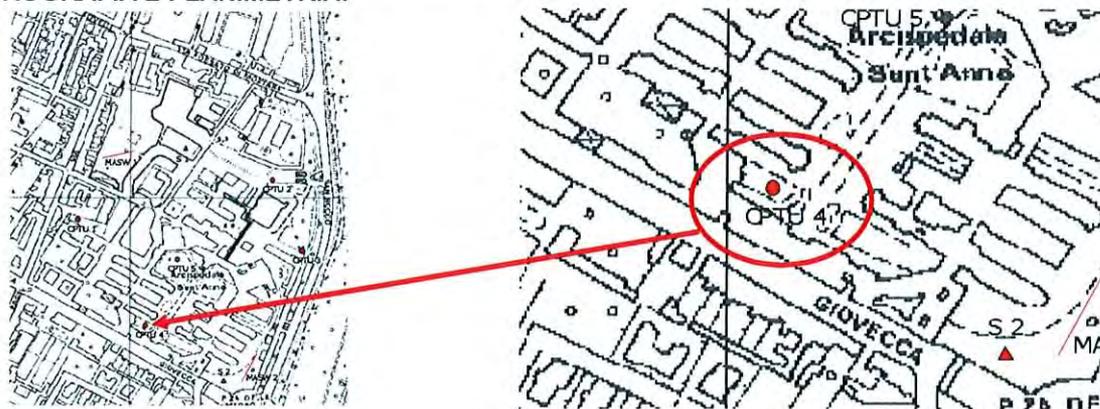
Sperimentatore

## CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	14/11	data	07/02/2011	N° VERBALE ACCETTAZIONE	02/11	data	26/01/2011
----------------	-------	------	------------	-------------------------	-------	------	------------

COMMITTENTE:	Dott. Geol. MARI Riccardo
LOCALITA':	FERRARA
CANTIERE:	Arcispedale S. Anna
CPTU N°	4
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	27/01/2011
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	30,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,90 m

### COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

Direttore



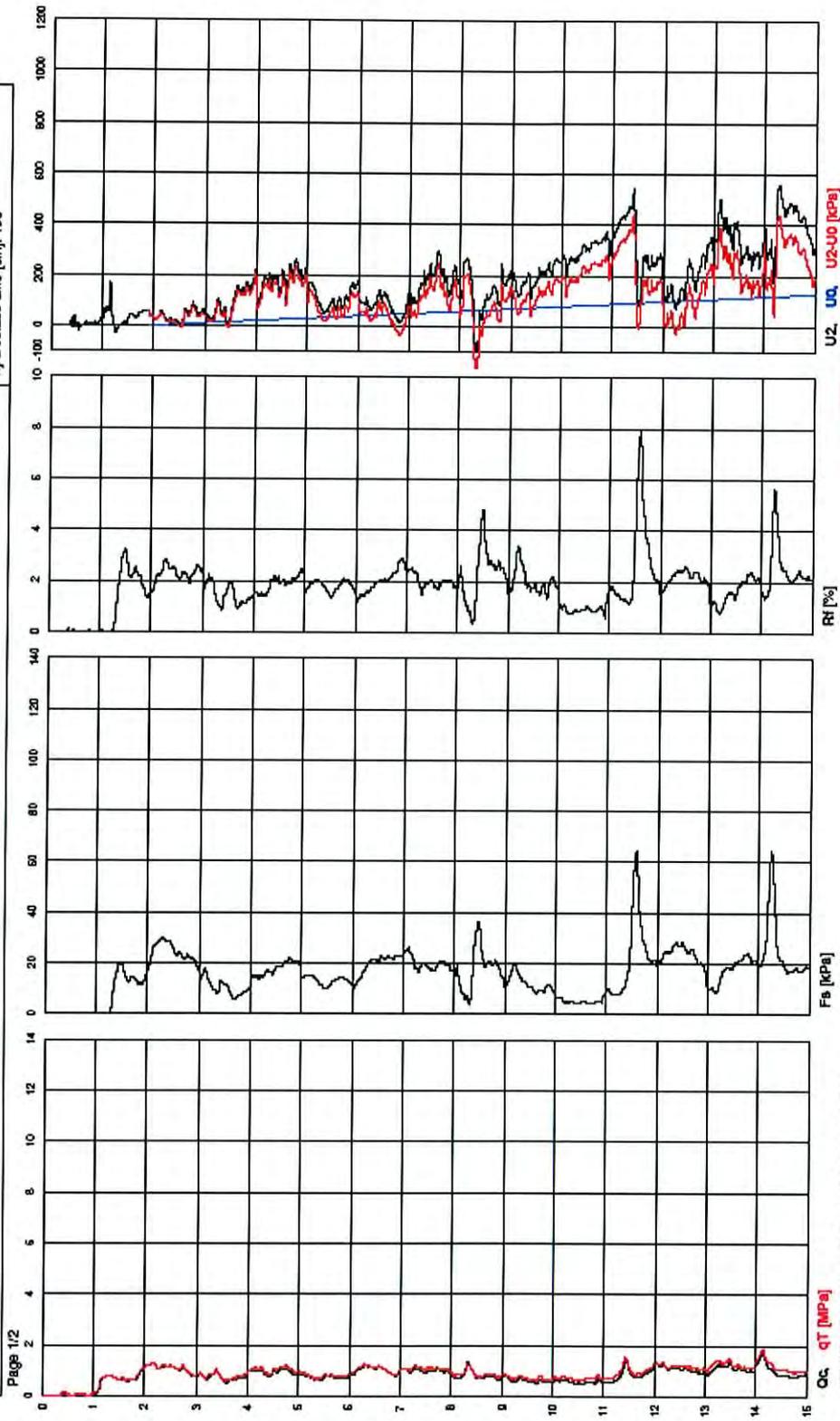
Certificato n°	14/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	----------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.** Commissioner: **Dott. Geol. Mari Riccardo**

Site: Arcispedale S. Anna  
Locality: Ferrara

Test Location: CPTU 4  
Date: 27/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
Piezole [cm]: 0  
Hydrostatic Line [cm]: 190



Sperimentatore

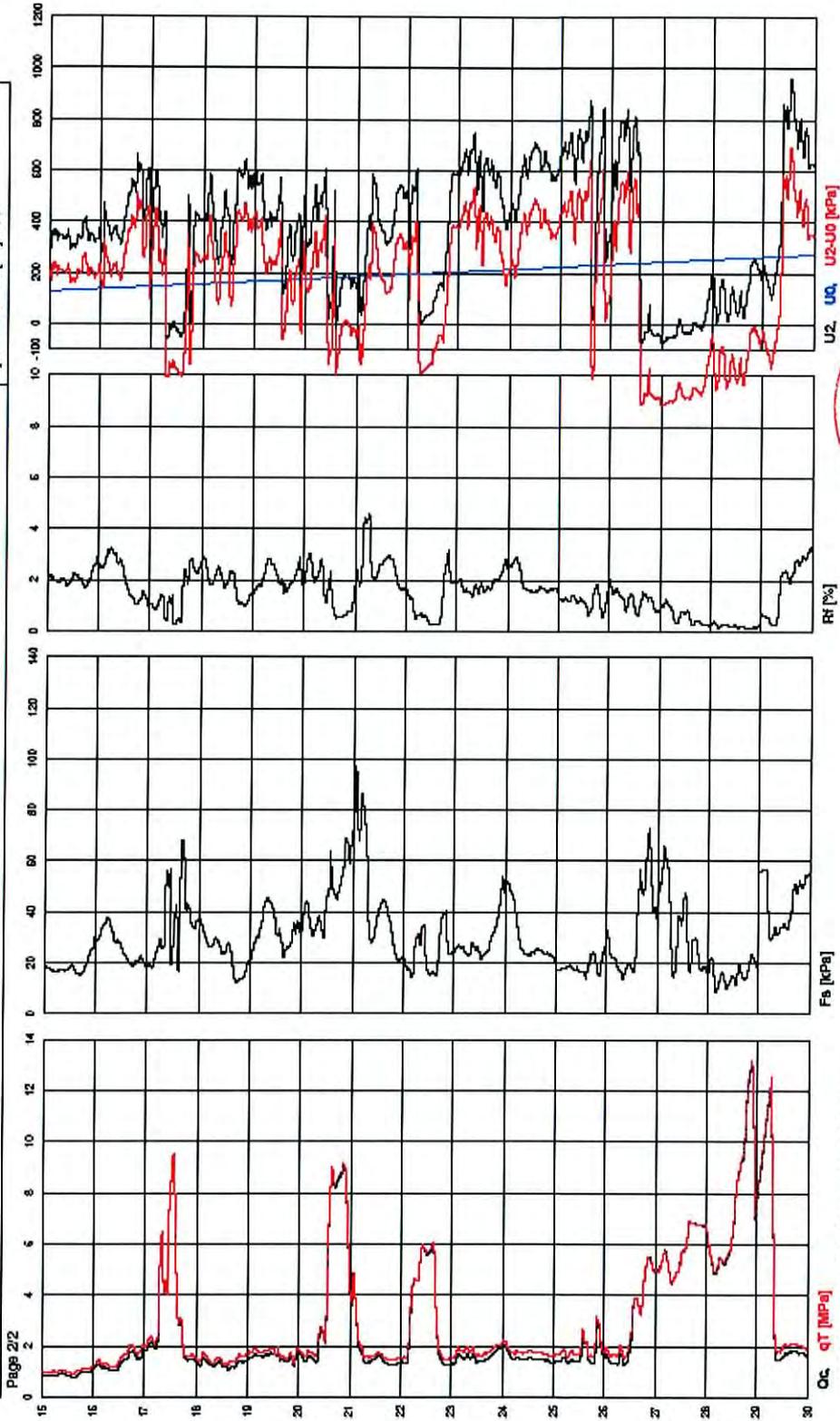
Certificato n°	14/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	-------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.**  
 Site: Arcispedale S. Anna  
 Locality: Ferrara

**Commissioner: Dott. Geol. Mari Riccardo**

Test Location: CPTU 4  
 Date: 27/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
 Piezole [cm]: 0  
 Hydrostatic Line [cm]: 190



Sperimentatore

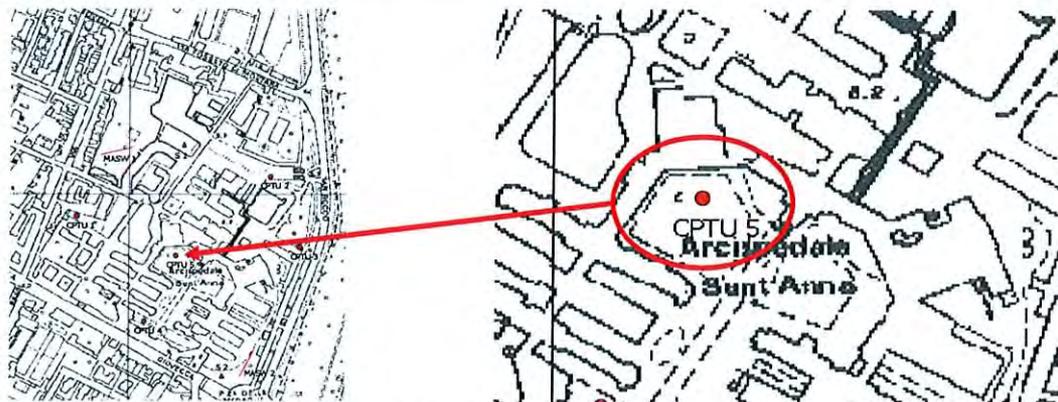
TGSW10101 for Piezometer Equipment acquisition systems

## CERTIFICATO DI PROVA

<b>Certificato n°</b>	15/11	<b>data</b>	07/02/2011	<b>N° VERBALE ACCETTAZIONE</b>	02/11	<b>data</b>	26/01/2011
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------------------	-------	-------------	------------

<b>COMMITTENTE:</b>	Dott. Geol. MARI Riccardo
<b>LOCALITA':</b>	FERRARA
<b>CANTIERE:</b>	Arcispedale S. Anna
<b>CPTU N°</b>	5
<b>Specifiche di prova:</b>	ASTM D 3441-98; AGI 1977
<b>Attrezzatura:</b>	Penetrometro PAGANI TG 63-200
<b>Procedure:</b>	PRO E05
<b>Attrezzi:</b>	Punta elettrica e piezocono
<b>DATA ESECUZIONE PROVA</b>	27/01/2011
<b>QUOTA INIZIO PROVA</b>	p.c.
<b>PROFONDITA' DELLA PROVA</b>	30,00 m
<b>PROFONDITA' DELLA FALDA</b>	1,80 m

**COROGRAFIA E PLANIMETRIA:**



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

Direttore



Certificato n°	15/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	----------------------------	-------	------	----------

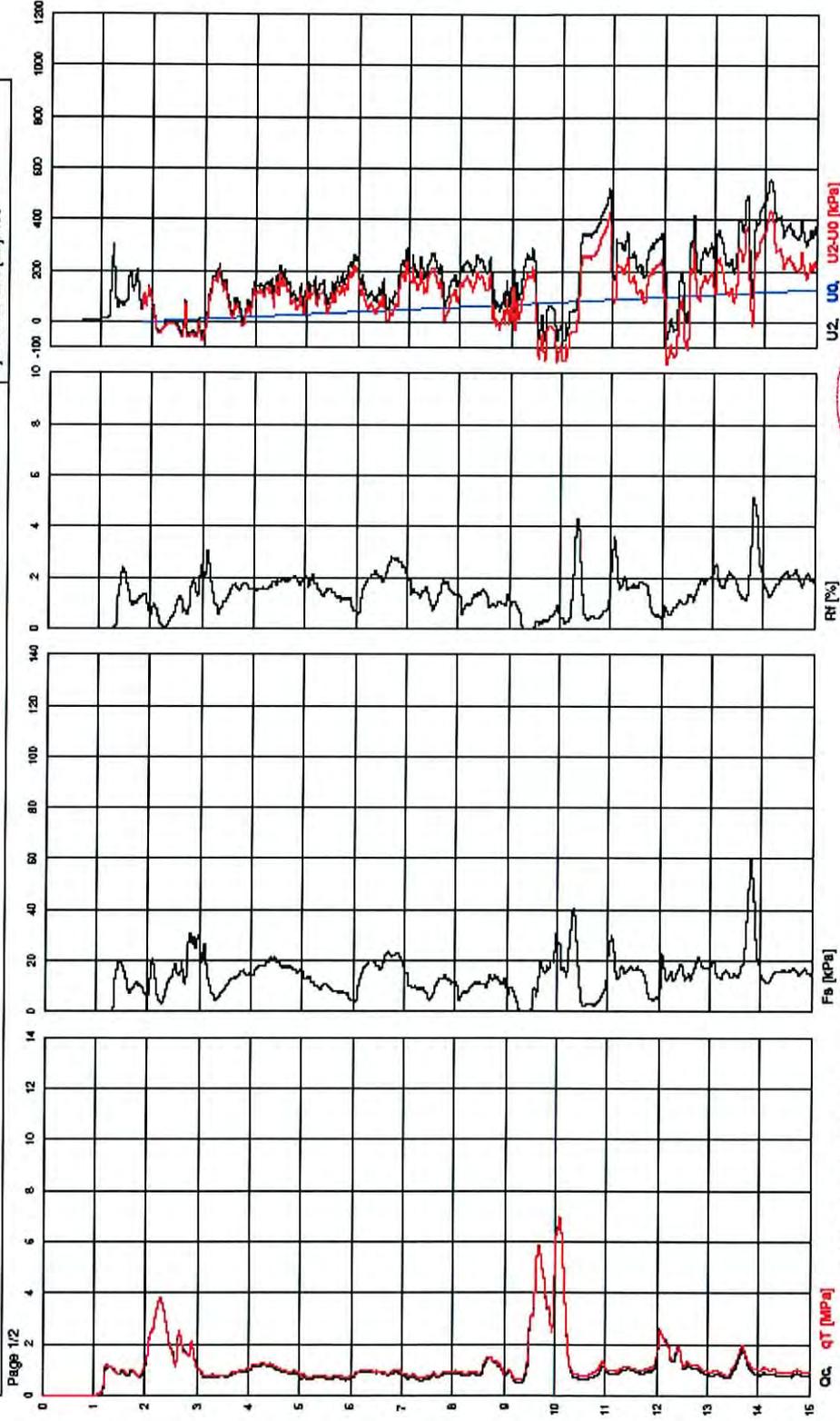
**SONGEO S.r.l.**

Site: Arcispedale S. Anna  
Locality: Ferrara

Commissioner: **Dott. Geol. Mari Riccardo**

Test Location: CPTU 5  
Date: 27/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
Piezole [cm]: 0  
Hydrostatic Line [cm]: 190



Sperimentatore

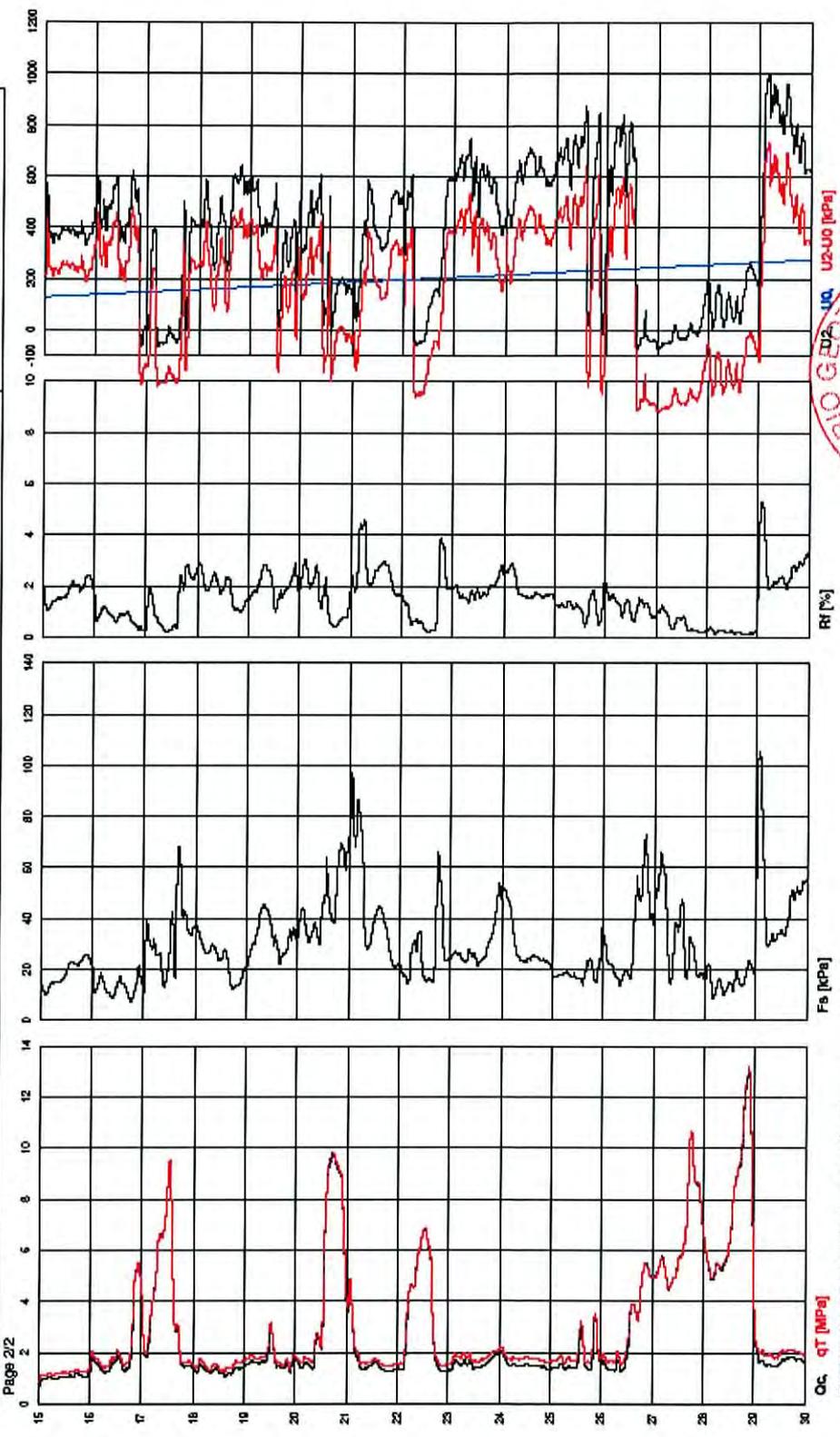
Certificato n°	15/11	Data	07/02/11	N° verbale accettazione	02/11	Data	26/01/11
----------------	-------	------	----------	-------------------------	-------	------	----------

**SONGEO S.r.l.**  
 Site: Arcipelago S. Anna  
 Locality: Ferrara

**Commissioner: Dott. Geol. Mari Riccardo**

Test Locator: CPTU 5  
 Date: 27/01/2011

Abs. quota [cm]: 0  
 Piezole [cm]: 0  
 Hydrostatic Line [cm]: 180



Sperimentatore



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 1

Campione : sh1

Prof. (mt): 2.5-2.9

Verbale Accettazione n° :

3

del :

03/02/2011

Data inizio prova :

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	271.96
Massa terreno secco + Tara ( g )	201.75
Massa tara ( g )	9.39
Contenuto d'acqua - W ( % )	36.5

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	225
Massa tara (g)	73.62
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.743
(kN/m <sup>3</sup> )	17.097

Sperimentatore Dr. Malaguti D	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 13 Data emissione : 23/02/11
----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

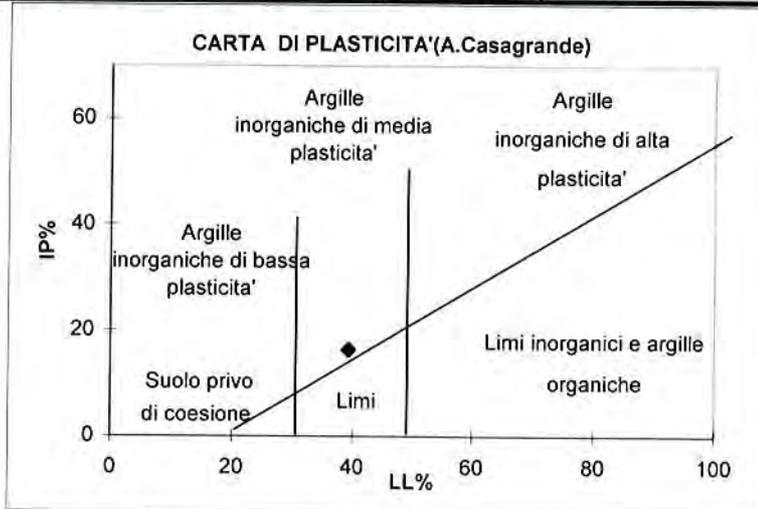
Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )**

**Committente :** Comune di Ferrara  
**Cantiere :** Arcispedale S. Anna (FE)  
**Data inizio prova :** 07/02/2011  
**Sondaggio N°:** 1  
**Campione:** sh1  
**Prof. mt:** 2.5-2.9  
**Verbale accettazione n° :** 3  
**del :** 03/02/2011

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale 4
	1	2	3		
N° COLPI	35	27	12		
Massa terreno umido + tara (g)	23.40	25.90	24.74	12.52	271.96
Massa terreno secco + tara (g)	20.67	22.35	21.18	12.05	201.75
Massa acqua contenuta (g)	2.73	3.55	3.56	0.47	70.21
Massa tara (g)	13.10	12.88	13.21	10.00	9.39
Massa terreno secco (g)	7.57	9.47	7.97	2.05	192.36
Contenuto d'acqua %	36.1	37.5	44.7	22.9	36.5

Limite liquido %	39
Limite Plastico %	23
Umidita' naturale%	36.5
Indice Plastico %	16
Indice di consistenza :	0.17



Pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 14 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE**  
**norma ASTM D 422 - AGI 1994**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

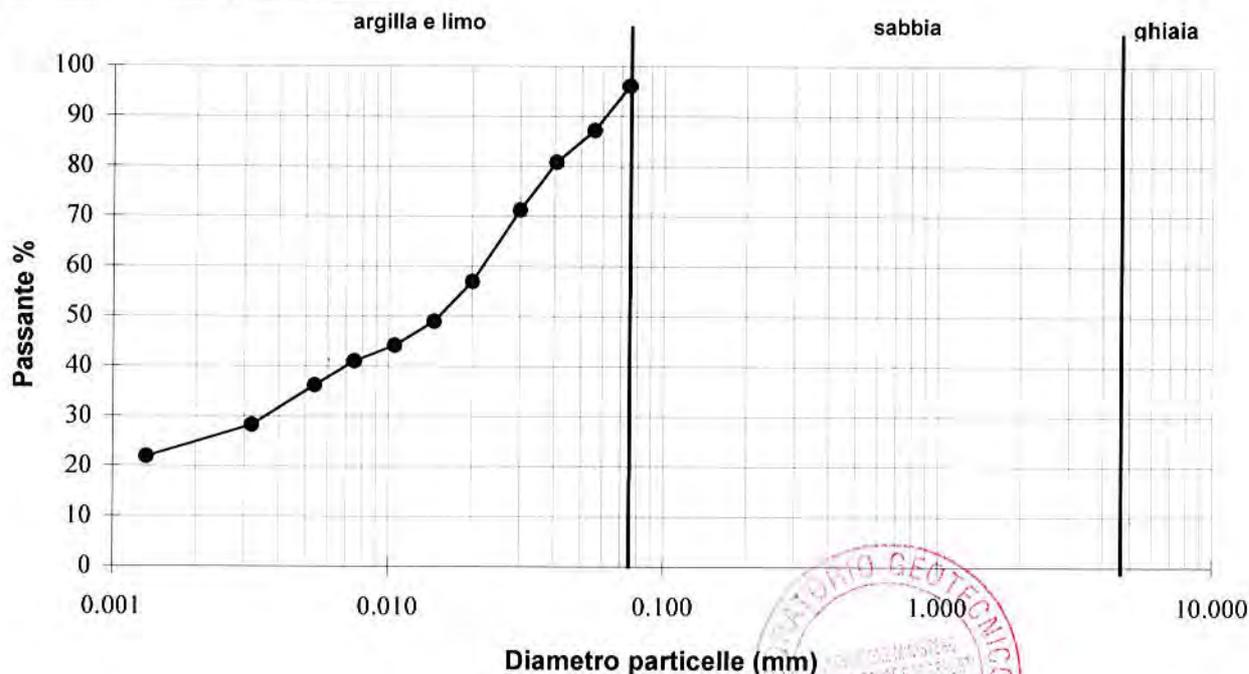
Sondaggio : 1  
 Campione : sh1  
 Profondità (mt): 2.5-2.9  
 Data inizio prova : 09/02/11

Verbale accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	96.00
0.0559	87.17
0.0407	80.79
0.0300	71.24
0.0201	56.92
0.0146	48.96
0.0105	44.18
0.0075	40.99
0.0054	36.22
0.0032	28.27
0.0013	21.91

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84		
<b>Ghiaia</b>	( >4.75mm )	: 0%
<b>Sabbia</b>	( 4.76-0.075mm )	: 4%
<b>Limo e Argilla</b>	( < 0.075mm )	: 96%

trattenuto allo 0.075 mm : 4%



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 15 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

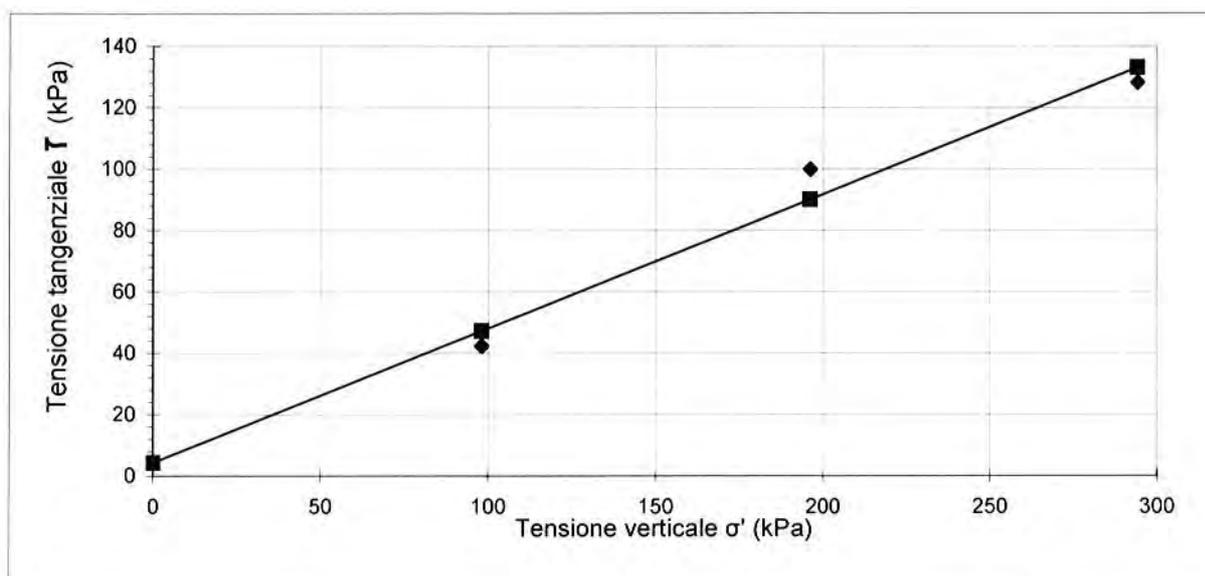
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Comune di Ferrara  
Cantiere : Arcispedale S. Anna  
Campione: S1sh1  
Prof. ( mt ) : 2.5-2.9

Data inizio prova : 04/02/2011

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino ( n° )	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	Tensione tangenziale $\tau$ (kPa)
1	100	42.268
2	200	99.933
3	300	128.079

COESIONE DRENATA ( kPa ):	4.28
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	24



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994**

Committente:	Comune di Ferrara	Verbale accettazione n° :	3
Cantiere :	Arcispedale S. Anna	Data verbale accettazione :	03/02/2011
Campione:	S1sh1		
Prof. ( mt ) :	2.5-2.9	Data inizio prova :	04/02/2011

Descrizione litologica del provino :	argilla limosa nocciola
--------------------------------------	-------------------------

**Caratteristiche dei provini**

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm <sup>2</sup> )	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m <sup>3</sup> )	17.494	17.099	17.078
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m <sup>3</sup> )	12.816	12.545	12.520
Contenuto d'acqua : (W%)	36.50	36.30	36.40

Modalità di consolidazione e rottura			
Tensione verticale (kPa)	100	200	300
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0052	0.0052	0.0052

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 16 Data emissione 23/2/2011
-----------------------------------	--	---



### Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010**

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente: Comune di Ferrara

Verbale accettazione n°: 3

Cantiere: Arcispedale S. Anna

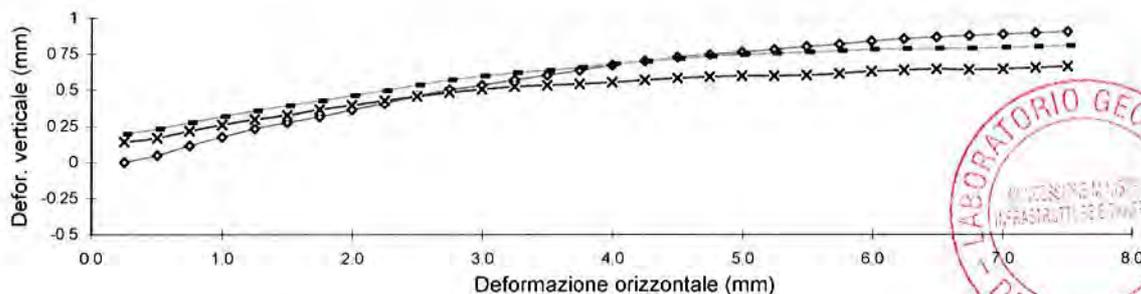
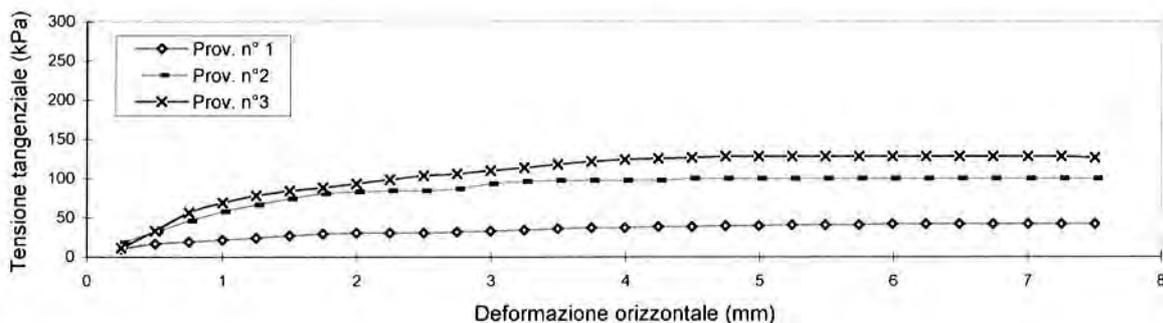
Data verbale accettazione: 03/02/2011

Campione: S1sh1

Prof. ( mt ) : 2.5-2.9

Data inizio prova: 04/02/2011

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994						
def. Orizzontale (mm)	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	10.30	17.95	11.57	0	0.195	0.142
0.50	16.67	32.07	33.34	0.049	0.23	0.168
0.75	19.22	46.09	56.39	0.115	0.276	0.217
1.00	21.77	57.67	69.14	0.176	0.317	0.261
1.25	24.32	66.59	78.16	0.234	0.359	0.298
1.50	26.87	74.34	84.54	0.276	0.393	0.327
1.75	29.42	80.71	88.36	0.315	0.427	0.366
2.00	30.79	83.26	93.56	0.364	0.462	0.396
2.25	30.79	84.54	98.66	0.41	0.496	0.427
2.50	30.79	84.54	103.76	0.459	0.537	0.459
2.75	32.07	87.09	106.31	0.503	0.571	0.486
3.00	33.34	93.56	110.23	0.535	0.598	0.508
3.24	34.62	96.11	114.06	0.571	0.62	0.525
3.49	35.89	97.38	117.88	0.603	0.637	0.535
3.74	37.17	97.38	121.70	0.637	0.657	0.542
3.99	37.17	97.38	124.25	0.672	0.681	0.554
4.24	38.44	97.38	125.53	0.701	0.698	0.569
4.49	38.44	99.93	126.80	0.728	0.718	0.584
4.74	39.72	99.93	128.08	0.745	0.735	0.593
4.99	39.72	99.93	128.08	0.764	0.747	0.598
5.24	40.99	99.93	128.08	0.781	0.755	0.598
5.49	40.99	99.93	128.08	0.801	0.764	0.603
5.74	40.99	99.93	128.08	0.818	0.772	0.615
5.99	42.27	99.93	128.08	0.84	0.781	0.63
6.24	42.27	99.93	128.08	0.855	0.786	0.64
6.49	42.27	99.93	128.08	0.867	0.789	0.645
6.74	42.27	99.93	128.08	0.877	0.789	0.642
7.00	42.27	99.93	128.08	0.886	0.794	0.645
7.25	42.27	99.93	128.08	0.896	0.799	0.654
7.50	42.27	99.93	126.80	0.904	0.806	0.664



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 16 Data emissione : 27/2/11
-----------------------------------	--	---



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 1

Campione : sh2

Profondità (mt): 3.5-4.0

Velocità : 0.5 mm/min

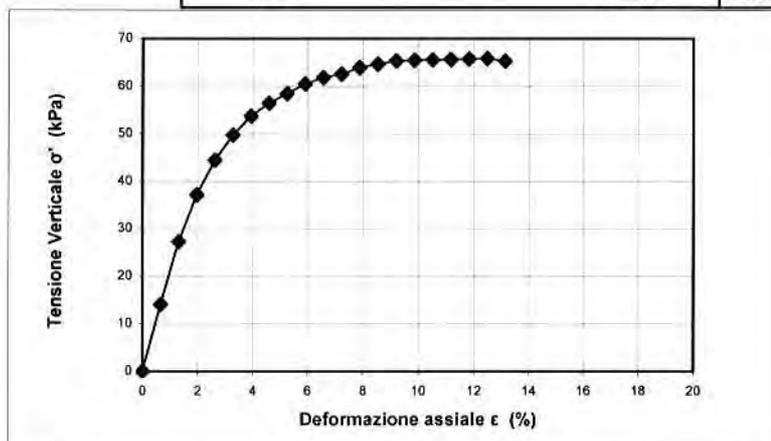
Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

Data inizio prova : 08/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 65.78****Coesione  $C_u$  (kPa) : 32.89**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	14.04
1.3	27.25
2.0	37.15
2.6	44.41
3.3	49.70
3.9	53.68
4.6	56.38
5.2	58.43
5.9	60.43
6.6	61.81
7.2	62.57
7.9	63.90
8.5	64.63
9.2	65.33
9.8	65.44
10.5	65.53
11.2	65.62
11.8	65.71
12.5	65.78
13.1	65.28

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 18.05$ Contenuto d'acqua  $\% = 38.62$ 

Provino n° 1

schema di rottura

Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :

Data emissione :

23/02/11

Pagina n° 1 di 1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 1

Campione : sh2

Profondità (mt): 3.5-4.0

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

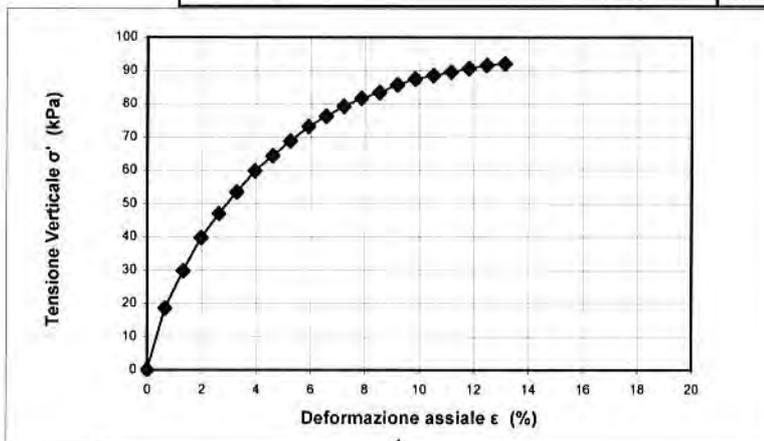
Data inizio prova : 08/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 92****Coesione  $C_u$  (kPa) : 46**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	18.50
1.3	29.79
2.0	39.67
2.6	46.91
3.3	53.43
3.9	59.85
4.6	64.34
5.2	68.77
5.9	73.13
6.6	76.22
7.2	79.26
7.9	81.65
8.5	83.43
9.2	85.74
9.8	87.44
10.5	88.53
11.2	89.59
11.8	90.63
12.5	91.64
13.1	92.07

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 18.02$ 

Contenuto d'acqua % = 38.57



Provino n° 2

schema di rottura

Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 19

Data emissione : 23/02/11

Pagina n°1di1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**  
 Via A. Ascarì, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

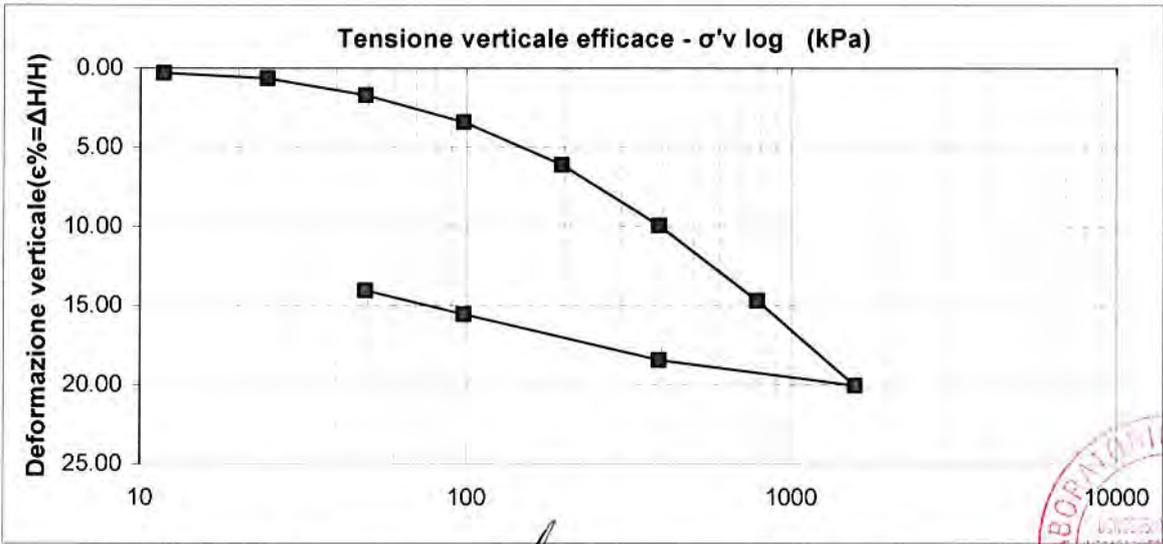
**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE) Sondaggio: 1  
 Data inizio prova : 03/02/11 Campione: sh2  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11 Prof.(m): 3.5-4.0

Natura del campione :	argilla grigio verdastra		
Peso dell'unità di volume :	( kN/m <sup>3</sup> )	17.28	
Peso dell'unità di volume del terreno secco :	( kN/m <sup>3</sup> )	12.47	
Contenuto d'acqua naturale :	(%)	38.6	
Peso specifico dei granuli :	( kN/m <sup>3</sup> )	26.06	
Indice dei vuoti inizio prova :	(e°)	1.090	

$\sigma'v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$M_o$ (kPa)
11.768	.06	.30	1.084	
24.518	.13	.65	1.076	3643
49.035	.34	1.70	1.054	2335
98.070	.68	3.40	1.019	2884
196.140	1.22	6.10	.962	3632
392.280	1.99	9.95	.882	5095
784.560	2.94	14.70	.783	8259
1569.120	4.01	20.05	.671	14665
392.280	3.69	18.45	.704	
98.070	3.11	15.55	.765	
49.035	2.81	14.05	.796	

$\Delta H$  = cedimento  
 $\epsilon = \Delta H/H$  = def. verticale  
 $e^\circ$  = indice dei vuoti  
 $M_o$  = modulo edometrico  
 $\sigma'v$  = tensione verticale efficace



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 20
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

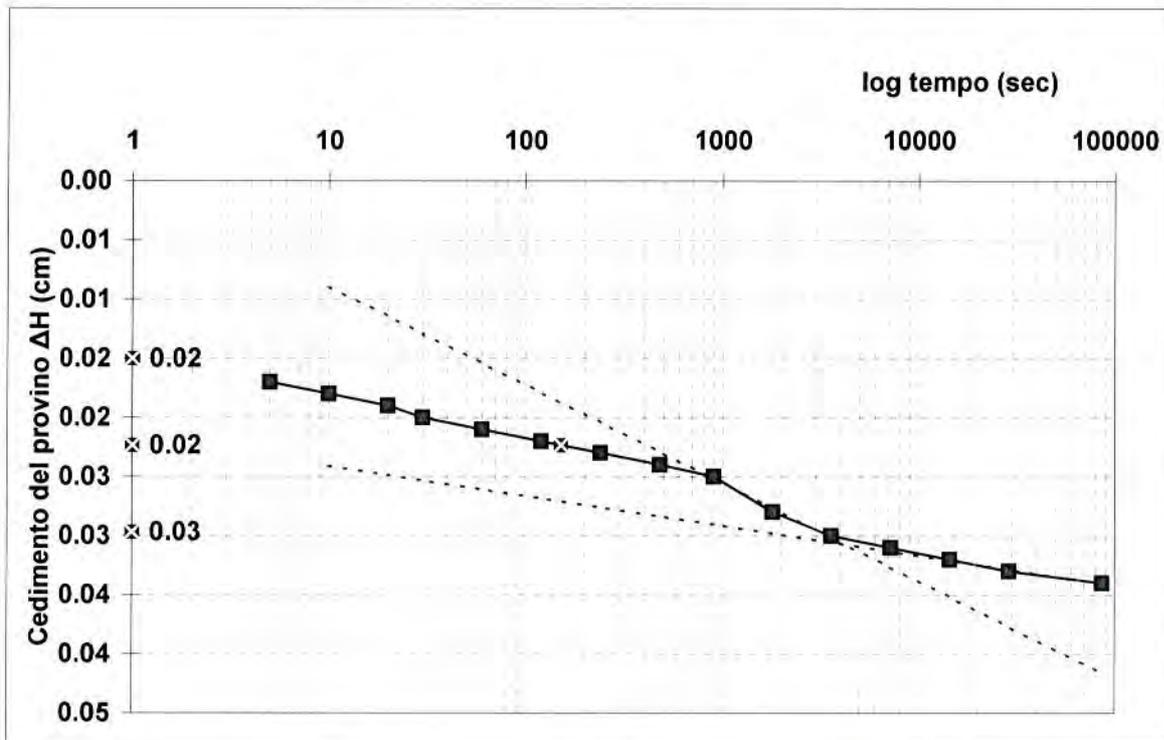
Sondaggio: 1  
 Campione: sh2  
 Prof(m): 3.5-4.0

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio verdastra

Tensione verticale efficace (kPa) : 49.035  
 Cv (cmq/sec): 1.30E-03  
 C alfa 1.26E-05  
 t50 (sec) 151  
 Permeabilità (cm/sec) 1.13E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.016
5	0.016
10	0.017
20	0.018
30	0.019
60	0.020
120	0.021
240	0.022
480	0.023
900	0.024
1800	0.025
3600	0.028
7200	0.030
14400	0.031
28800	0.032
86400	0.033

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :  
 Data emissione : 23/07/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

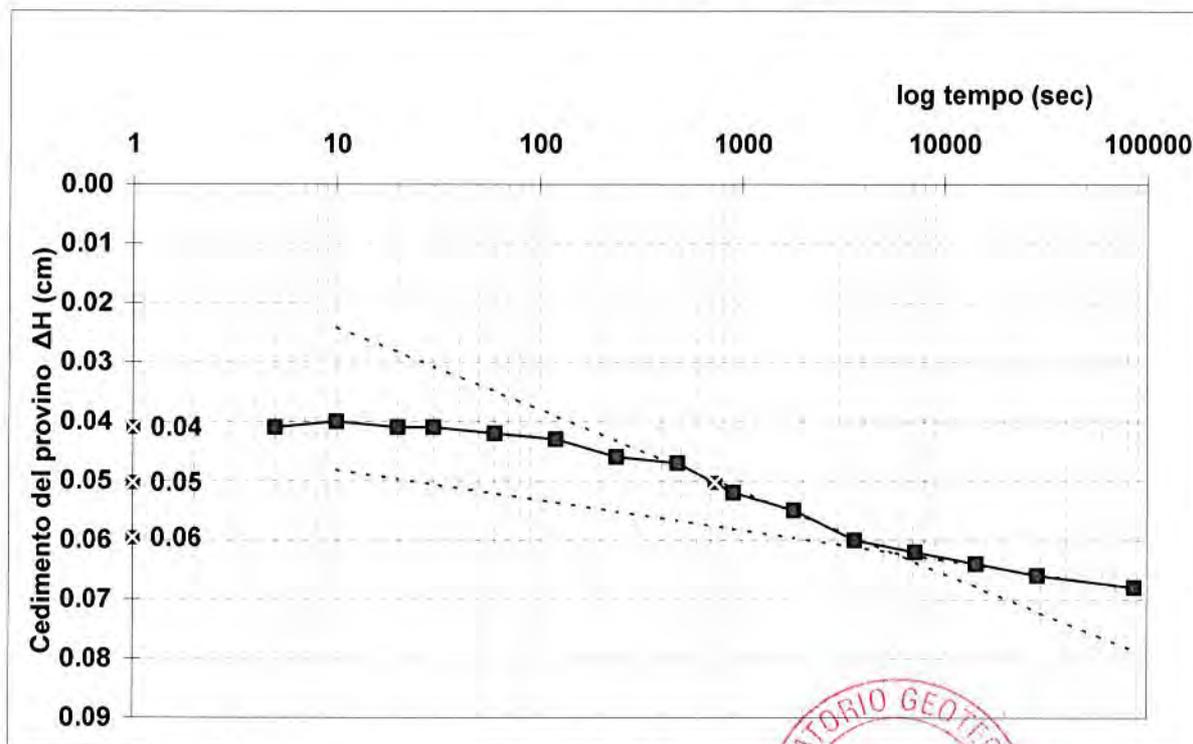
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del: 03/02  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh2  
 Prof(m): 3.5-4.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.040
5	0.041
10	0.040
20	0.041
30	0.041
60	0.042
120	0.043
240	0.046
480	0.047
900	0.052
1800	0.055
3600	0.060
7200	0.062
14400	0.064
28800	0.066
86400	0.068

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio verdastra

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 2.70E-04  
 C alfa 2.53E-05  
 t50 (sec) 729  
 Permeabilità (cm/sec) 9.18176E-09

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 20  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

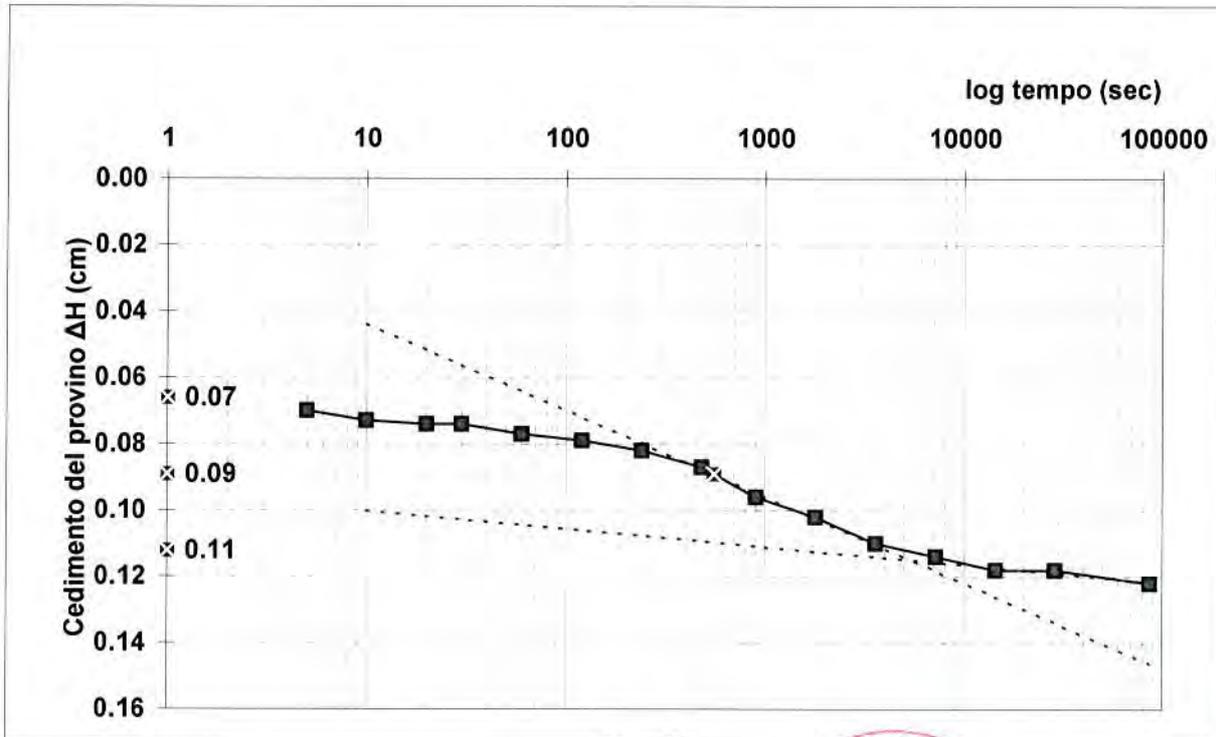
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh2  
 Prof(m): 3.5-4.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.070
5	0.070
10	0.073
20	0.074
30	0.074
60	0.077
120	0.079
240	0.082
480	0.087
900	0.096
1800	0.102
3600	0.110
7200	0.114
14400	0.118
28800	0.118
86400	0.122

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio verdastra

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 3.55E-04  
 C alfa 2.72E-05  
 t50 (sec) 554  
 Permeabilità (cm/sec) 9.59063E-09

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 23  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

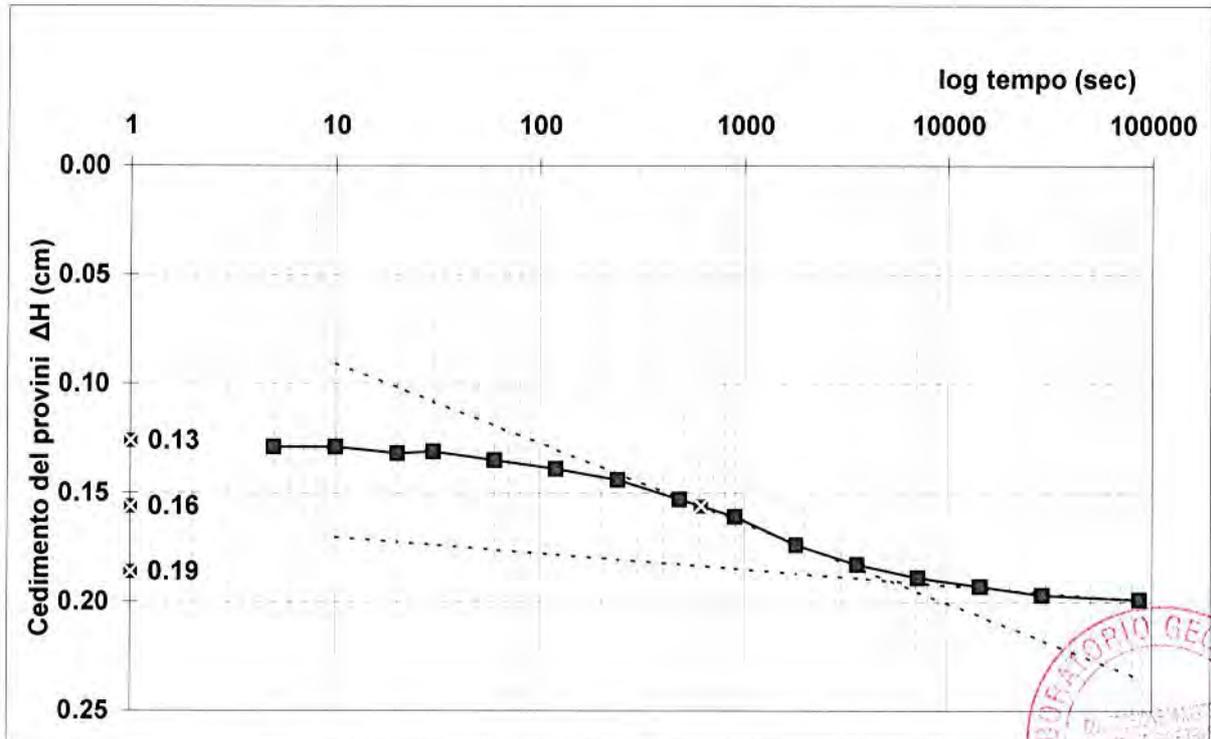
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 3.5-4.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigio verdastra

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 3.22E-04  
 C alfa 3.70E-05  
 t50 (sec) 611  
 Permeabilità (cm/sec) 6.19291E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.127
5	0.129
10	0.129
20	0.132
30	0.131
60	0.135
120	0.139
240	0.144
480	0.153
900	0.161
1800	0.174
3600	0.183
7200	0.189
14400	0.193
28800	0.197
86400	0.199

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 22  
 Data emissione : 03/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

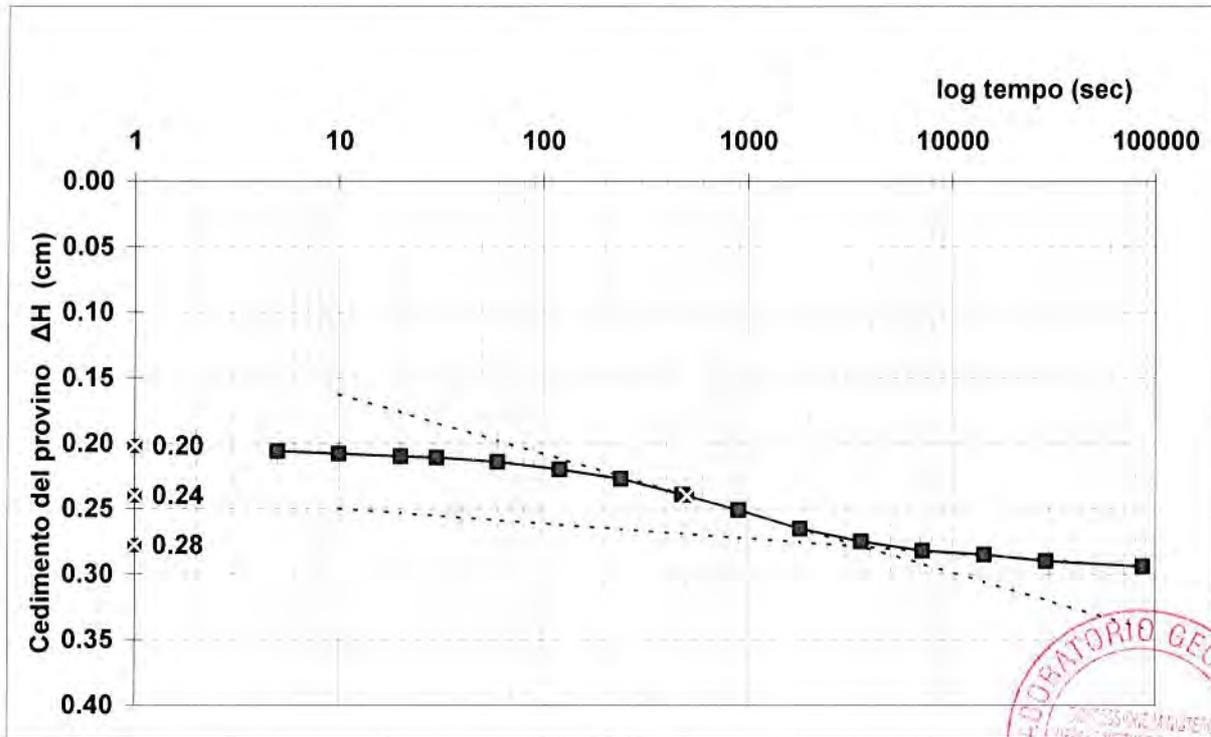
**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11  
  
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 3.5-4.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.204
5	0.206
10	0.208
20	0.210
30	0.211
60	0.214
120	0.220
240	0.227
480	0.239
900	0.251
1800	0.265
3600	0.275
7200	0.282
14400	0.285
28800	0.290
86400	0.294

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigio verdastra

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 3.89E-04  
 C alfa 5.64E-05  
 t50 (sec) 504  
 Permeabilità (cm/sec) 4.618E-09

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 27
		Data emissione 29/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

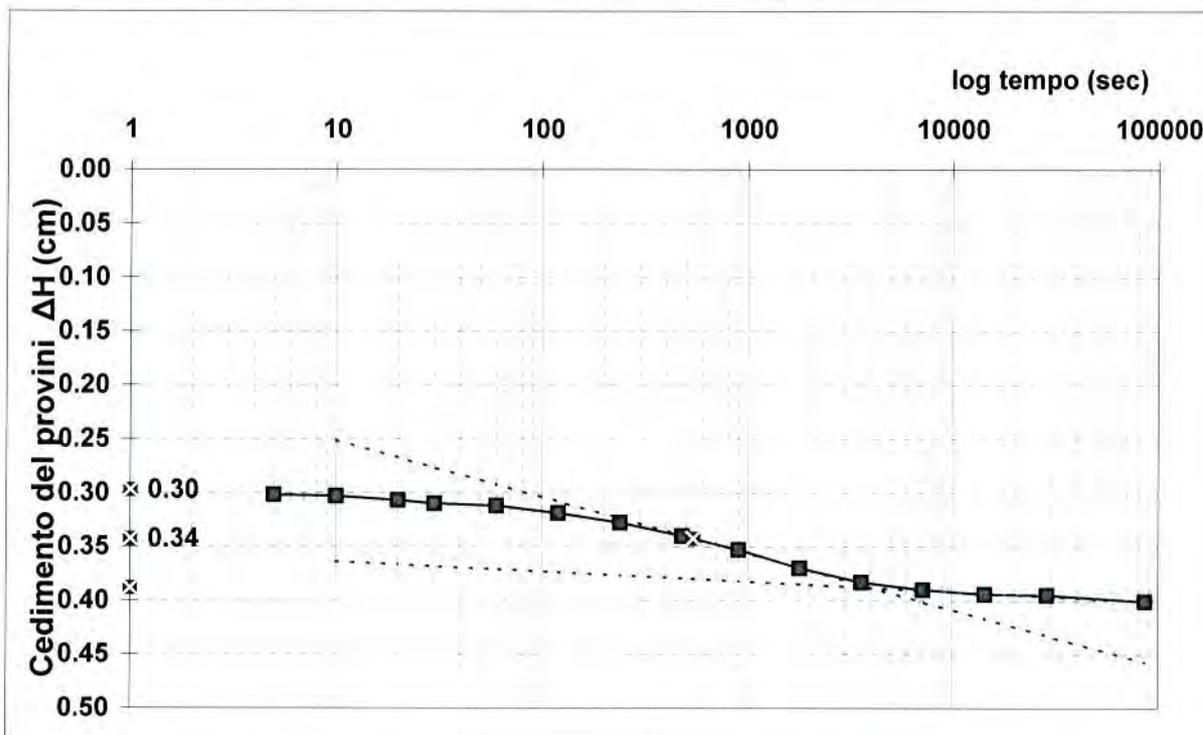
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 3.5-4.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigio verdastra

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 3.61E-04  
 C alfa 4.67E-05  
 t50 (sec) 543  
 Permeabilità (cm/sec) 2.412E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.301
5	0.302
10	0.303
20	0.307
30	0.310
60	0.312
120	0.319
240	0.328
480	0.340
900	0.353
1800	0.370
3600	0.383
7200	0.390
14400	0.394
28800	0.395
86400	0.401

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 20  
Data emissione : 23/2/11



**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio :	1	Verbale Accettazione n° :	3
Campione :	sh2	del :	03/02/2011
Prof. (mt):	3.5-4.0	Data inizio prova :	03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	200.07
Massa terreno secco + Tara ( g )	146.73
Massa tara ( g )	8.52
Contenuto d'acqua - W ( % )	38.6

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	233.32
Massa tara (g)	73.64
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.839
(kN/m <sup>3</sup> )	18.035

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 21
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

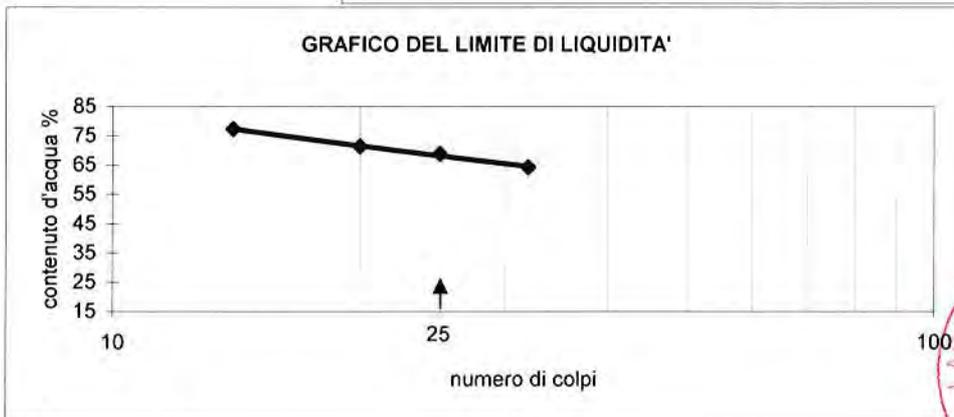
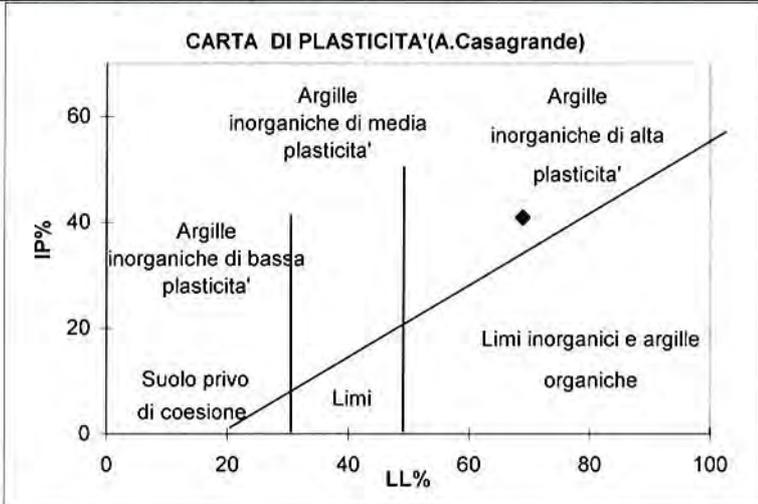
Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )**

<b>Committente :</b>	Comune di Ferrara	<b>Sondaggio N°:</b>	1
<b>Cantiere :</b>	Arcispedale S. Anna (FE)	<b>Campione:</b>	sh2
		<b>Prof. mt:</b>	3.5-4.0
<b>Data inizio prova :</b>	07/02/2011	<b>Verbale accettazione n° :</b>	3
		<b>del :</b>	03/02/2011

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	32	20	14		
Massa terreno umido + tara (g)	30.52	31.60	28.91	11.62	200.07
Massa terreno secco + tara (g)	23.63	24.10	22.03	11.29	146.73
Massa acqua contenuta (g)	6.89	7.50	6.88	0.34	53.34
Massa tara (g)	12.90	13.59	13.13	10.09	8.52
Massa terreno secco (g)	10.73	10.51	8.90	1.20	138.21
Contenuto d'acqua %	64.2	71.4	77.3	27.9	38.6

Limite liquido %	69
Limite Plastico %	28
Umidita' naturale%	38.6
Indice Plastico %	41
Indice di consistenza :	0.74



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 22 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE****norma ASTM D 422 - AGI 1994**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

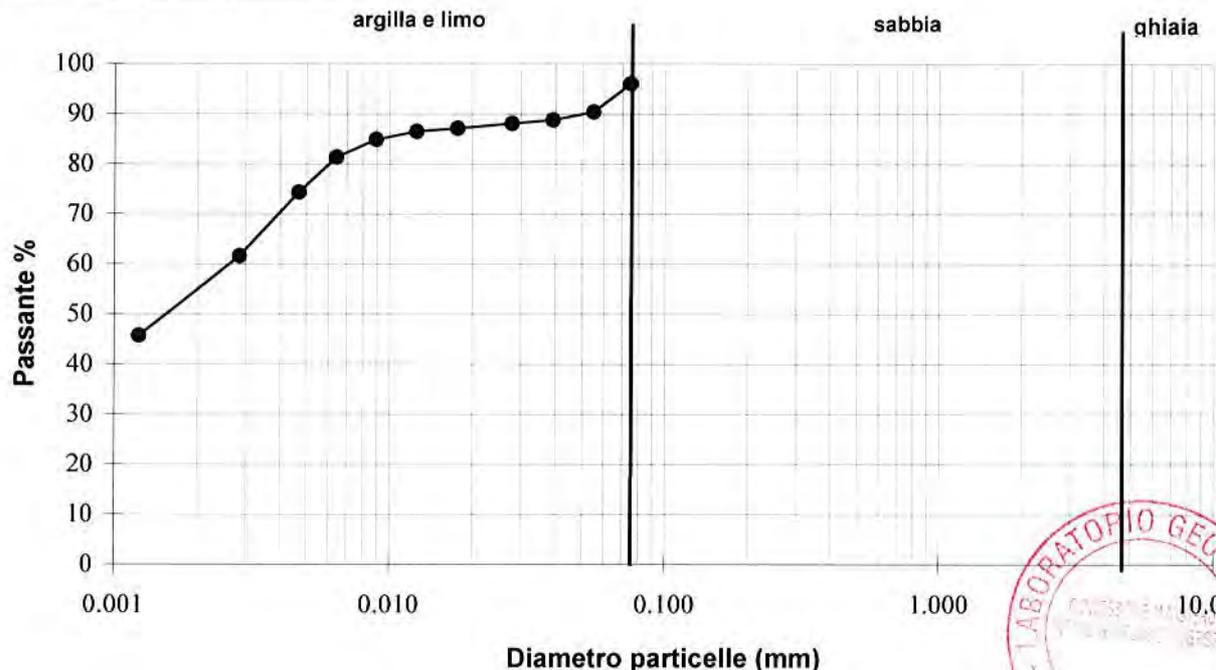
Sondaggio : 1  
 Campione : sh2  
 Profondità (mt): 3.5-4.0  
 Data inizio prova : 09/02/11

Verbale accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	96.00
0.0550	90.35
0.0392	88.74
0.0278	88.09
0.0177	87.12
0.0125	86.47
0.0089	84.86
0.0064	81.35
0.0047	74.34
0.0028	61.62
0.0012	45.73

**Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84**

**Ghiaia** (>4.75mm) : 0%  
**Sabbia** (4.76-0.075mm) : 4%  
**Limo e Argilla** (< 0.075mm) : 96%

**trattenuto allo 0.075 mm : 4%**

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 23 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)  
 Data inizio prova : 03/02/11  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11

Sondaggio: 1  
 Campione: sh3  
 Prof.(m): 7.5-8.0

Natura del campione :

Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Contenuto d'acqua naturale : (%)  
 Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

limo grigio  
 20.80  
 17.17  
 21.2  
 26.06  
 .517

$\sigma'v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$Mo$ (kPa)
11.768	.03	.15	.515	
24.518	.10	.50	.510	3643
49.035	.17	.85	.504	7005
98.070	.30	1.50	.495	7544
196.140	.51	2.55	.479	9340
392.280	.79	3.95	.457	14010
784.560	1.16	5.80	.429	21204
1569.120	1.62	8.10	.394	34111
392.280	1.51	7.55	.403	
98.070	1.38	6.90	.413	
49.035	1.34	6.70	.416	

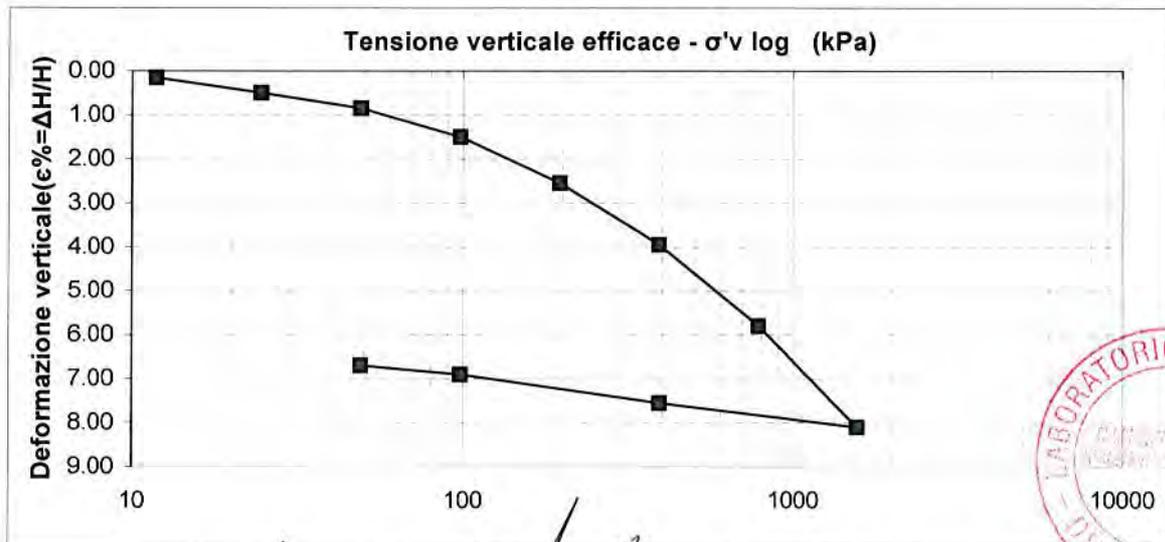
$\Delta H$  = cedimento

$\epsilon = \Delta H/H = \text{def. verticale}$

$e^\circ = \text{indice dei vuoti}$

$Mo = \text{modulo edometrico}$

$\sigma'v = \text{tensione verticale efficace}$



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	---

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel.0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

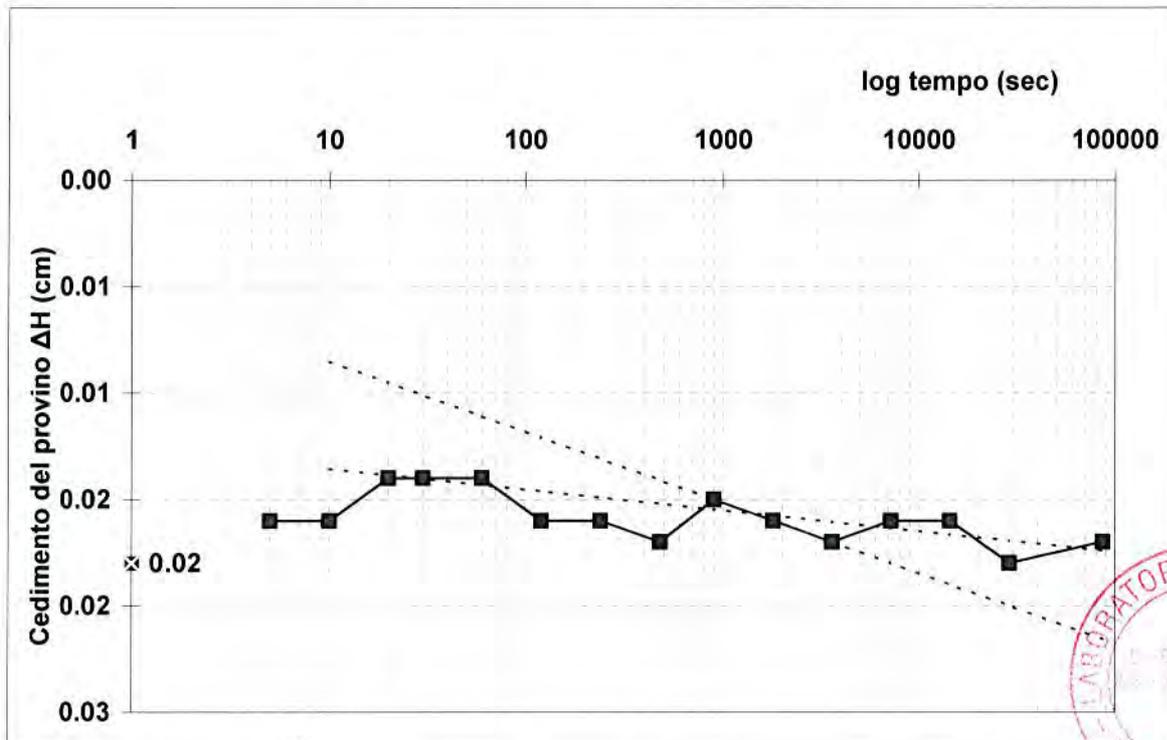
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh3  
**Prof(m):** 7.5-8.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo grigio

**Tensione verticale efficace (kPa) :** 49.035

Tempo (sec)	$\Delta H$ (cm)
0	0.012
5	0.012
10	0.016
20	0.016
30	0.014
60	0.014
120	0.014
240	0.016
480	0.016
900	0.017
1800	0.015
3600	0.016
7200	0.017
14400	0.016
28800	0.016
86400	0.018

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 25 Data emissione : 27/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

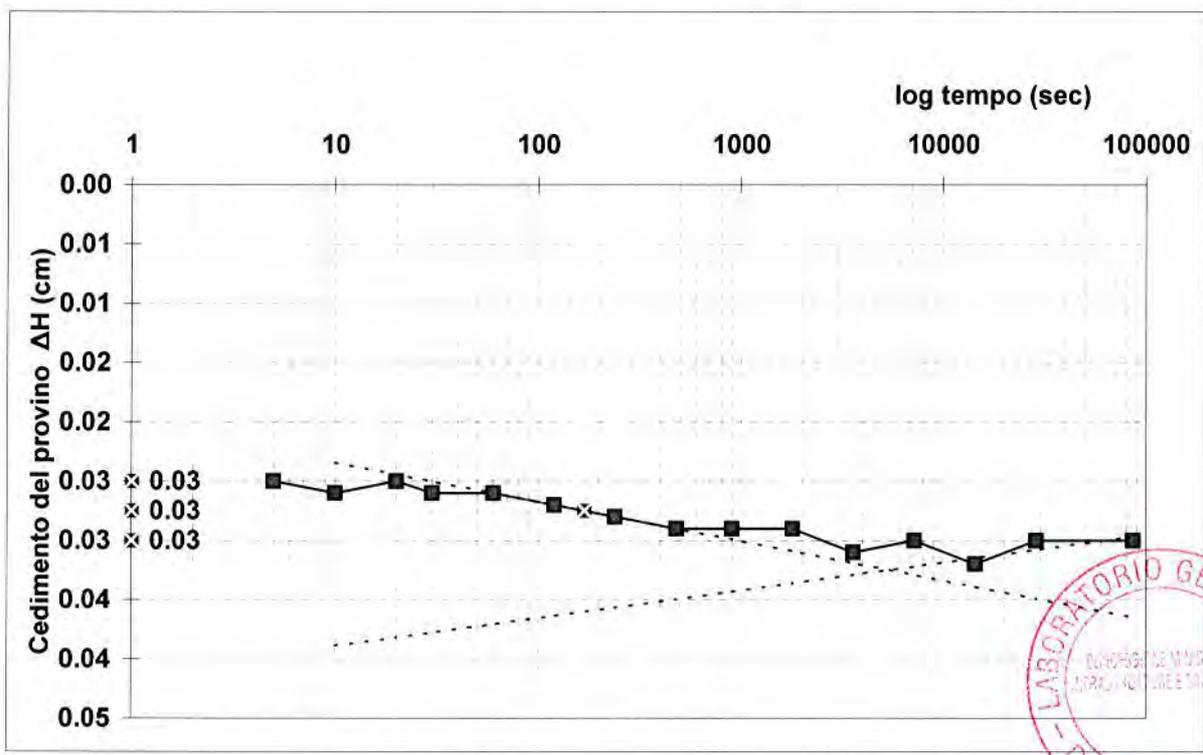
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del: 03/02  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh3  
 Prof(m): 7.5-8.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.024
5	0.025
10	0.026
20	0.025
30	0.026
60	0.026
120	0.027
240	0.028
480	0.029
900	0.029
1800	0.029
3600	0.031
7200	0.030
14400	0.032
28800	0.030
86400	0.030

NATURA DEL CAMPIONE: limo grigio

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 23/02/11  
 Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

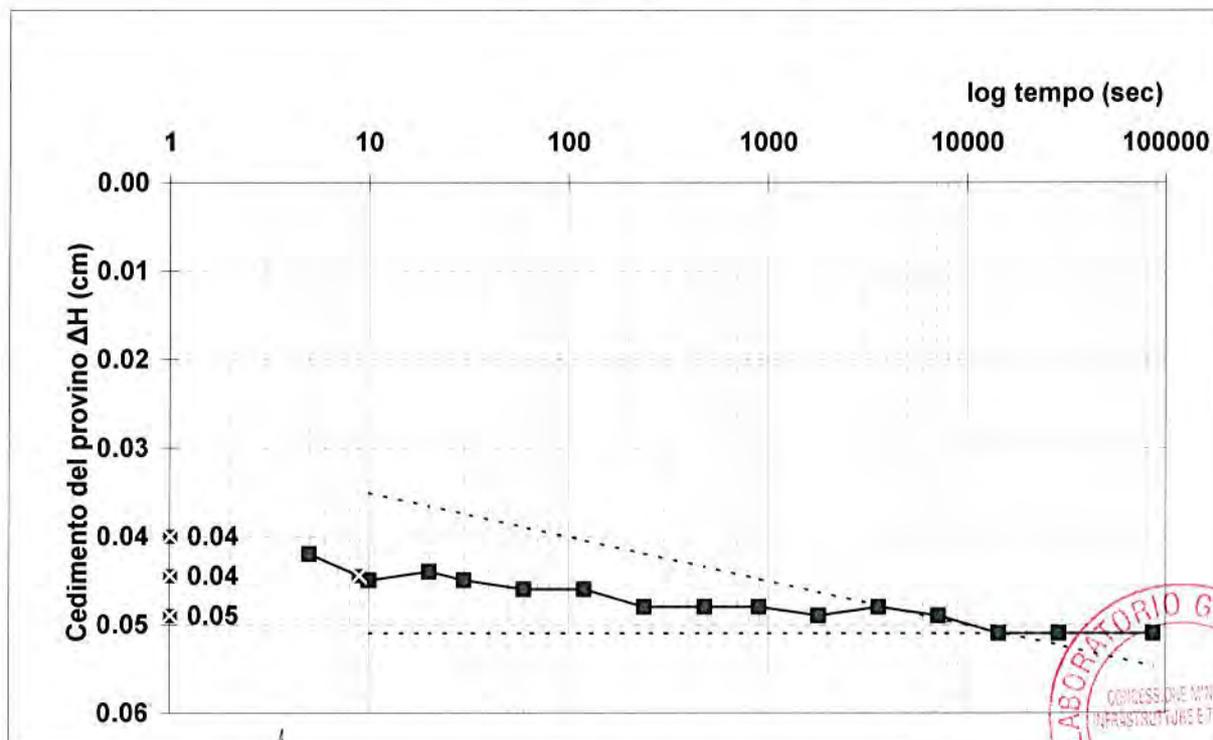
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 33/02/11  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh3  
 Prof(m): 7.5-8.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.040
5	0.042
10	0.045
20	0.044
30	0.045
60	0.046
120	0.046
240	0.048
480	0.048
900	0.048
1800	0.049
3600	0.048
7200	0.049
14400	0.051
28800	0.051
86400	0.051

NATURA DEL CAMPIONE: limo grigio

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti/D

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 025  
 Data emissione : 23/07/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
DATA: 03/02/11  
Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

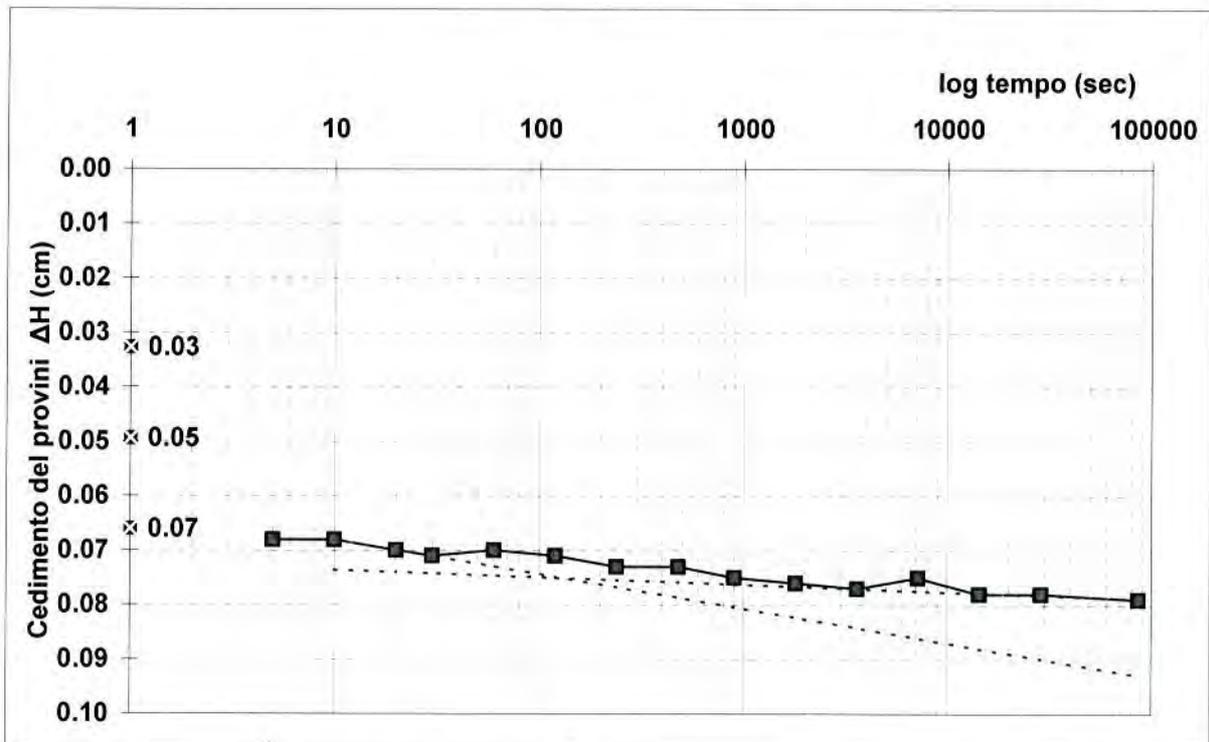
Sondaggio: 1  
Campione: sh3  
Prof(m): 7.5-8.0

NATURA DEL CAMPIONE: limo grigio

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.065
5	0.068
10	0.068
20	0.070
30	0.071
60	0.070
120	0.071
240	0.073
480	0.073
900	0.075
1800	0.076
3600	0.077
7200	0.075
14400	0.078
28800	0.078
86400	0.079

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 25  
Data emissione : 23/07/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

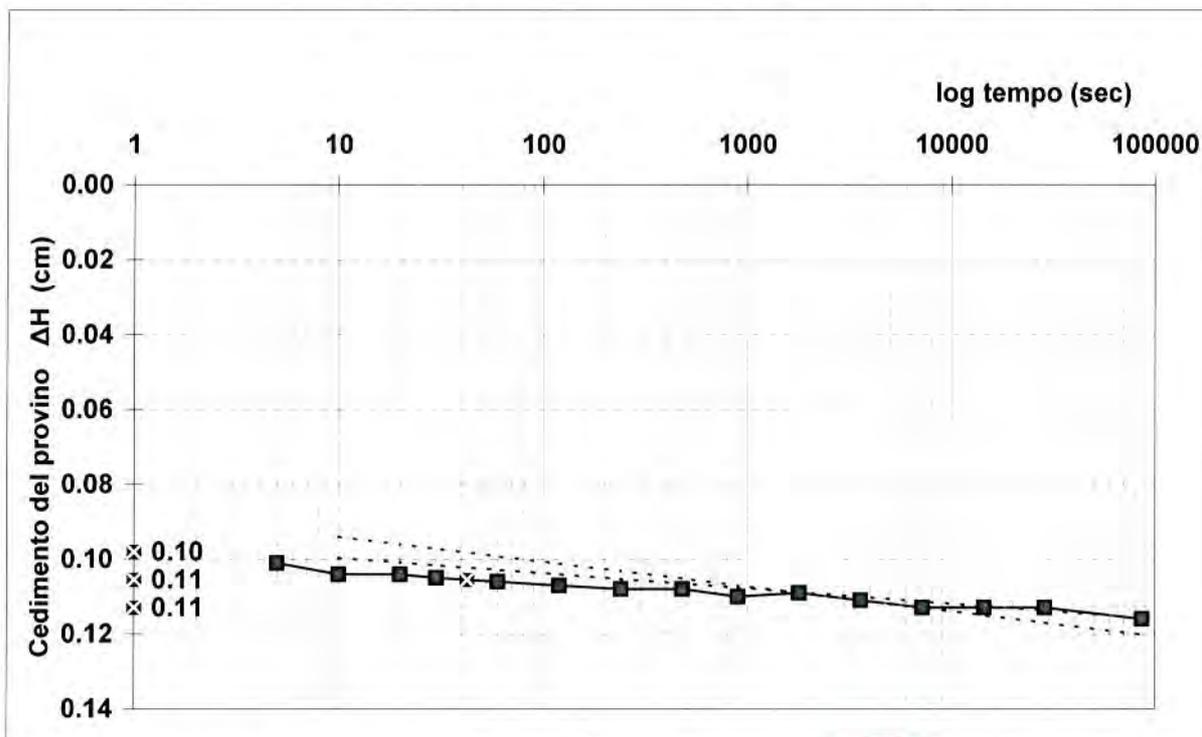
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh3  
**Prof(m):** 7.5-8.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.098
5	0.101
10	0.104
20	0.104
30	0.105
60	0.106
120	0.107
240	0.108
480	0.108
900	0.110
1800	0.109
3600	0.111
7200	0.113
14400	0.113
28800	0.113
86400	0.116

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo grigio

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 4.63E-03  
 C alfa 2.04E-05  
 t50 (sec) 42  
 Permeabilità (cm/sec) 2.143E-08

**DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)**



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 25  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

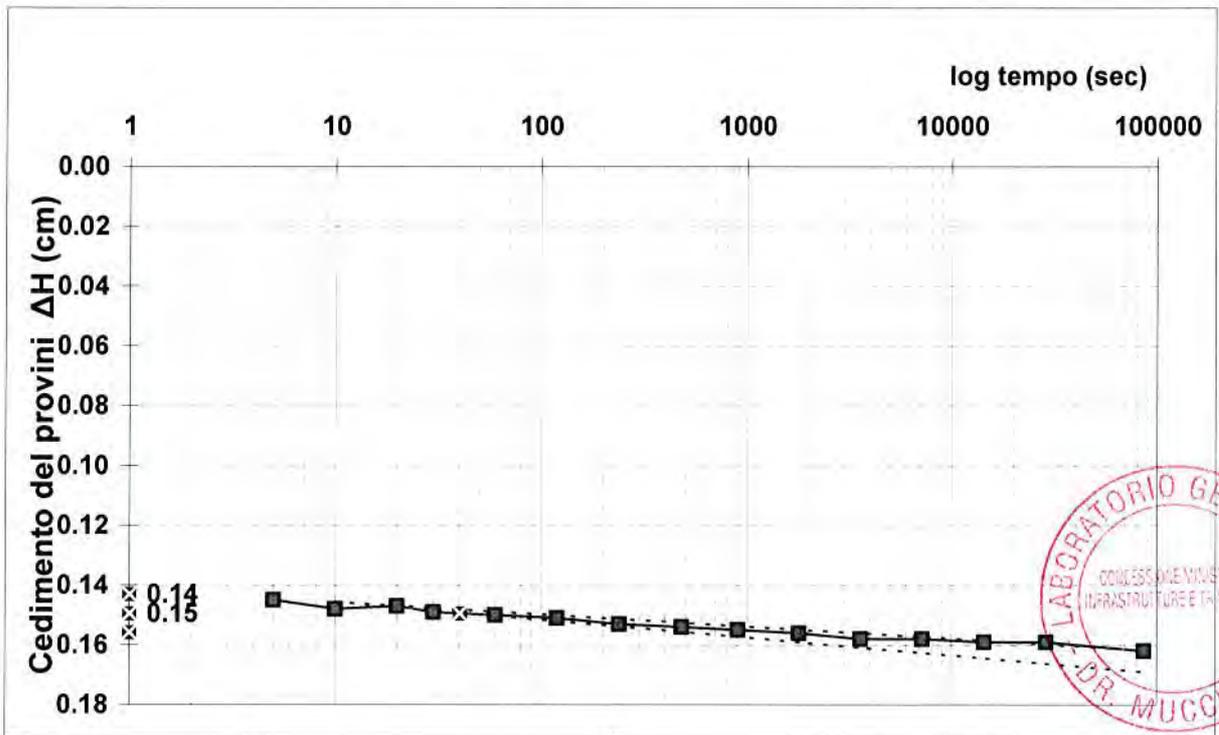
Sondaggio: 1  
 Campione: sh3  
 Prof(m): 7.5-8.0

NATURA DEL CAMPIONE: limo grigio

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 4.86E-03  
 C alfa 2.04E-05  
 t50 (sec) 40  
 Permeabilità (cm/sec) 1.398E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.144
5	0.145
10	0.148
20	0.147
30	0.149
60	0.150
120	0.151
240	0.153
480	0.154
900	0.155
1800	0.156
3600	0.158
7200	0.158
14400	0.159
28800	0.159
86400	0.162

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 25
		Data emissione : 23/2/11

**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 1

Campione : sh3

Prof. (mt): 7.5-8.0

Verbale Accettazione n° :

del :

Data inizio prova :

3

03/02/2011

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	267.82
Massa terreno secco + Tara ( g )	222.79
Massa tara ( g )	9.10
Contenuto d'acqua - W ( % )	21.1

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	242.3
Massa tara (g)	73.50
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.944
(kN/m <sup>3</sup> )	19.065



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : Data emissione :
-----------------------------------	--	--------------------------------------

**ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA  
 norma ASTM D 422**

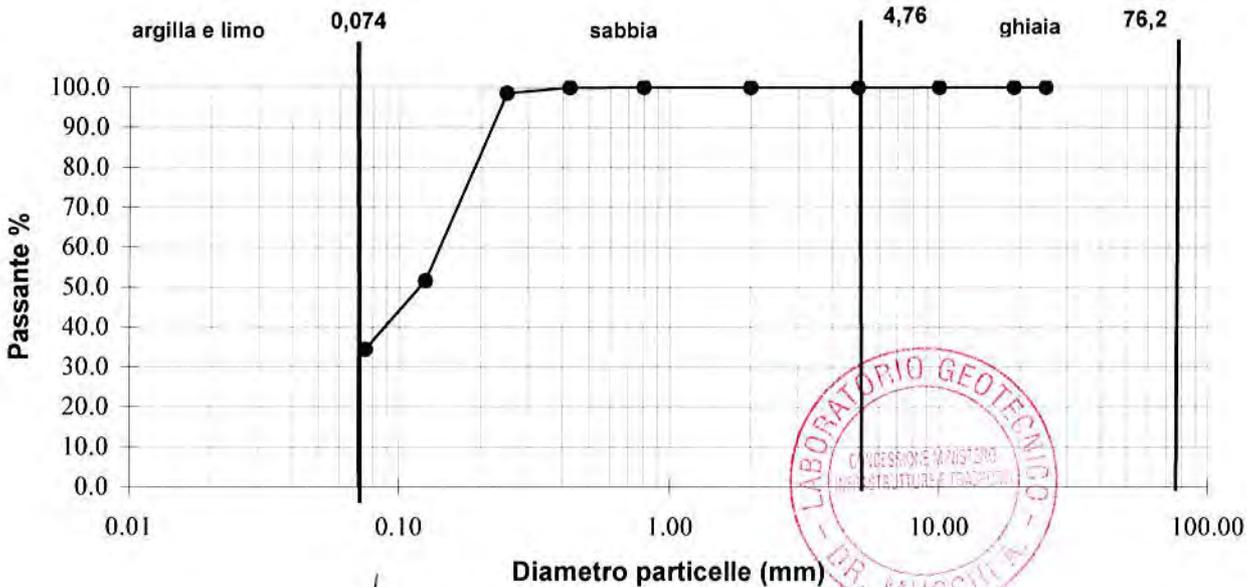
Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

Verbale di accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011  
 Data inizio prova: 04/02/11

Sondaggio : 1  
 Campione n° : sh3  
 Profondità (mt): 7.5-8.0

Diametro (mm)	Passante (%)
25	100.0
19	100.0
10	100.0
5	100.0
2	100.0
0.8	99.99
0.425	99.93
0.250	98.52
0.125	51.58
0.075	34.34

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84  
**Ghiaia** (>4.75mm) : 0%  
**Sabbia** (4.76-0.075mm) : 66%  
**Limo e Argilla** (< 0.075mm) : 34%



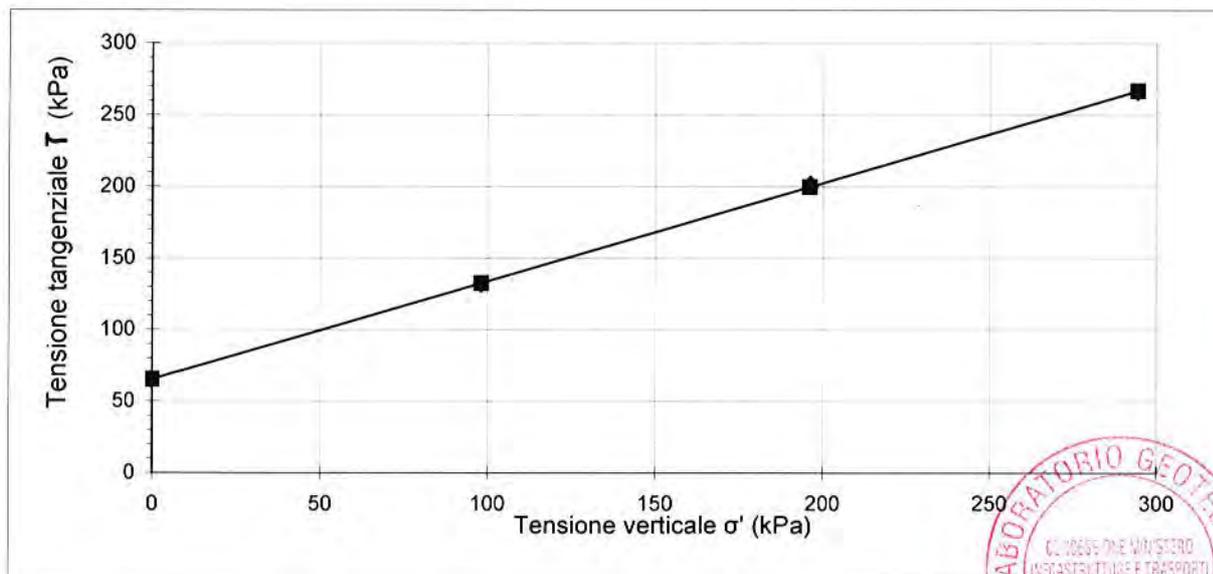
Sperimentatore Dr. Malaguti	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato : 27 Data emissione : 23/02/11
--------------------------------	--	---

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Comune di Ferrara  
Cantiere: Arcispedale S. Anna  
Campione: S1sh3  
Prof. ( mt ): 7.5-8.0  
Data inizio prova: 04/02/2011

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino ( n° )	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	Tensione tangenziale $\tau$ (kPa)
1	100	131.218
2	200	202.220
3	300	265.574

COESIONE DRENATA ( kPa ):	65.31
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	34



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994**

Committente: Comune di Ferrara  
 Cantiere: Arcispedale S. Anna  
 Campione: S1sh3  
 Prof. ( mt ): 7.5-8.0

Verbale accettazione n° : 3  
 Data verbale accettazione : 03/02/2011  
 Data inizio prova : 04/02/2011

Descrizione litologica del provino : sabbia fine limosa

**Caratteristiche dei provini**

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm <sup>2</sup> )	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.824	20.711	20.977
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.180	17.075	17.308
Contenuto d'acqua : (W%)	21.21	21.30	21.20

**Modalità di consolidazione e rottura**

Tensione verticale (kPa)	100	200	300
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0104	0.0104	0.0104

Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Mucchi, Antonio

Certificato n° : 28  
 Data emissione 23/2/11

pagina 1 di 2



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente: Comune di Ferrara

Verbale accettazione n°: 3

Cantiere: Arcispedale S. Anna

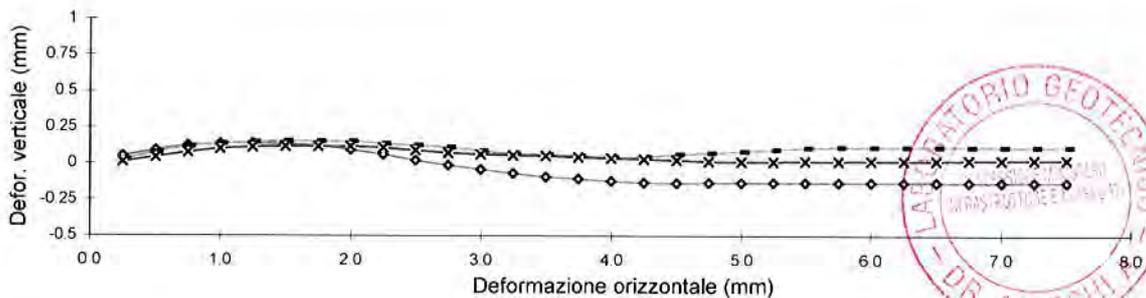
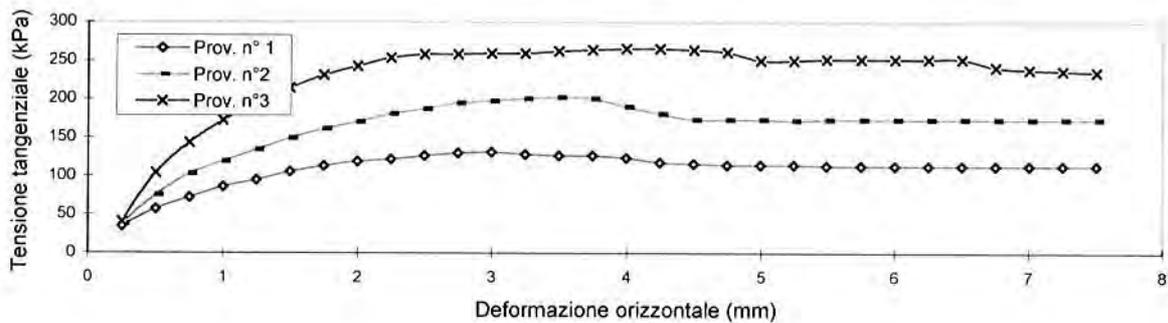
Data verbale accettazione: 03/02/2011

Campione S1sh3

Prof. ( mt ): 7.5-8.0

Data inizio prova: 04/02/2011

def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	34.72	37.76	40.70	0.051	0.027	0.012
0.50	57.37	75.42	104.15	0.093	0.076	0.042
0.75	72.38	102.58	143.38	0.125	0.117	0.076
1.00	86.01	119.16	172.01	0.137	0.137	0.1
1.25	95.03	134.26	194.67	0.139	0.147	0.112
1.50	105.62	149.36	214.28	0.132	0.154	0.117
1.75	113.17	161.42	230.86	0.12	0.151	0.117
2.00	119.16	170.45	242.92	0.095	0.151	0.117
2.25	122.20	181.04	253.51	0.061	0.137	0.107
2.50	126.71	187.12	258.02	0.02	0.125	0.09
2.75	129.75	194.67	258.02	-0.012	0.112	0.071
3.00	131.22	197.61	259.49	-0.042	0.088	0.063
3.24	128.28	200.65	259.49	-0.068	0.068	0.056
3.49	126.71	202.22	262.53	-0.093	0.061	0.051
3.74	126.71	200.65	264.00	-0.107	0.051	0.044
3.99	123.76	190.06	265.57	-0.122	0.042	0.037
4.24	117.68	181.04	265.57	-0.132	0.046	0.029
4.49	116.21	173.49	264.00	-0.134	0.063	0.022
4.74	114.64	173.49	261.06	-0.132	0.073	0.015
4.99	114.64	173.49	250.47	-0.132	0.083	0.012
5.24	114.64	172.01	250.47	-0.132	0.095	0.012
5.49	113.17	173.49	251.94	-0.132	0.107	0.015
5.75	113.17	173.49	251.94	-0.132	0.112	0.015
6.00	113.17	173.49	251.94	-0.132	0.112	0.017
6.25	113.17	173.49	251.94	-0.132	0.112	0.017
6.50	113.17	173.49	251.94	-0.132	0.112	0.017
6.75	113.17	173.49	241.45	-0.132	0.112	0.02
7.00	113.17	173.49	238.41	-0.132	0.112	0.02
7.25	113.17	173.49	236.84	-0.132	0.112	0.022
7.50	113.17	173.49	235.37	-0.132	0.112	0.022



**Laboratorio Geotecnico Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**SCHEMA APERTURA CAMPIONE ( Norma A.S.T.M. D 2488 - AGI 1977)**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara Verbale accettazione n°: 3  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE) del: 03/02/11  
 DATA APERTURA: 03/02/11

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: sh4 PROF. 12.6-13.2 m.

TIPO DI CONTENITORE:  fustella  sacchetto  cassetta

ALTO  BASSO  
 0 60 cm.

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		Prove di laboratorio eseguite (*)									
Livello	Descrizione litologica	P.P.	V.T.	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	Trcu
A	argilla deb. limosa grigio scura con sost. Organica	60	20	*	*	*	*	*		*	
B											

QUALITA' DEL CAMPIONE : SCADENTE  DISCRETA  BUONA  ECCELLENTE

**LEGENDA PROVE:**

Pocket penetrometrico	P.P. (kPa)	Peso di volume	Y	Limiti di Atterberg	L A
Vane test	V.T. (kPa)	Peso specifico	G.S	Edometria	Ed
Contenuto d'acqua	W	Granulometria	G	Prova di taglio	PT
Compressione E.L.L.	C	Penneabilità	K	Triassiale	TR

pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	---



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)  
 Data inizio prova : 03/02/11  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11

Sondaggio: 1  
 Campione: sh4  
 Prof.(m): 12.6-13.2

Natura del campione :

Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Contenuto d'acqua naturale : (%)  
 Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

argilla grigio scura con s.o.

18.57  
 12.48  
 48.8  
 26.06  
 1.087

$\sigma'v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$Mo$ (kPa)
11.768	.00	.00	1.087	
24.518	.00	.00	1.087	
49.035	.53	2.65	1.032	925
98.070	1.01	5.05	.982	2043
196.140	1.65	8.25	.915	3065
392.280	2.52	12.60	.824	4509
784.560	3.71	18.55	.700	6593
1569.120	4.89	24.45	.577	13298
392.280	4.56	22.80	.611	
98.070	4.04	20.20	.665	
49.035	3.75	18.75	.696	

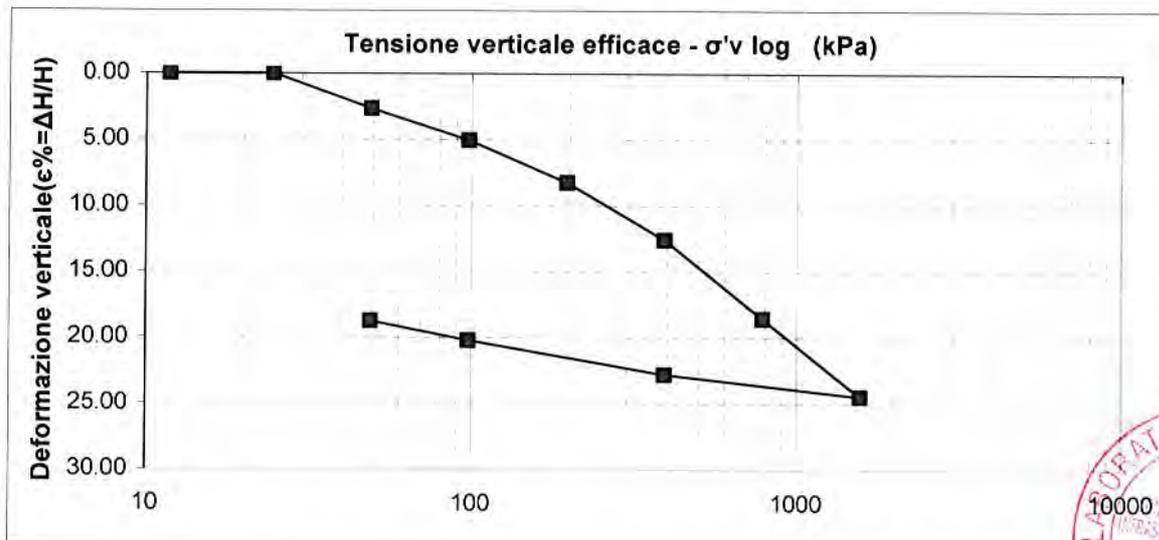
$\Delta H$  = cedimento

$\epsilon = \Delta H/H$  = def. verticale

$e^\circ$  = indice dei vuoti

$Mo$  = modulo edometrico

$\sigma'v$  = tensione verticale efficace



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 30
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascani, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

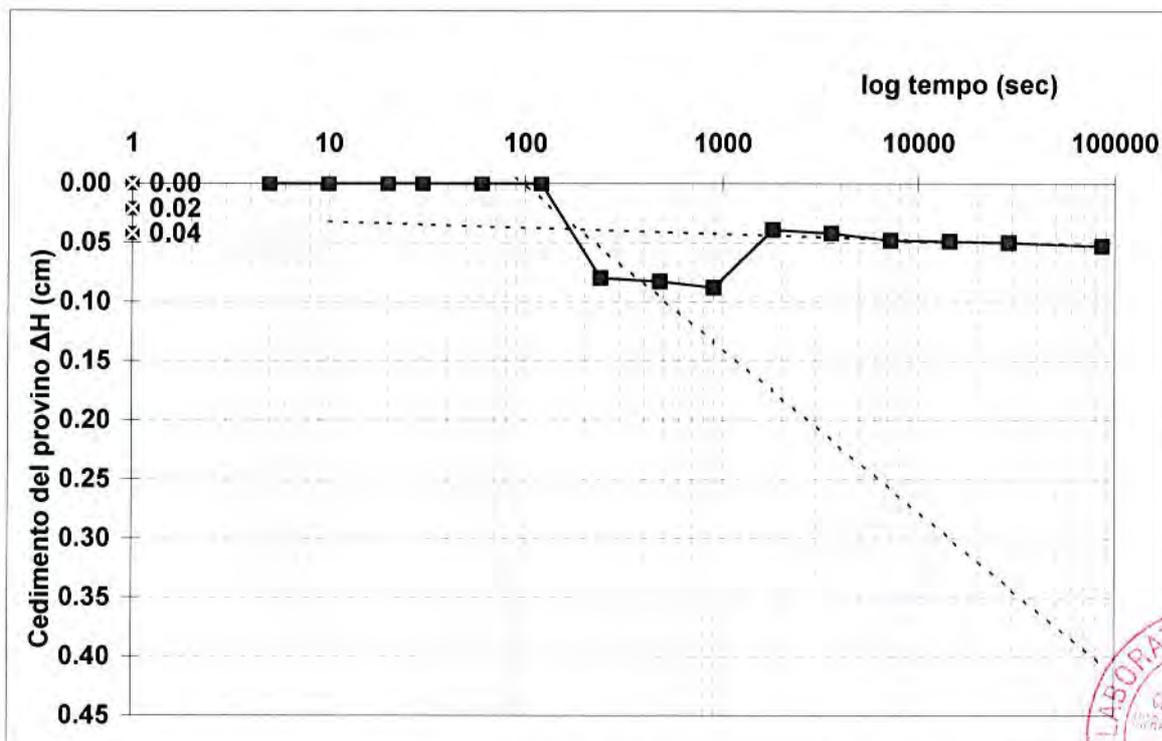
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh4  
**Prof(m):** 12.6-13.2

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigio scura con s.o.

**Tensione verticale efficace (kPa):** 49.035

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.000
5	0.000
10	0.000
20	0.000
30	0.000
60	0.000
120	0.000
240	0.000
480	0.080
900	0.083
1800	0.088
3600	0.039
7200	0.042
14400	0.048
28800	0.049
86400	0.050

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 35
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

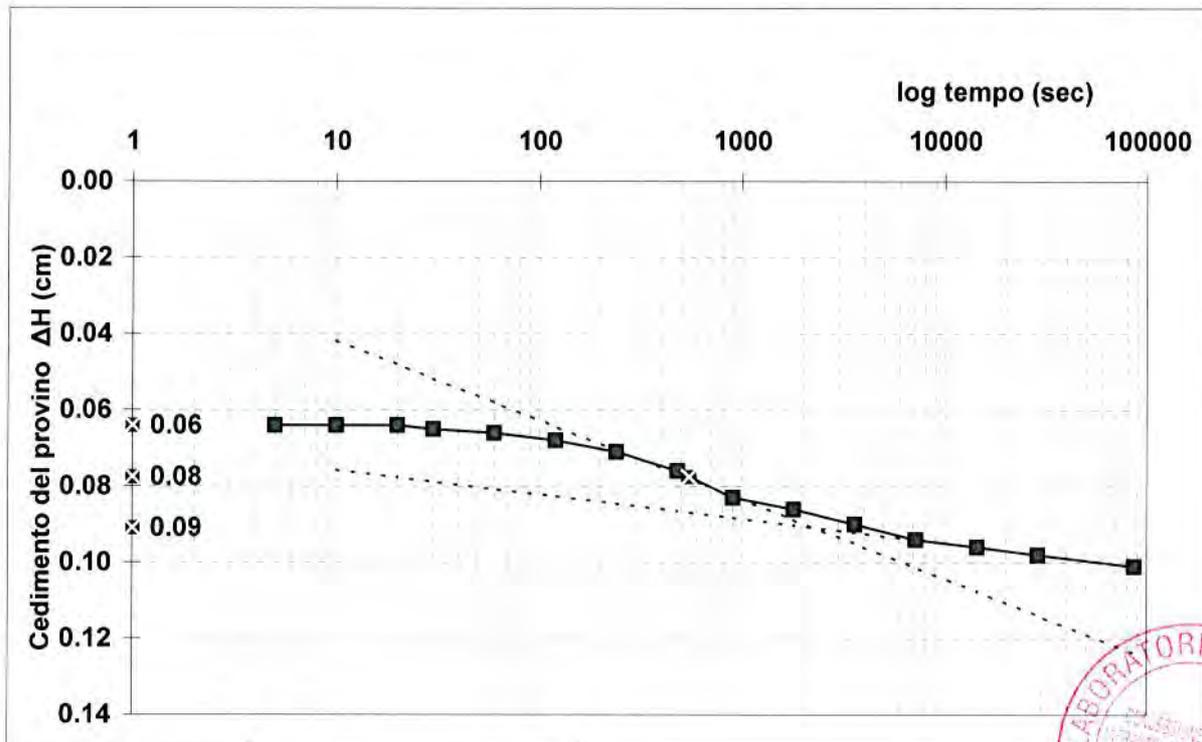
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del: 03/02  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh4  
 Prof(m): 12.6-13.2

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.064
5	0.064
10	0.064
20	0.064
30	0.065
60	0.066
120	0.068
240	0.071
480	0.076
900	0.083
1800	0.086
3600	0.090
7200	0.094
14400	0.096
28800	0.098
86400	0.101

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura con s.o.

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 3.59E-04  
 C alfa 3.21E-05  
 t50 (sec) 548  
 Permeabilità (cm/sec) 1.72458E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° 32  
 Data emissione 29/2/11



**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

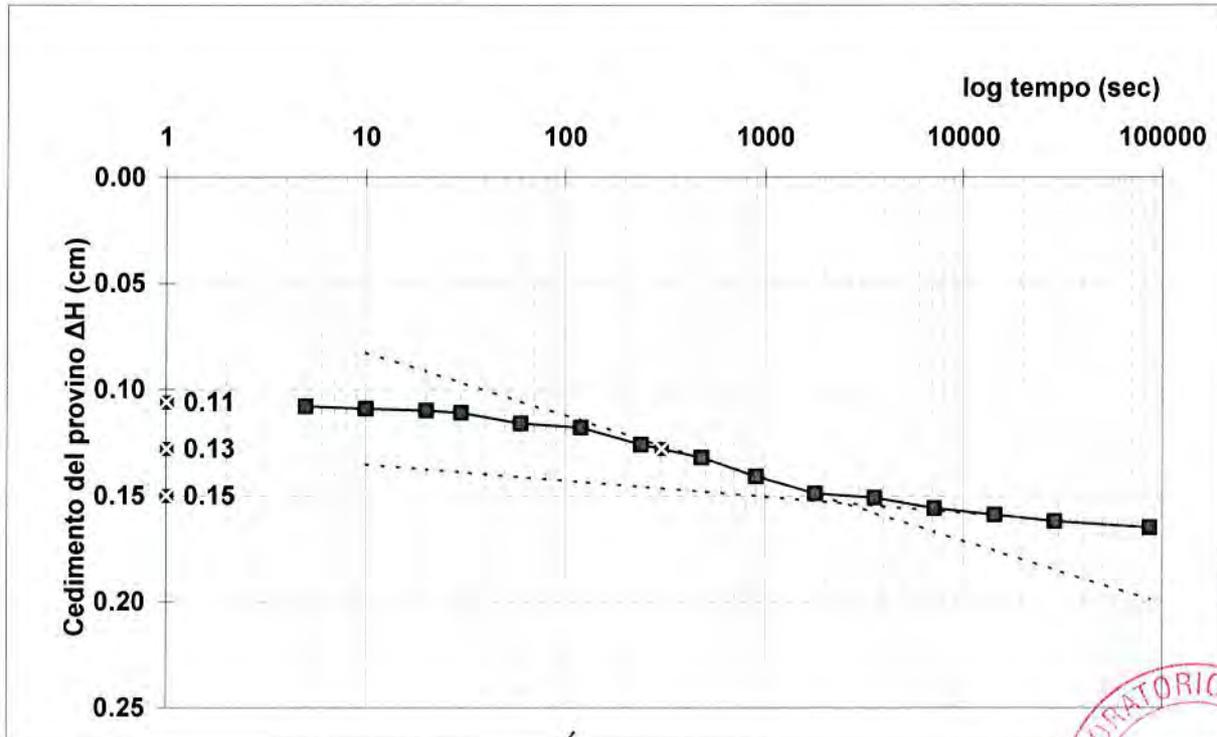
Sondaggio: 1  
 Campione: sh4  
 Prof(m): 12.6-13.2

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura con s.o.

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 6.48E-04  
 C alfa 3.79E-05  
 t50 (sec) 303  
 Permeabilità (cm/sec) 2.07472E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.107
5	0.108
10	0.109
20	0.110
30	0.111
60	0.116
120	0.118
240	0.126
480	0.132
900	0.141
1800	0.149
3600	0.151
7200	0.156
14400	0.159
28800	0.162
86400	0.165

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 30  
 Data emissione: 23/07/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

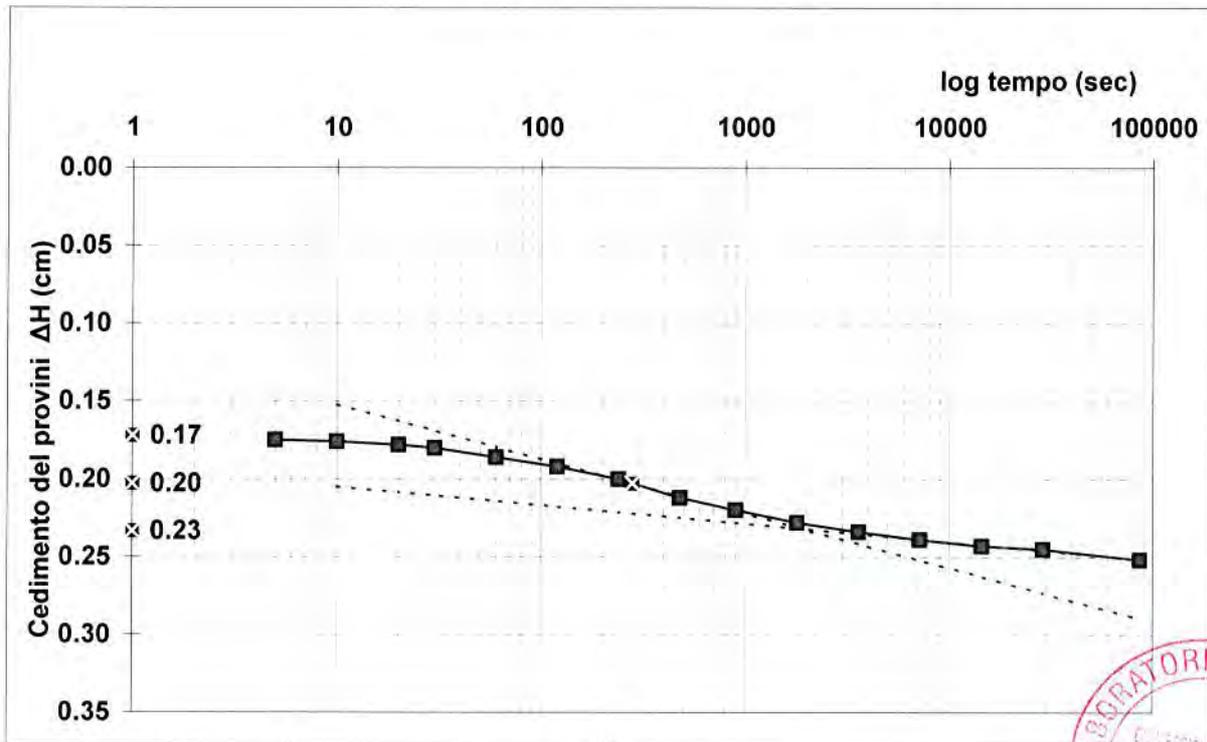
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh4  
**Prof(m):** 12.6-13.2

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigio scura con s.o.

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 7.00E-04  
 C alfa 5.93E-05  
 t50 (sec) 281  
 Permeabilità (cm/sec) 1.52174E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.173
5	0.175
10	0.176
20	0.178
30	0.180
60	0.186
120	0.192
240	0.200
480	0.212
900	0.220
1800	0.228
3600	0.234
7200	0.239
14400	0.243
28800	0.245
86400	0.252

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 30
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

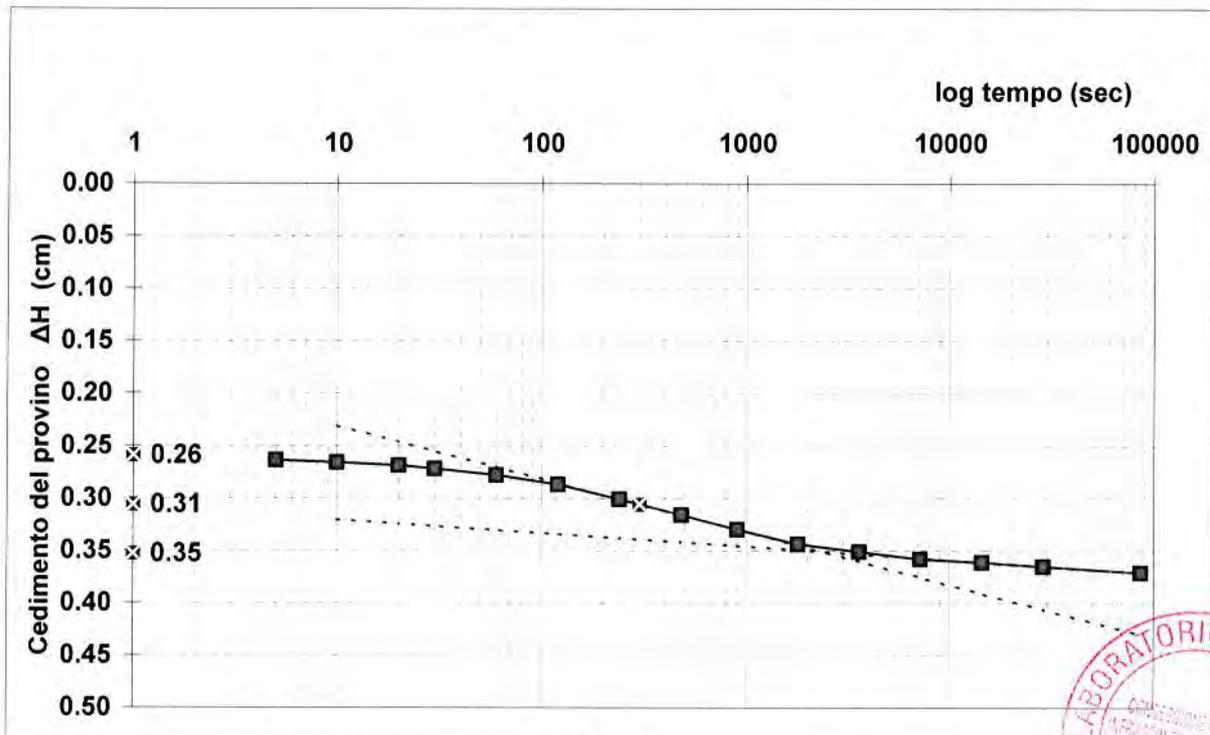
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh4  
 Prof(m): 12.6-13.2

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.260
5	0.264
10	0.266
20	0.269
30	0.272
60	0.278
120	0.287
240	0.301
480	0.316
900	0.330
1800	0.344
3600	0.351
7200	0.358
14400	0.361
28800	0.365
86400	0.371

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura con s.o.

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 6.51E-04  
 C alfa 6.42E-05  
 t50 (sec) 301  
 Permeabilità (cm/sec) 9.682E-09

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 30
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

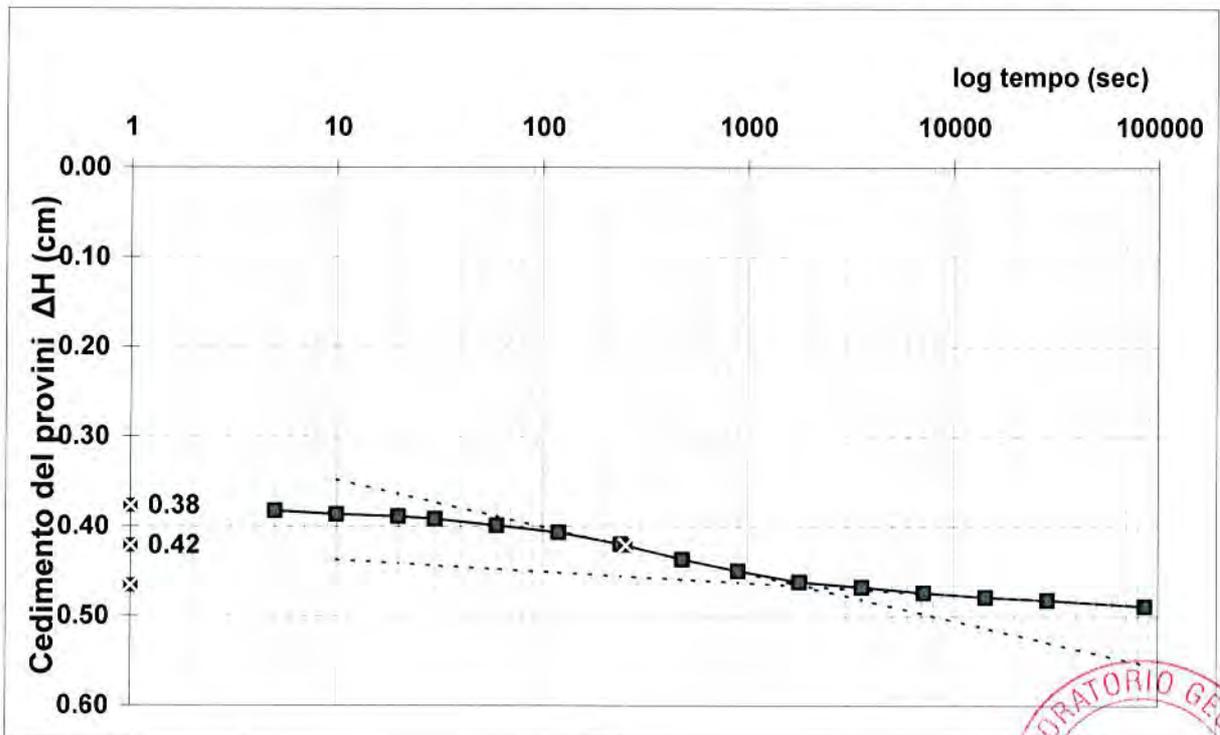
Sondaggio: 1  
 Campione: sh4  
 Prof(m): 12.6-13.2

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura con s.o.

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 7.71E-04  
 C alfa 6.52E-05  
 t50 (sec) 253  
 Permeabilità (cm/sec) 5.688E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.380
5	0.383
10	0.387
20	0.389
30	0.392
60	0.399
120	0.407
240	0.420
480	0.437
900	0.450
1800	0.462
3600	0.468
7200	0.474
14400	0.479
28800	0.482
86400	0.489

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n°: 30  
 Data emissione: 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 1

Verbale Accettazione n° :

3

Campione : sh4

del :

03/02/2011

Prof. (mt): 12.6 - 13.2

Data inizio prova :

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	208.58
Massa terreno secco + Tara ( g )	143
Massa tara ( g )	8.54
Contenuto d'acqua - W ( % )	48.8

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	219.28
Massa tara (g)	73.85
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.675
	(kN/m <sup>3</sup> ) 16.425

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 31 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )**

**Committente :** Comune di Ferrara  
**Cantiere :** Arcispedale S. Anna (FE)

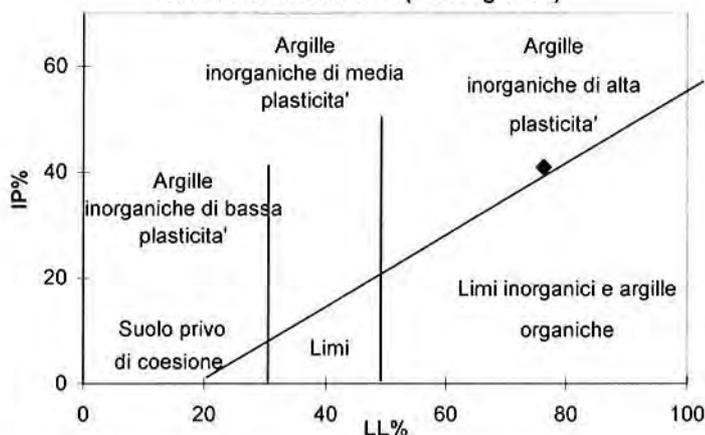
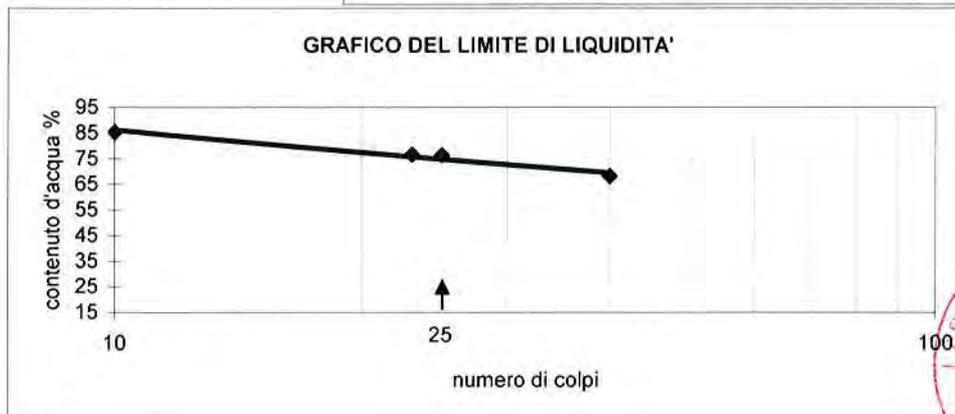
**Sondaggio N°:** 1  
**Campione:** sh4  
**Prof. mt:** 12.6-13.2

**Data inizio prova :** 07/02/2011

**Verbale accettazione n° :** 3  
**del :** 03/02/2011

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	40	23	10		
Massa terreno umido + tara (g)	26.47	26.39	25.48	11.74	208.58
Massa terreno secco + tara (g)	21.08	20.72	19.80	11.21	143.00
Massa acqua contenuta (g)	5.39	5.67	5.68	0.52	65.58
Massa tara (g)	13.17	13.31	13.14	9.72	8.54
Massa terreno secco (g)	7.91	7.41	6.66	1.49	134.46
Contenuto d'acqua %	68.1	76.5	85.3	35.3	48.8

Limite liquido %	76
Limite Plastico %	35
Umidita' naturale%	48.8
Indice Plastico %	41
Indice di consistenza :	0.67

**CARTA DI PLASTICITA'(A.Casagrande)****GRAFICO DEL LIMITE DI LIQUIDITA'**

Pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 32 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/09/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE**  
**norma ASTM D 422 - AGI 1994**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 1  
 Campione : sh4  
 Profondità (mt): 12.6-13.2  
 Data inizio prova : 09/02/11

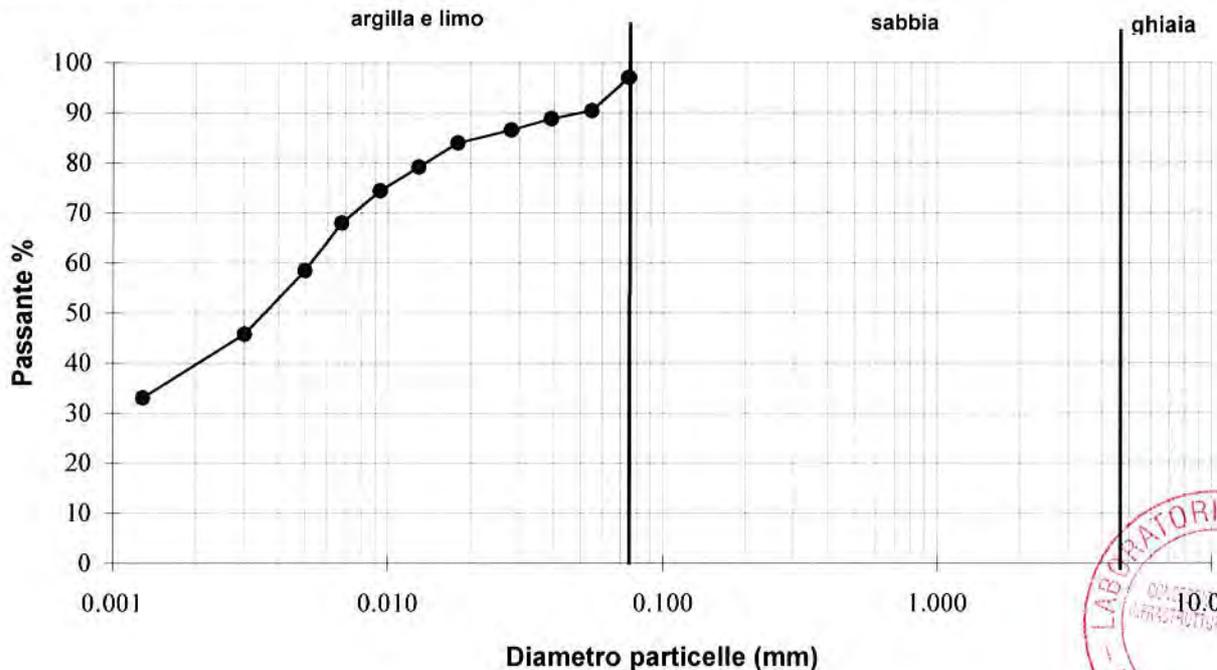
Verbale accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	97.00
0.0550	90.35
0.0392	88.74
0.0280	86.50
0.0179	83.94
0.0130	79.16
0.0094	74.37
0.0068	68.00
0.0050	58.45
0.0030	45.74
0.0013	33.02

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84

**Ghiaia** (>4.75mm) : 0%  
**Sabbia** (4.76-0.075mm) : 3%  
**Limo e Argilla** (< 0.075mm) : 97%

**trattenuto allo 0.075 mm : 3%**



Sperimentatore Dr. Malagutti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 33 Data emissione : 23/02/11
------------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 1

Campione : sh4

Profondità (mt): 12.6-13.2

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

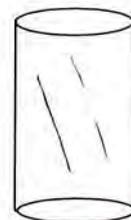
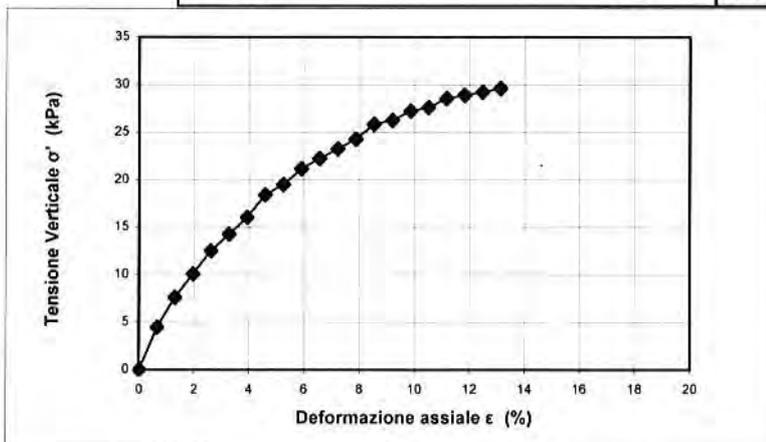
Data inizio prova : 08/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 29.6**

**Coesione  $C_u$  (kPa) : 14.8**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	4.47
1.3	7.61
2.0	10.08
2.6	12.51
3.3	14.29
3.9	16.04
4.6	18.38
5.2	19.47
5.9	21.15
6.6	22.20
7.2	23.24
7.9	24.26
8.5	25.85
9.2	26.25
9.8	27.22
10.5	27.59
11.2	28.53
11.8	28.89
12.5	29.23
13.1	29.57

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 16.40$   
 Contenuto d'acqua  $\% = 48.55$



Provino n° 2

schema di rottura



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 35
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

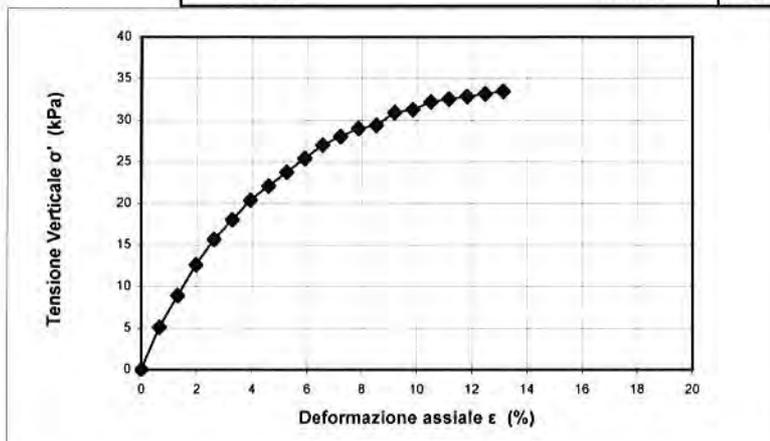
Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)  
 Sondaggio : 1  
 Campione : sh4  
 Profondità (mt): 12.6-13.2  
 Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3  
 Data verbale accettazione : 03/02/2011  
 Data inizio prova : 08/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 33.48**  
**Coesione  $C_u$  (kPa) : 16.74**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	5.10
1.3	8.87
2.0	12.59
2.6	15.64
3.3	18.01
3.9	20.36
4.6	22.06
5.2	23.74
5.9	25.38
6.6	27.01
7.2	28.01
7.9	28.99
8.5	29.37
9.2	30.91
9.8	31.27
10.5	32.19
11.2	32.53
11.8	32.85
12.5	33.17
13.1	33.48

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 16.46$   
 Contenuto d'acqua  $\% = 48.55$



Provino n° 1

schema di rottura

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 35 Data emissione : 23/02 /11
-----------------------------------	--	---





**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 1

Campione : sh5

Profondità (mt): 18.3-18.8

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

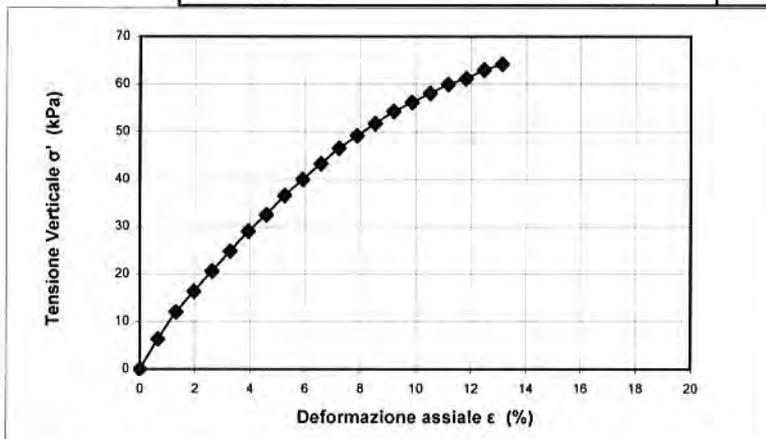
Data verbale accettazione : 03/02/2011

Data inizio prova : 08/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 64.18****Coesione  $C_u$  (kPa) : 32.09**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	6.38
1.3	12.05
2.0	16.37
2.6	20.64
3.3	24.84
3.9	29.00
4.6	32.48
5.2	36.52
5.9	39.89
6.6	43.21
7.2	46.49
7.9	49.11
8.5	51.70
9.2	54.25
9.8	56.17
10.5	58.06
11.2	59.91
11.8	61.17
12.5	62.97
13.1	64.17

Peso unità di volume $kN/m^3$ =	19.19
Contenuto d'acqua % =	28.17



Provino n° 1

schema di rottura

Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio MucchiCertificato n° : 37  
Data emissione : 23/02/11

Pagina n° 1 di 1



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 1

Campione : sh5

Profondità (mt): 18.3-18.8

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

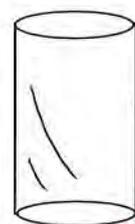
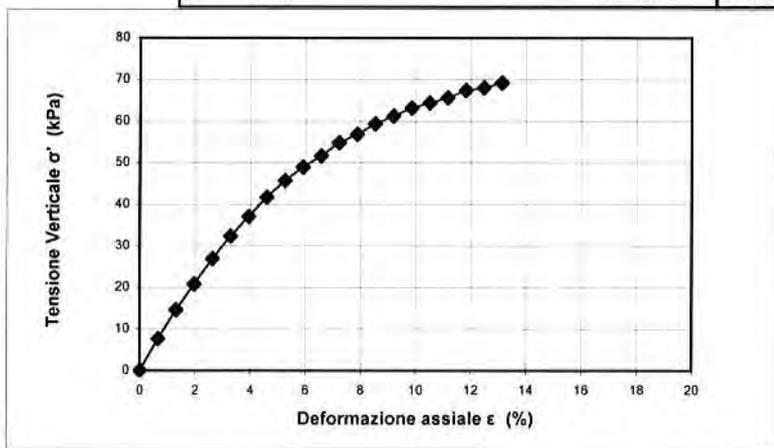
Data inizio prova : 08/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 69.2**

**Coesione  $C_u$  (kPa) : 34.6**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	7.66
1.3	14.58
2.0	20.78
2.6	26.89
3.3	32.30
3.9	37.02
4.6	41.67
5.2	45.65
5.9	48.96
6.6	51.61
7.2	54.83
7.9	56.81
8.5	59.34
9.2	61.24
9.8	63.12
10.5	64.38
11.2	65.62
11.8	67.41
12.5	68.03
13.1	69.19

Peso unità di volume  $kN/m^3$  = 19.67  
 Contenuto d'acqua % = 28.17



Provino n° 2

schema di rottura



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 38
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
Cantierte : Arcispedale S. Anna (FE)  
Data inizio prova : 03/02/11  
Verbale accettazione: 3 del 03/02/11

Sondaggio: 1  
Campione: sh5  
Prof.(m): 18.3-18.8

Natura del campione :

Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup> )  
Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup> )  
Contenuto d'acqua naturale : (%)  
Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup> )  
Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

argilla grigia

19.80  
15.45  
28.1  
26.06  
.686

$\sigma'_v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$M_o$ (kPa)
11.768	.15	.75	.674	
24.518	.26	1.30	.664	2318
49.035	.46	2.30	.647	2452
98.070	.73	3.65	.625	3632
196.140	1.07	5.35	.596	5769
392.280	1.49	7.45	.561	9340
784.560	2.04	10.20	.514	14265
1569.120	2.66	13.30	.462	25308
392.280	2.51	12.55	.475	
98.070	2.28	11.40	.494	
49.035	2.13	10.65	.507	

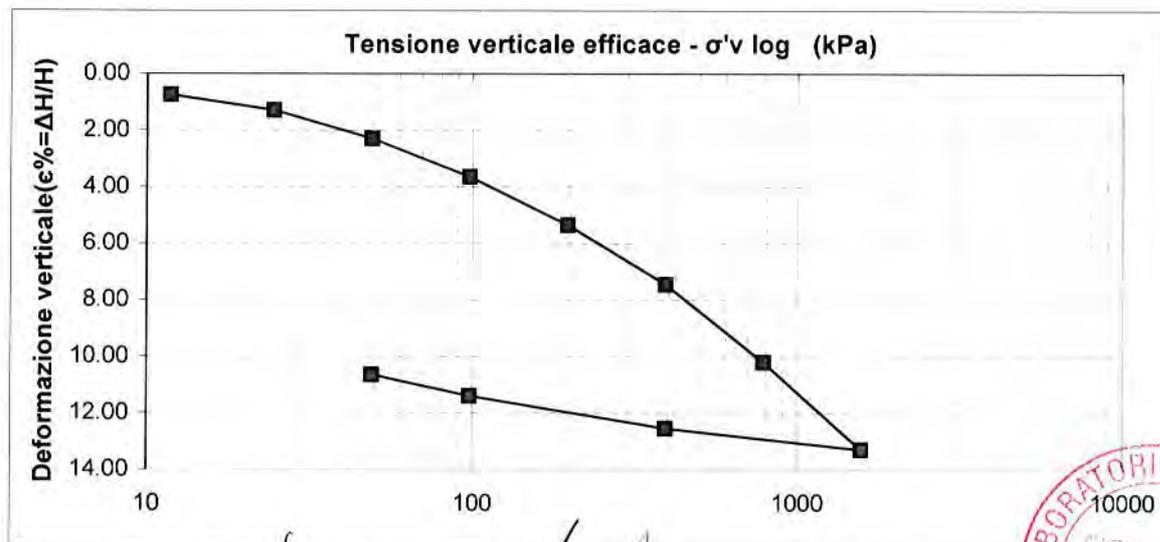
$\Delta H$  = cedimento

$\epsilon = \Delta H/H$  = def. verticale

$e^\circ$  = indice dei vuoti

$M_o$  = modulo edometrico

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 39 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

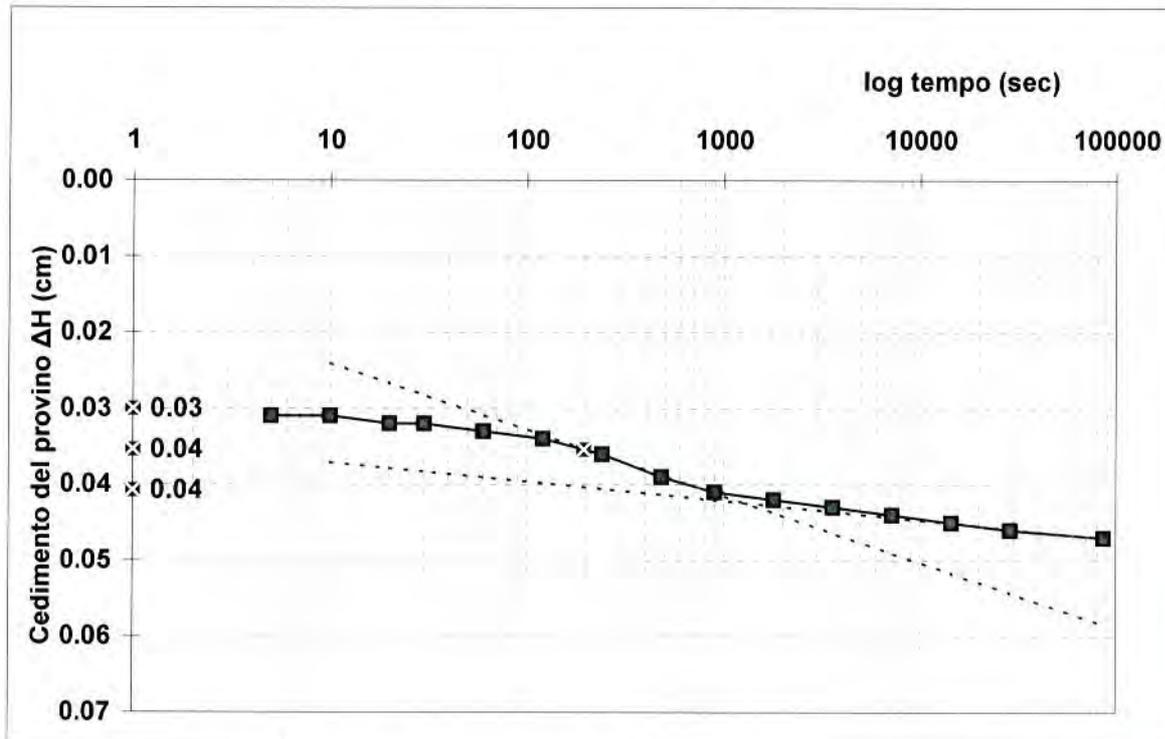
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh5  
**Prof(m):** 18.3-18.8

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 49.035  
 Cv (cmq/sec): 1.02E-03  
 C alfa 1.26E-05  
 t50 (sec) 194  
 Permeabilità (cm/sec) 7.13E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.030
5	0.030
10	0.031
20	0.031
30	0.032
60	0.032
120	0.033
240	0.034
480	0.036
900	0.039
1800	0.041
3600	0.042
7200	0.043
14400	0.044
28800	0.045
86400	0.046

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti/D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 2  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

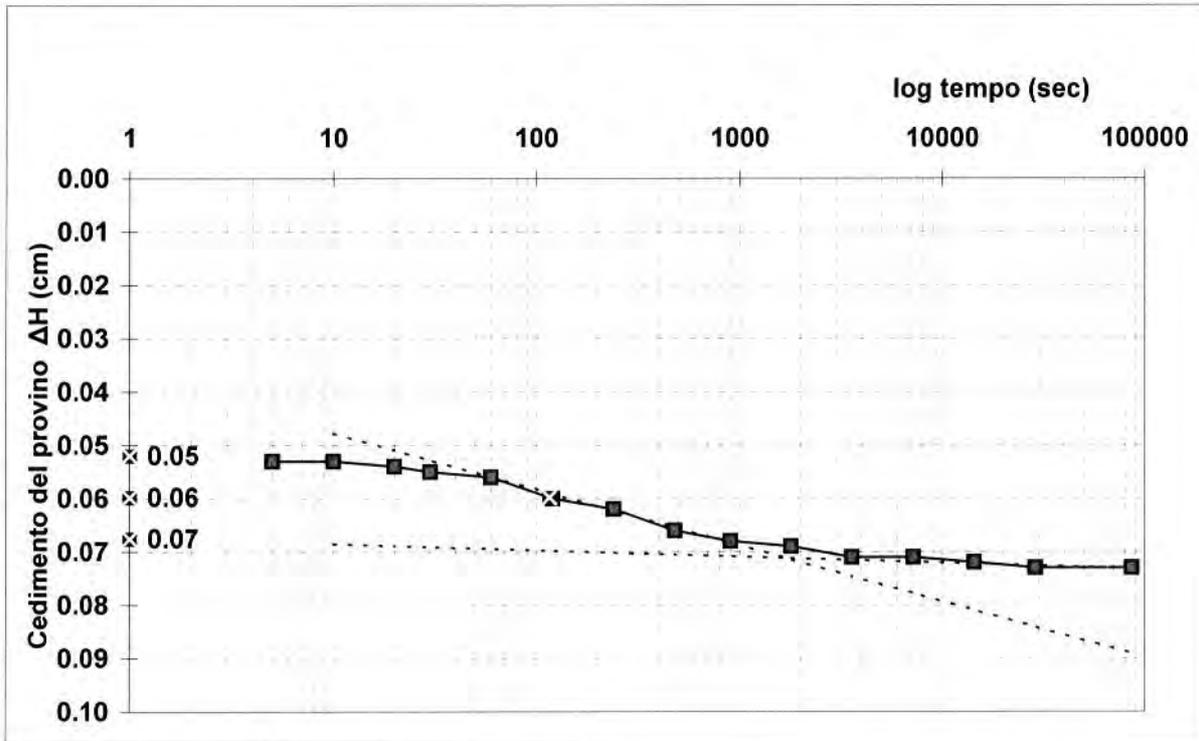
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del: 03/02/11  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh5  
 Prof(m): 18.3-18.8

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.052
5	0.053
10	0.053
20	0.054
30	0.055
60	0.056
120	0.060
240	0.062
480	0.066
900	0.068
1800	0.069
3600	0.071
7200	0.071
14400	0.072
28800	0.073
86400	0.073

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 1.70E-03  
 C alfa 5.84E-06  
 t50 (sec) 116  
 Permeabilità (cm/sec) 4.41301E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 3010  
 Data emissione: 27/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

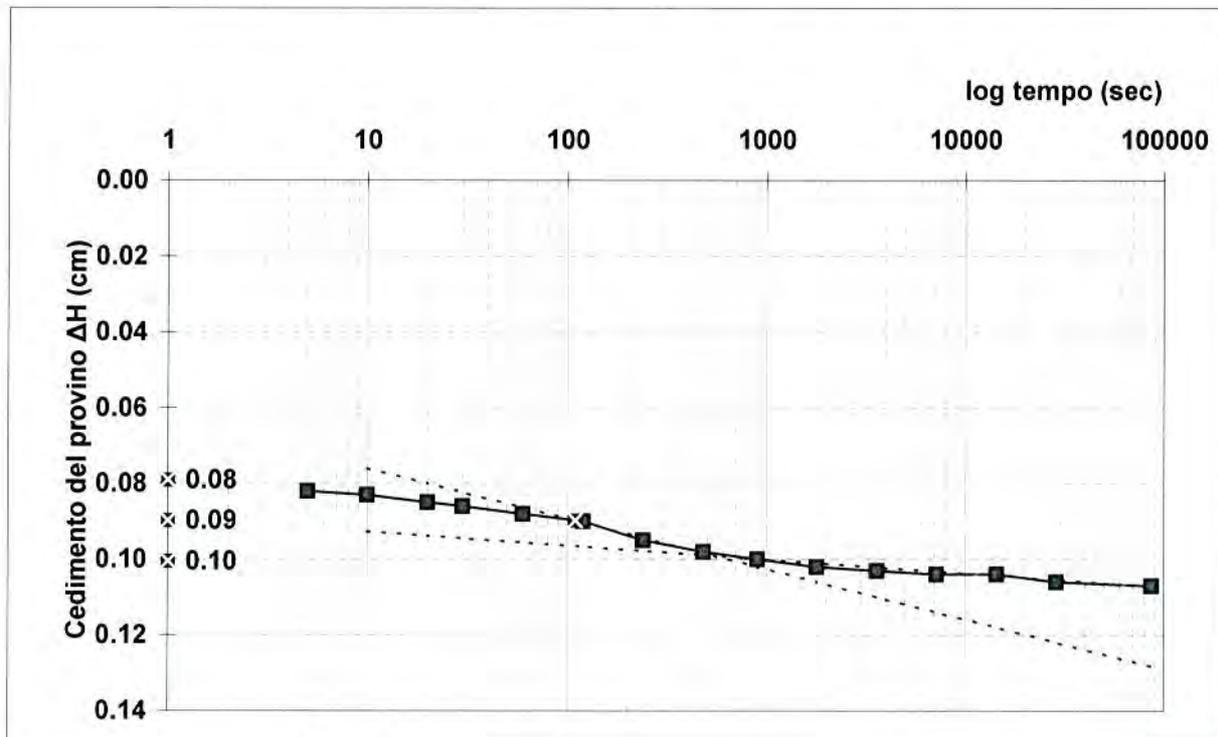
Sondaggio: 1  
 Campione: sh5  
 Prof(m): 18.3-18.8

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 1.80E-03  
 C alfa 1.85E-05  
 t50 (sec) 109  
 Permeabilità (cm/sec) 3.06067E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.082
5	0.082
10	0.083
20	0.085
30	0.086
60	0.088
120	0.090
240	0.095
480	0.098
900	0.100
1800	0.102
3600	0.103
7200	0.104
14400	0.104
28800	0.106
86400	0.107

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 31  
 Data emissione : 03/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P. I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

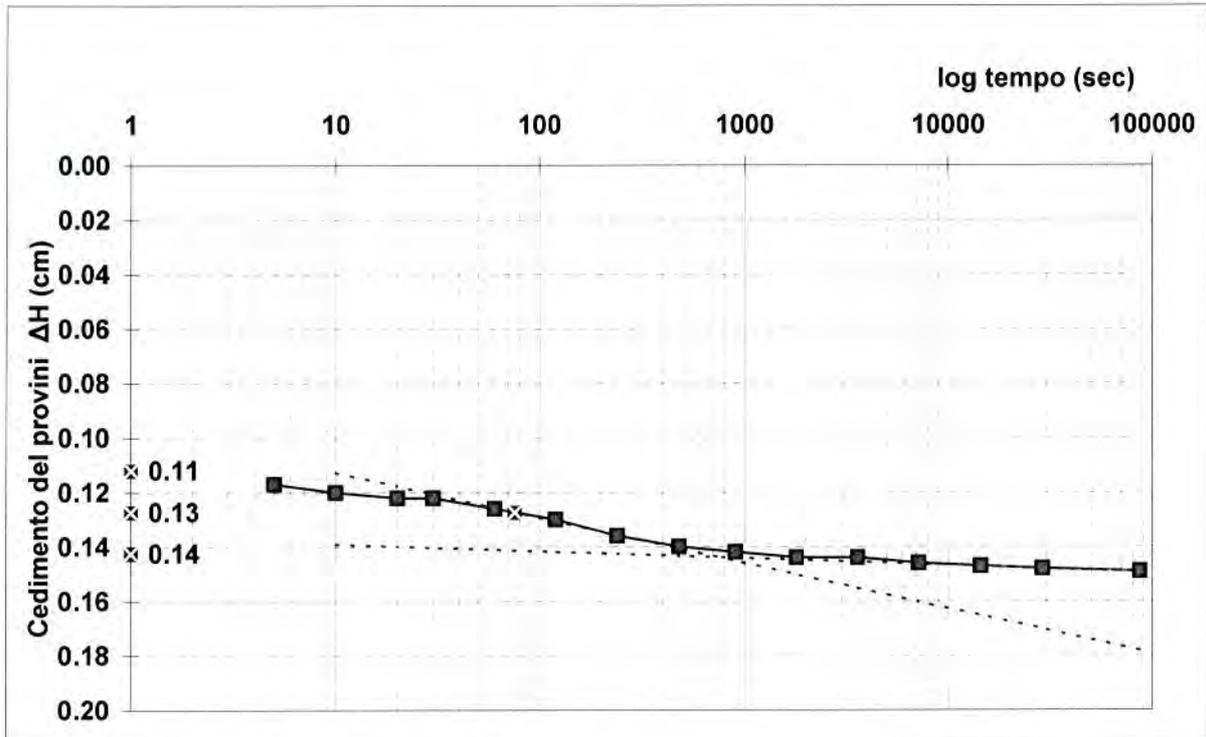
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh5  
**Prof(m):** 18.3-18.8

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 2.61E-03  
 C alfa 1.26E-05  
 t50 (sec) 75  
 Permeabilità (cm/sec) 2.74155E-08

Tempo (sec)	$\Delta H$ (cm)
0	0.116
5	0.117
10	0.120
20	0.122
30	0.122
60	0.126
120	0.130
240	0.136
480	0.140
900	0.142
1800	0.144
3600	0.144
7200	0.146
14400	0.147
28800	0.148
86400	0.149

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
Dr. Malaguti D

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 39  
Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

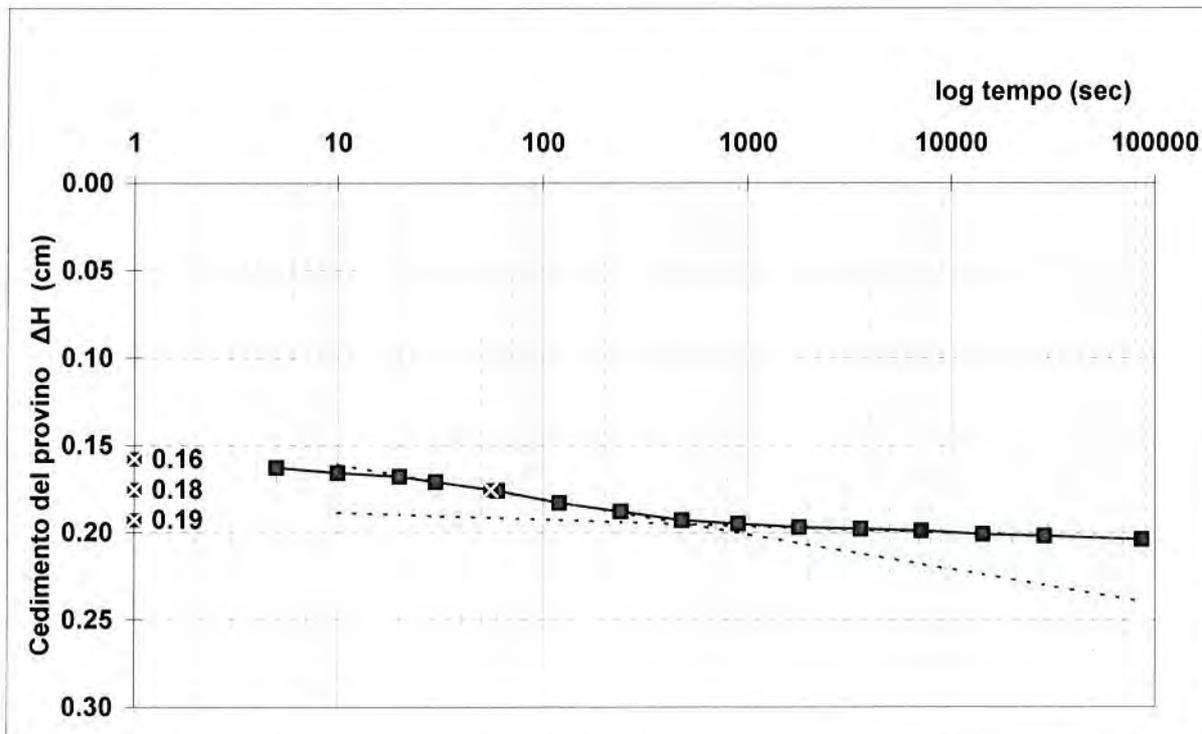
Sondaggio: 1  
 Campione: sh5  
 Prof(m): 18.3-18.8

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 3.54E-03  
 C alfa 1.94E-05  
 t50 (sec) 55  
 Permeabilità (cm/sec) 2.436E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.162
5	0.163
10	0.166
20	0.168
30	0.171
60	0.176
120	0.183
240	0.188
480	0.193
900	0.195
1800	0.197
3600	0.198
7200	0.199
14400	0.201
28800	0.202
86400	0.204

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti (D)

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 31  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

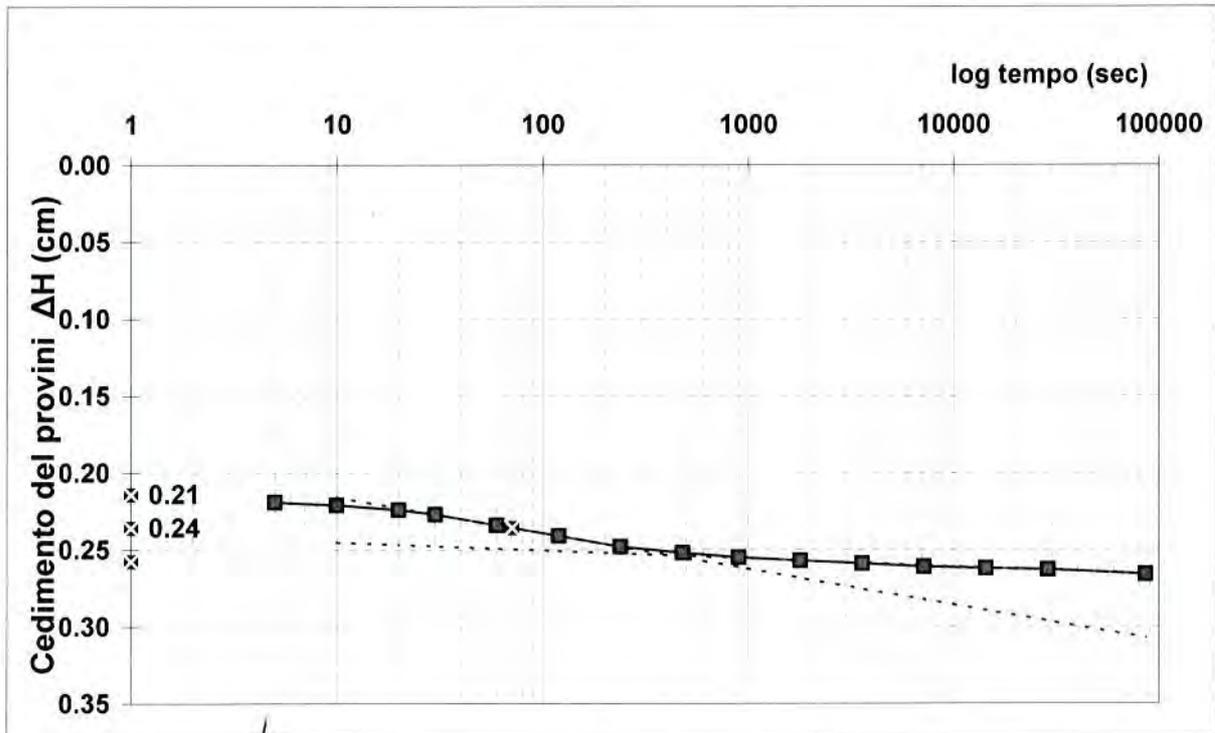
Sondaggio: 1  
 Campione: sh5  
 Prof(m): 18.3-18.8

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 2.76E-03  
 C alfa 2.63E-05  
 t50 (sec) 71  
 Permeabilità (cm/sec) 1.068E-08

Tempo (sec)	$\Delta H$ (cm)
0	0.214
5	0.219
10	0.221
20	0.224
30	0.227
60	0.234
120	0.241
240	0.248
480	0.252
900	0.255
1800	0.257
3600	0.259
7200	0.261
14400	0.262
28800	0.263
86400	0.266

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 39  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n° 170861 - P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio :	1	Verbale Accettazione n° :	3
Campione :	sh5	del :	03/02/2011
Prof. (mt):	18.3-18.8	Data inizio prova :	03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara (g)	264.54
Massa terreno secco + Tara (g)	208.27
Massa tara (g)	8.49
Contenuto d'acqua - W (%)	28.2

**PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (BS 1377 Part. 15)**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	244
Massa tara (g)	73.80
Peso dell'unità di volume (γ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.960
(kN/m <sup>3</sup> )	19.223

Sperimentatore Dr. Malagut D	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 40
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )**

**Committente :** Comune di Ferrara  
**Cantiere :** Arcispedale S. Anna (FE)

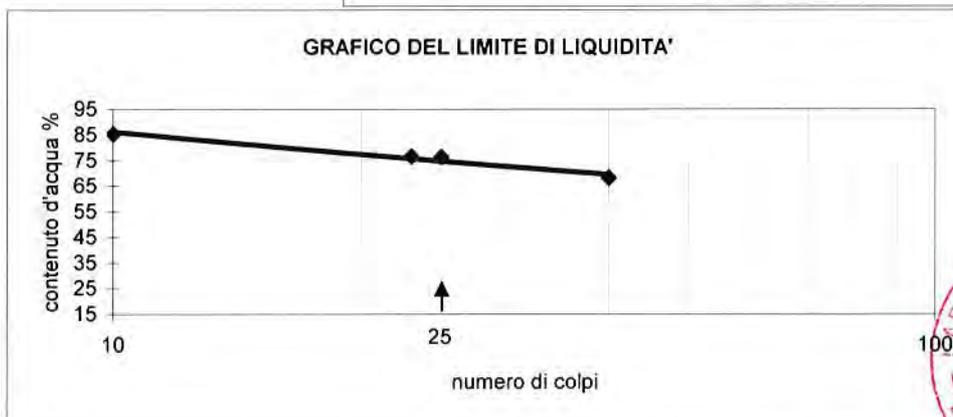
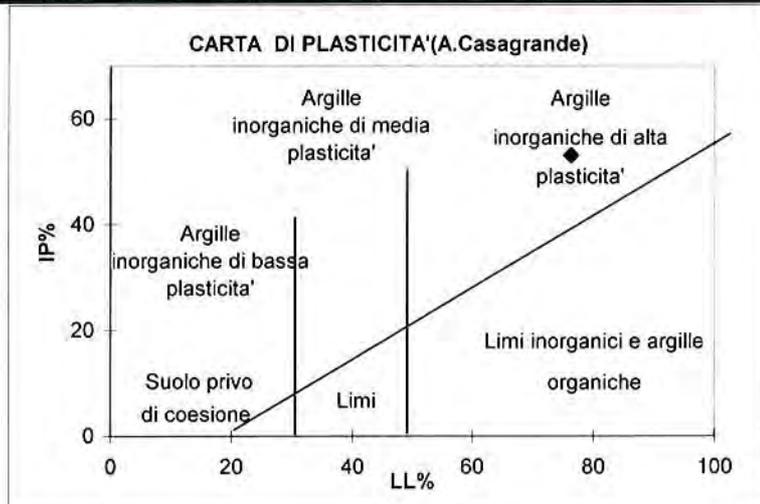
**Sondaggio N°:** 1  
**Campione:** sh5  
**Prof. mt:** 18.3-18.8

**Data inizio prova :** 08/02/2011

**Verbale accettazione n° :** 3  
**del :** 03/02/2011

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	40	23	10		
Massa terreno umido + tara (g)	26.47	26.39	25.48	12.57	264.54
Massa terreno secco + tara (g)	21.08	20.72	19.80	12.04	208.27
Massa acqua contenuta (g)	5.39	5.67	5.68	0.53	56.27
Massa tara (g)	13.17	13.31	13.14	9.75	8.49
Massa terreno secco (g)	7.91	7.41	6.66	2.29	199.78
Contenuto d'acqua %	68.1	76.5	85.3	23.2	28.2

Limite liquido %	76
Limite Plastico %	23
Umidita' naturale%	28.2
Indice Plastico %	53
Indice di consistenza :	0.91



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 41 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

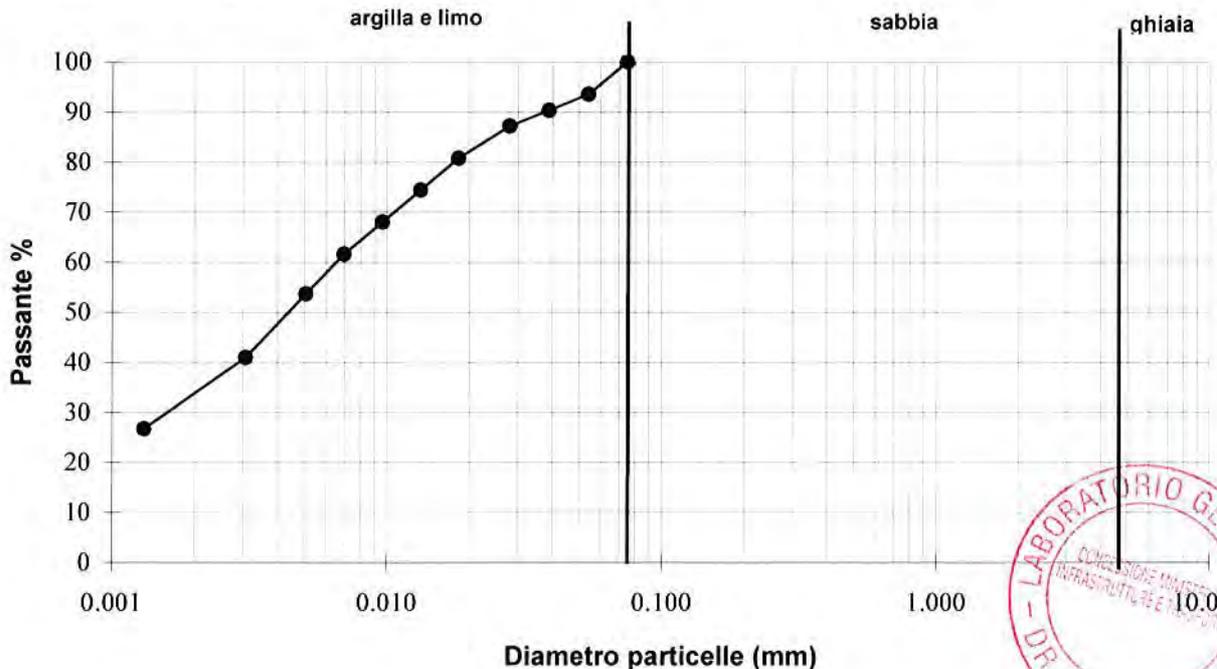
**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P. I. 00534480389Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE**  
**norma ASTM D 422 - AGI 1994**Committente : Comune di Ferrara  
Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)Sondaggio : 1  
Campione : sh5  
Profondità (mt): 18.3-18.8  
Data inizio prova : 09/02/11Verbale accettazione n° : 3  
del : 03/02/2011

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	100.00
0.0541	93.53
0.0389	90.33
0.0279	87.14
0.0182	80.76
0.0132	74.39
0.0096	68.02
0.0070	61.65
0.0051	53.69
0.0031	40.97
0.0013	26.67

**Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84**

<b>Ghiaia</b>	( >4.75mm )	:	0%
<b>Sabbia</b>	( 4.76-0.075mm )	:	0%
<b>Limo e Argilla</b>	( < 0.075mm )	:	100%

trattenuto allo 0.075 mm : 0%



Sperimentatore Dr. Malaguti <i>[Signature]</i>	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi <i>[Signature]</i>	Certificato n° : 42
		Data emissione : 27/02/11

**Laboratorio Geotecnico Dr. Geol. Antonio Mucchi**  
 Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n° 170861-P.I. 00534480389  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010**  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**SCHEDA APERTURA CAMPIONE ( Norma A.S.T.M. D 2488 - AGI 1977)**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara **Verbale accettazione n°:** 3  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE) **del:** 03/02/11  
**DATA APERTURA :** 03/02/11

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: sh6 PROF. 23.5-24.0 m.

**TIPO DI CONTENITORE:**  fustella  sacchetto  cassetta

ALTO A BASSO  
 0 50 cm.

(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		Prove di laboratorio eseguite (*)									
Livello	Descrizione litologica	P.P.	V.T.	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	Trcu
<b>A</b>	argilla limosa grigia	140	50	*	*	*	*	*		*	
<b>B</b>											

**QUALITA' DEL CAMPIONE :** SCADENTE  DISCRETA  BUONA  ECCELLENTE

**LEGENDA PROVE:**

Pocket penetrometrico	P.P. (kPa)	Peso di volume	Y	Limiti di Atterberg	L A
Vane test	V.T. (kPa)	Peso specifico	G.S	Edometria	Ed
Contenuto d'acqua	W	Granulometria	G	Prova di taglio	P T
Compressione E.L.L.	C	Permeabilità	K	Triassiale	T R



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n°: Data emissione: 23/02/11
-----------------------------------	--	---

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 1

Verbale n° : 3

Campione : sh6

Data verbale accettazione : 03/02/2011

Profondità (mt): 23.5-24.0

Data inizio prova : 09/02/2011

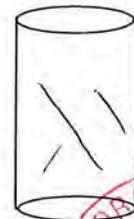
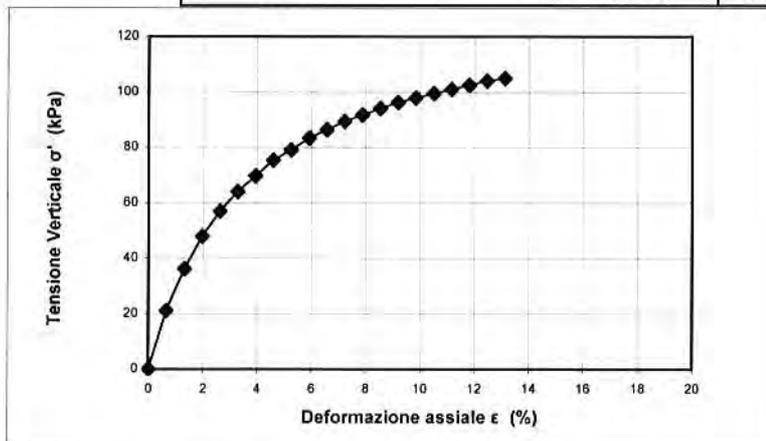
Velocità : 0.5 mm/min

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 104.9**

**Coesione  $C_u$  (kPa) : 52.45**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	21.06
1.3	36.13
2.0	47.85
2.6	56.91
3.3	63.98
3.9	69.72
4.6	75.37
5.2	79.11
5.9	83.40
6.6	86.42
7.2	89.39
7.9	91.72
8.5	94.00
9.2	96.24
9.8	97.86
10.5	99.45
11.2	101.00
11.8	102.52
12.5	104.01
13.1	104.90

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 20.19$   
 Contenuto d'acqua % = 23.65



Provino n° 1

schema di rottura



Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 55  
 Data emissione : 23/02/11

Pagina n° 1 di 1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 1

Campione : sh6

Profondità (mt): 23.5-24.0

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

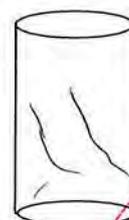
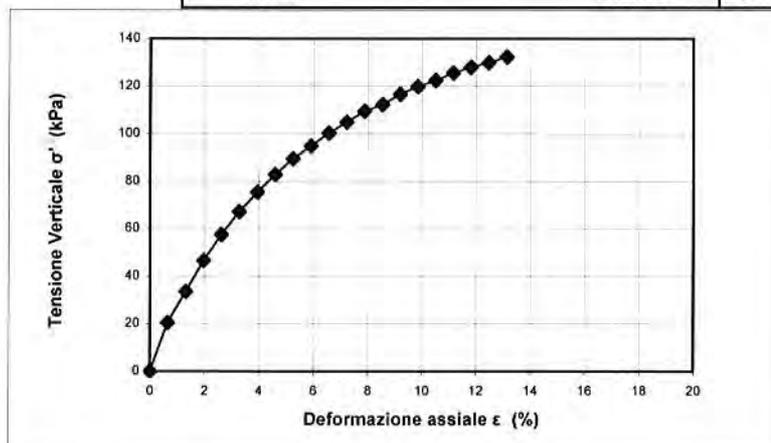
Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 132.2**

**Coesione  $C_u$  (kPa) : 66.1**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	20.42
1.3	33.59
2.0	46.59
2.6	57.54
3.3	67.09
3.9	75.28
4.6	82.72
5.2	89.46
5.9	94.88
6.6	100.23
7.2	104.88
7.9	109.46
8.5	112.21
9.2	116.65
9.8	119.87
10.5	122.44
11.2	125.54
11.8	128.02
12.5	129.87
13.1	132.25

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 19.94$   
 Contenuto d'acqua % = 23.65



Provino n° 2

schema di rottura



Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 45  
 Data emissione : 23/02/11

Pagina n°1di1

**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**  
 Via A. Ascarì, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)  
 Data inizio prova : 03/02/11  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11

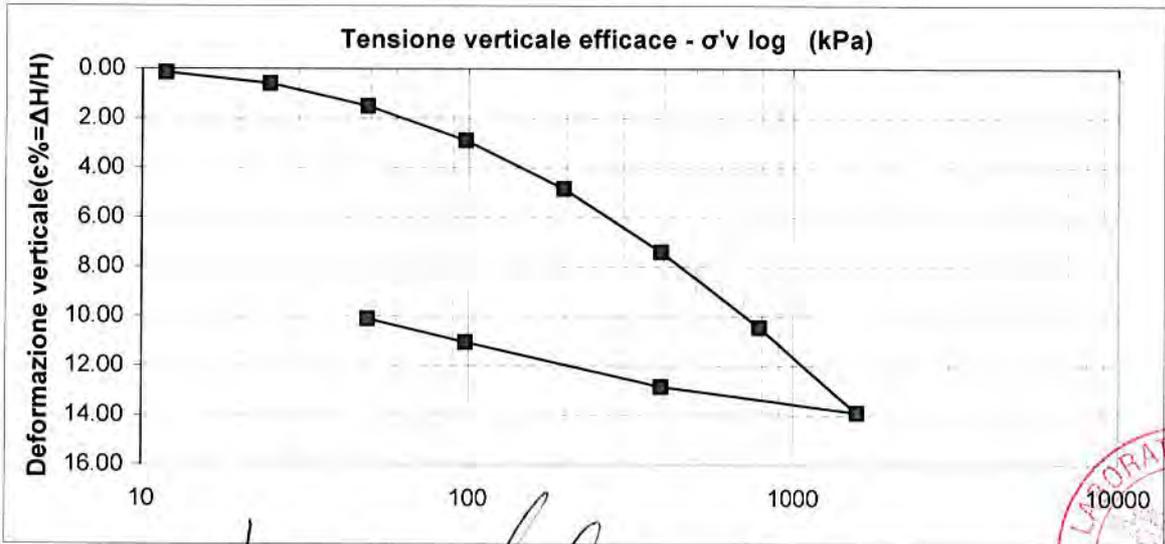
Sondaggio: 1  
 Campione: sh6  
 Prof.(m): 23.5-24.0

Natura del campione :  
 Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Contenuto d'acqua naturale : (%)  
 Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

argilla grigia
19.85
16.05
23.7
26.06
.623

$\sigma'v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$Mo$ (kPa)
11.768	.03	.15	.621	
24.518	.12	.60	.614	2833
49.035	.30	1.50	.599	2724
98.070	.58	2.90	.576	3502
196.140	.97	4.85	.545	5029
392.280	1.48	7.40	.503	7692
784.560	2.09	10.45	.454	12862
1569.120	2.78	13.90	.398	22741
392.280	2.57	12.85	.415	
98.070	2.21	11.05	.444	
49.035	2.02	10.10	.459	

$\Delta H$  = cedimento  
 $\epsilon = \Delta H/H = \text{def. verticale}$   
 $e^\circ = \text{indice dei vuoti}$   
 $Mo = \text{modulo edometrico}$   
 $\sigma'v = \text{tensione verticale efficace}$



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 48 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

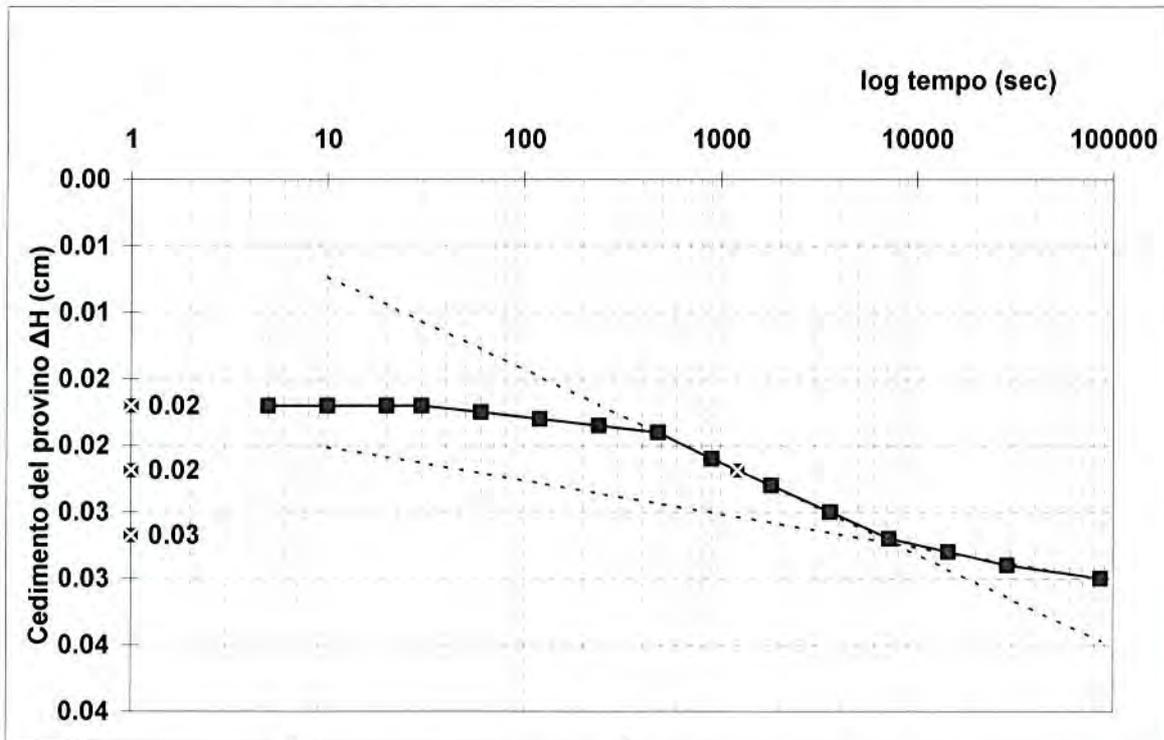
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh6  
**Prof(m):** 23.5-24.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 49.035  
 Cv (cmq/sec): 1.62E-04  
 C alfa 1.26E-05  
 t50 (sec) 1215  
 Permeabilità (cm/sec) 7.54E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.017
5	0.017
10	0.017
20	0.017
30	0.017
60	0.017
120	0.018
240	0.018
480	0.019
900	0.019
1800	0.021
3600	0.023
7200	0.025
14400	0.027
28800	0.028
86400	0.029

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 46  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P. I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

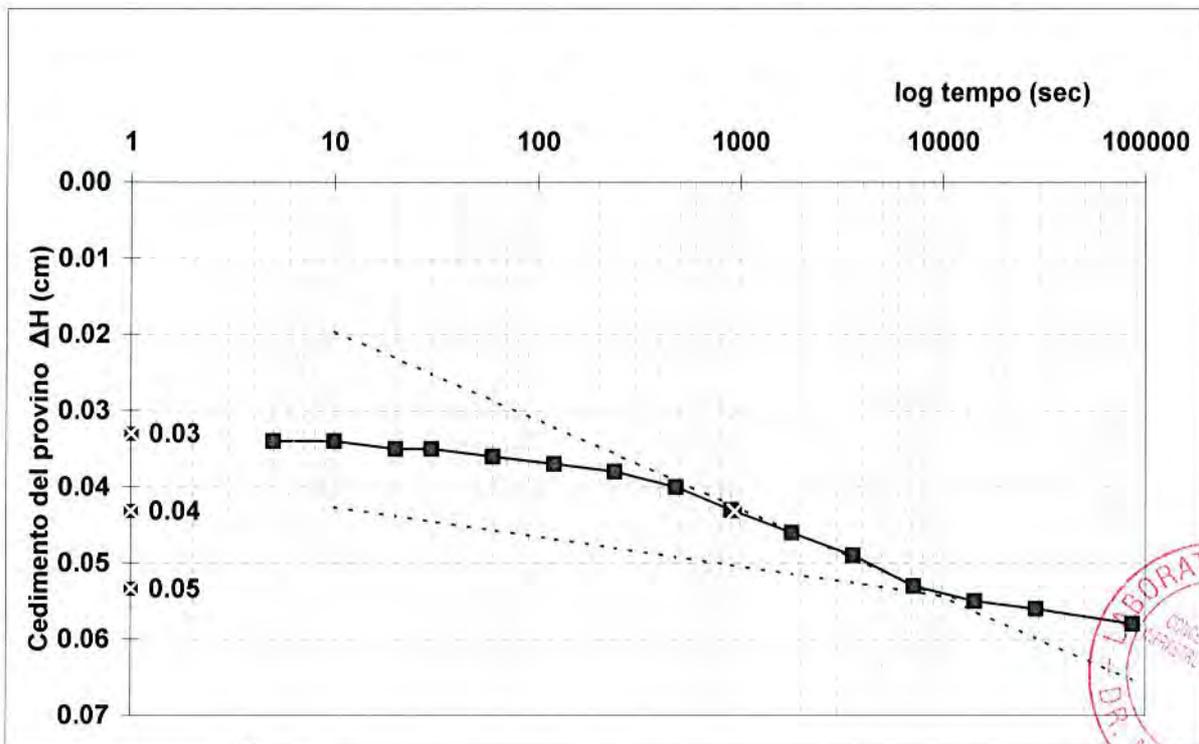
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del: 03/02  
 Sondaggio: 1  
 Campione: sh6  
 Prof(m): 23.5-24.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.034
5	0.034
10	0.034
20	0.035
30	0.035
60	0.036
120	0.037
240	0.038
480	0.040
900	0.043
1800	0.046
3600	0.049
7200	0.053
14400	0.055
28800	0.056
86400	0.058

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 2.09E-04  
 C alfa 1.94E-05  
 t50 (sec) 940  
 Permeabilità (cm/sec) 5.86451E-09

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 48
		Data emissione : 23/2/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P. I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

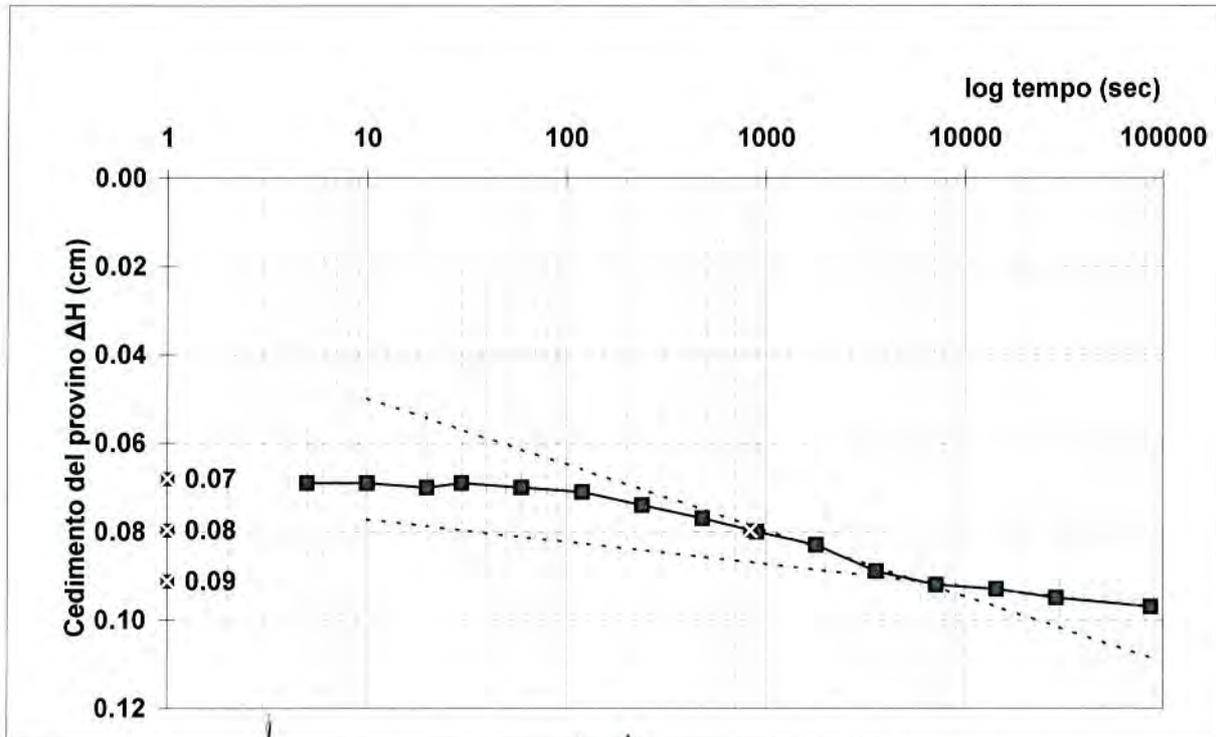
Sondaggio: 1  
 Campione: sh6  
 Prof(m): 23.5-24.0

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 2.36E-04  
 C alfa 2.53E-05  
 t50 (sec) 832  
 Permeabilità (cm/sec) 4.61039E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.069
5	0.069
10	0.069
20	0.070
30	0.069
60	0.070
120	0.071
240	0.074
480	0.077
900	0.080
1800	0.083
3600	0.089
7200	0.092
14400	0.093
28800	0.095
86400	0.097

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 56  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

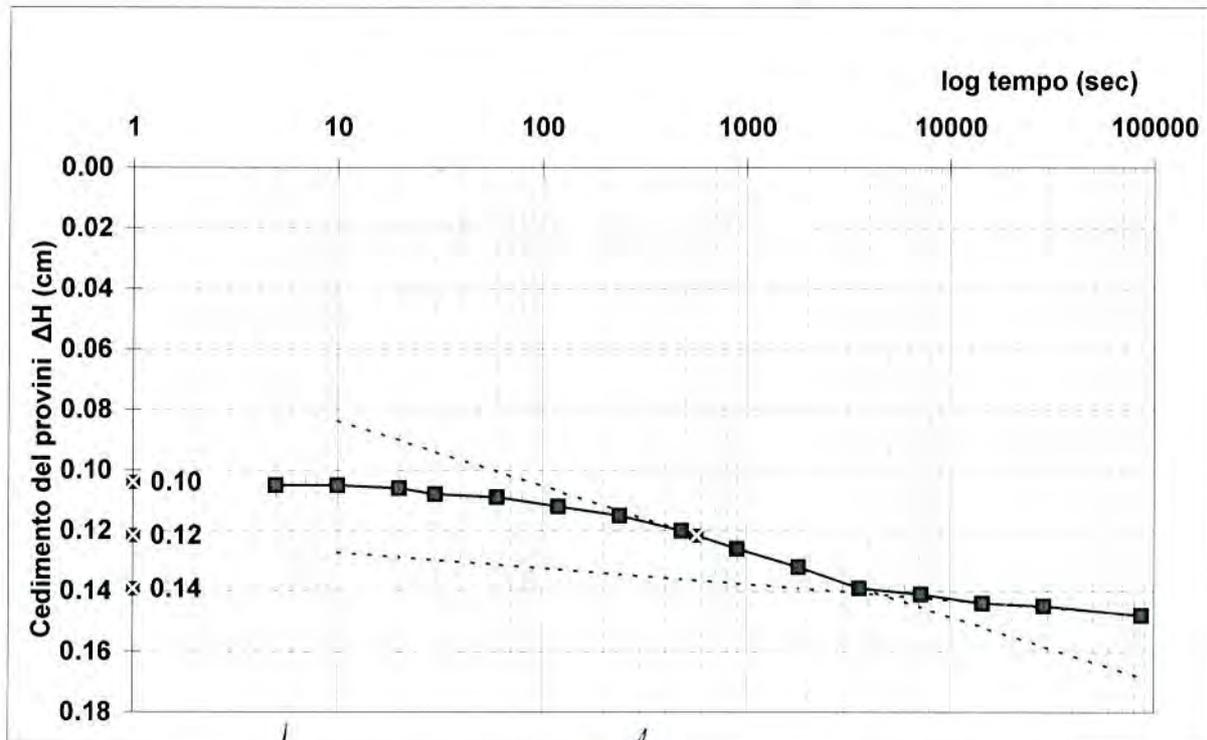
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh6  
**Prof(m):** 23.5-24.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 3.46E-04  
 C alfa 2.62E-05  
 t50 (sec) 568  
 Permeabilità (cm/sec) 4.41015E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.103
5	0.105
10	0.105
20	0.106
30	0.108
60	0.109
120	0.112
240	0.115
480	0.120
900	0.126
1800	0.132
3600	0.139
7200	0.141
14400	0.144
28800	0.145
86400	0.148

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti/D

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 46  
 Data emissione 23/02/11



### Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

#### PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

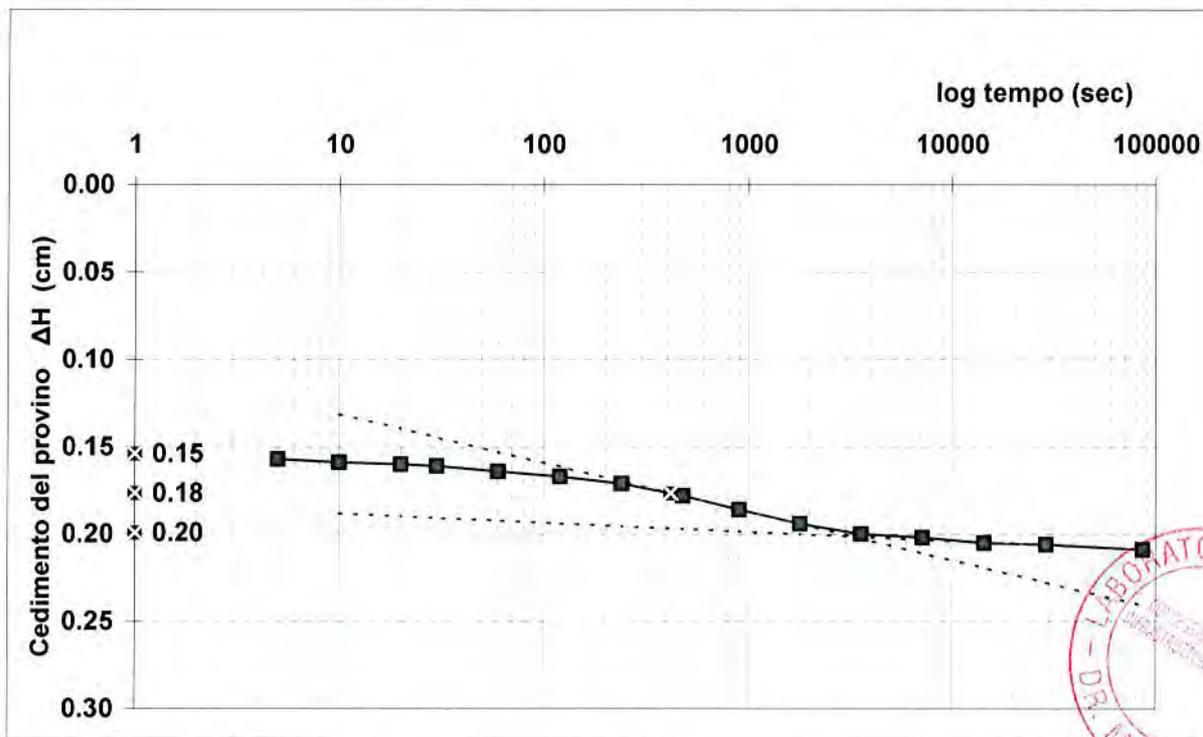
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh6  
**Prof(m):** 23.5-24.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 4.72E-04  
 C alfa 2.62E-05  
 t50 (sec) 416  
 Permeabilità (cm/sec) 3.595E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.155
5	0.157
10	0.159
20	0.160
30	0.161
60	0.164
120	0.167
240	0.171
480	0.178
900	0.186
1800	0.194
3600	0.200
7200	0.202
14400	0.205
28800	0.206
86400	0.209

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti/D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 56 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861 - P. I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A - Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

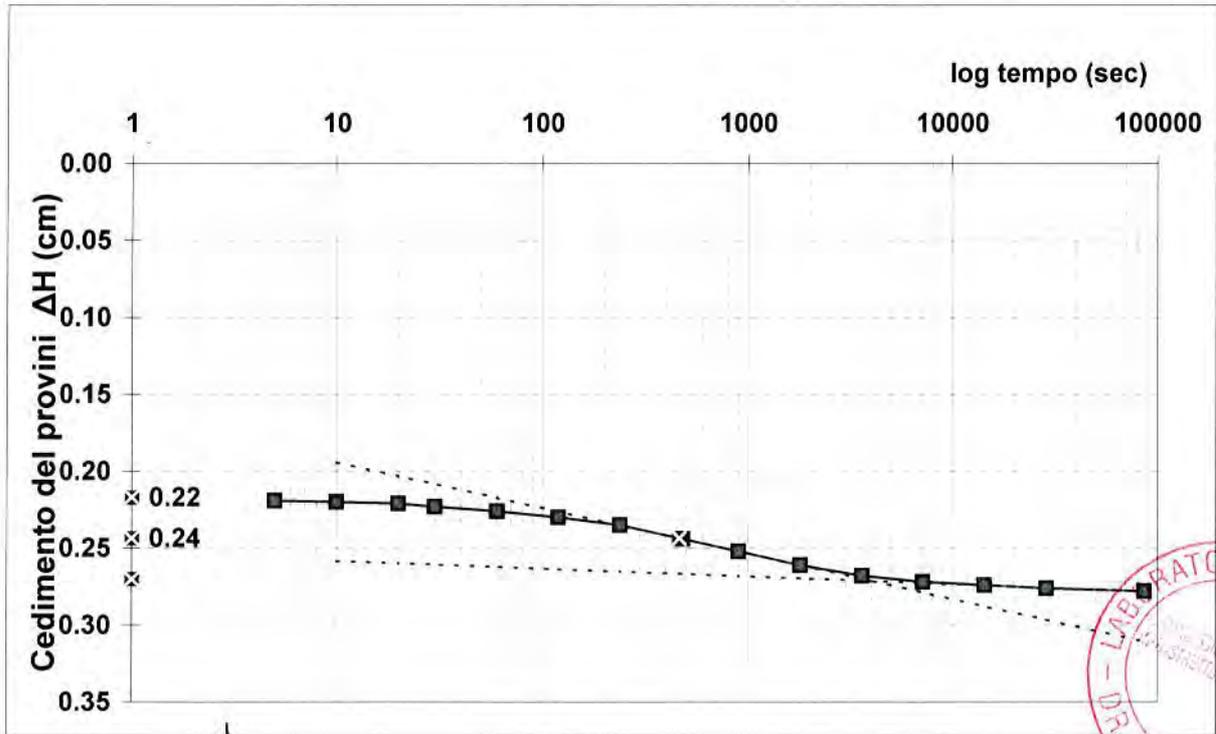
**Sondaggio:** 1  
**Campione:** sh6  
**Prof(m):** 23.5-24.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 4.24E-04  
 C alfa 2.53E-05  
 t50 (sec) 463  
 Permeabilità (cm/sec) 1.827E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.217
5	0.219
10	0.220
20	0.221
30	0.223
60	0.226
120	0.230
240	0.235
480	0.244
900	0.252
1800	0.261
3600	0.268
7200	0.272
14400	0.274
28800	0.276
86400	0.278

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 46  
 Data emissione : 23/2/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 1

Campione : sh6

Prof. (mt): 23.5-24.0

Verbale Accettazione n° :

del :

Data inizio prova :

3

03/02/2011

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	256.17
Massa terreno secco + Tara ( g )	208.81
Massa tara ( g )	8.54
Contenuto d'acqua - W ( % )	23.6

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	252.46
Massa tara (g)	73.55
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	2.060
(kN/m <sup>3</sup> )	20.207

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 47
		Data emissione : 03/02/11





**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE****norma ASTM D 422 - AGI 1994**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 1  
 Campione : sh6  
 Profondità (mt): 23.5-24.0  
 Data inizio prova : 09/02/11

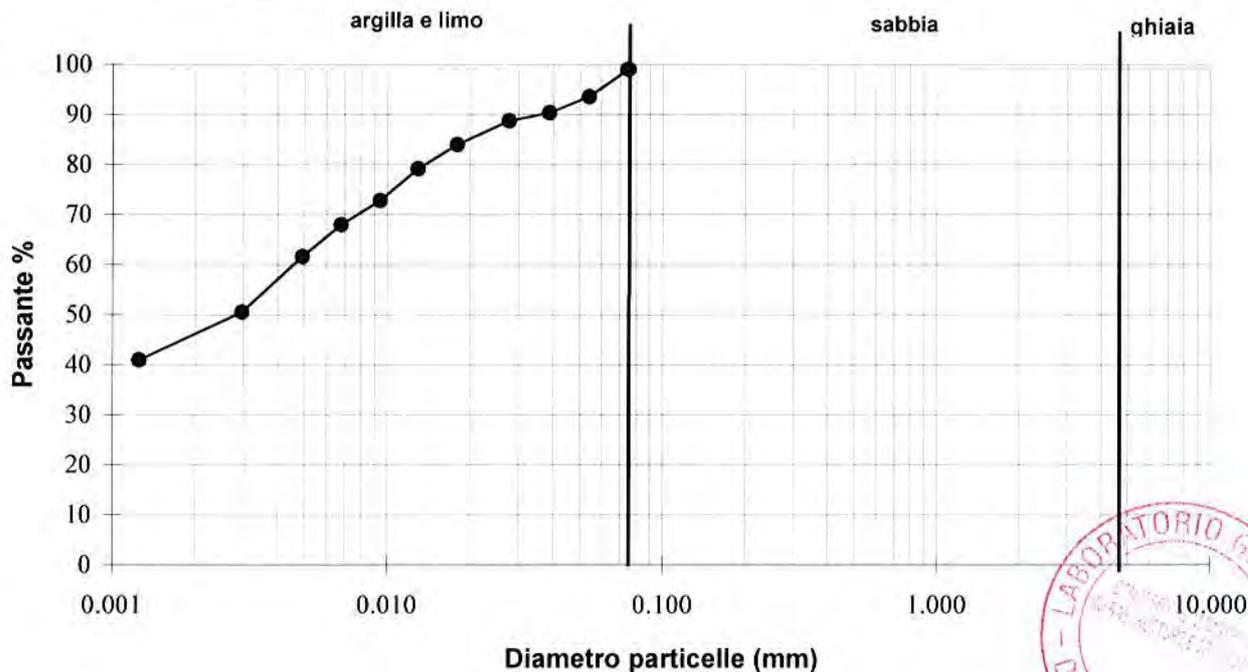
Verbale accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	99.00
0.0541	93.53
0.0389	90.33
0.0277	88.73
0.0179	83.94
0.0130	79.16
0.0094	72.78
0.0068	68.00
0.0049	61.63
0.0030	50.50
0.0013	40.96

**Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84**

**Ghiaia** (>4.75mm) : 0%  
**Sabbia** (4.76-0.075mm) : 1%  
**Limo e Argilla** (< 0.075mm) : 99%

**trattenuto allo 0.075 mm : 1%**



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 59
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

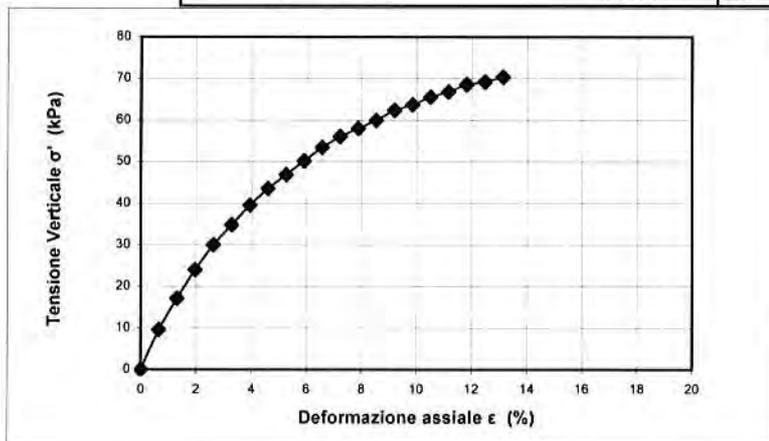
Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)  
 Sondaggio : 2  
 Campione : sh1  
 Profondità (mt): 4.3-4.8  
 Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3  
 Data verbale accettazione : 03/02/2011  
 Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 70.3**  
**Coesione  $C_u$  (kPa) : 35.15**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	9.57
1.3	17.12
2.0	23.93
2.6	30.02
3.3	34.79
3.9	39.49
4.6	43.51
5.2	46.86
5.9	50.16
6.6	53.41
7.2	56.02
7.9	57.99
8.5	59.92
9.2	62.41
9.8	63.70
10.5	65.53
11.2	66.76
11.8	68.54
12.5	69.15
13.1	70.30

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 18.93$   
 Contenuto d'acqua % = 32.25



Provino n° 1

schema di rottura



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 51 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010**

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 2

Campione : sh1

Profondità (mt): 4.3-4.8

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

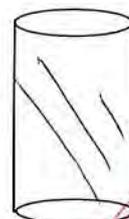
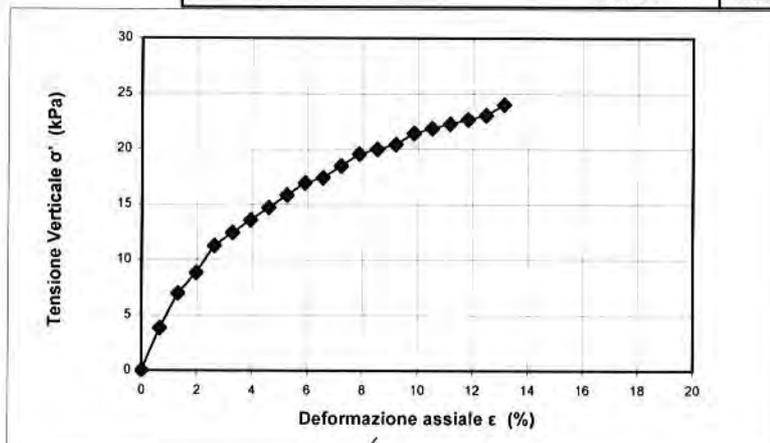
Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 24**

**Coesione  $C_u$  (kPa) : 12**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	3.83
1.3	6.97
2.0	8.81
2.6	11.26
3.3	12.42
3.9	13.58
4.6	14.71
5.2	15.82
5.9	16.93
6.6	17.40
7.2	18.48
7.9	19.53
8.5	19.97
9.2	20.41
9.8	21.42
10.5	21.84
11.2	22.26
11.8	22.65
12.5	23.05
13.1	23.99

Peso unità di volume  $kN/m^3$  = 18.78  
 Contenuto d'acqua % = 32.25



Provino n° 2

schema di rottura



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 572
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**  
 Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010**  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

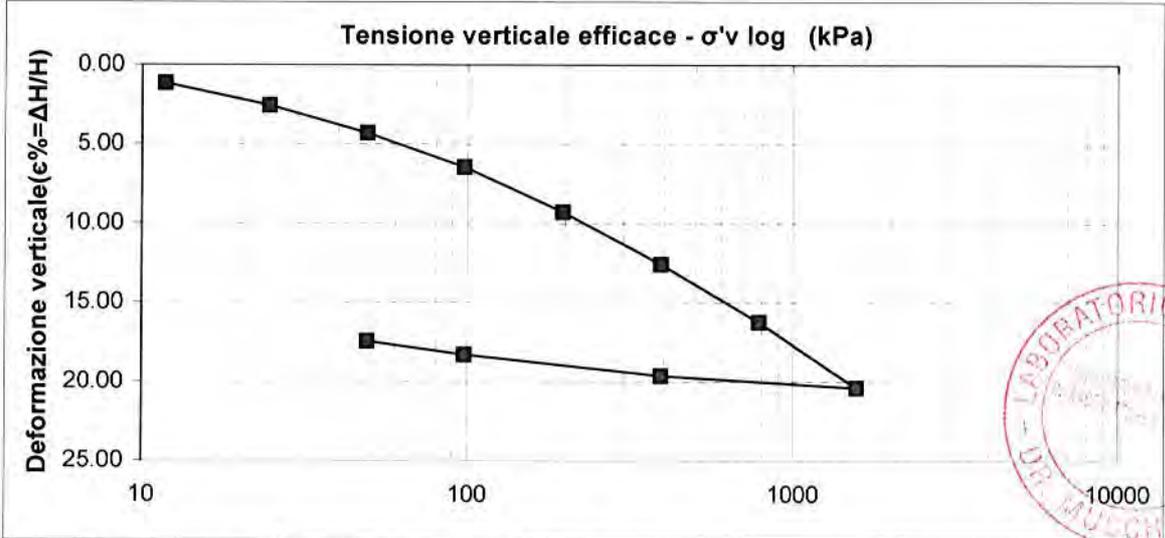
Committente : Comune di Ferrara  
 Cantierte : Arcispedale S. Anna (FE) Sondaggio: 2  
 Data inizio prova : 03/02/11 Campione: sh1  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11 Prof.(m): 4.3-4.8

Natura del campione :  
 Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Contenuto d'acqua naturale : (%)  
 Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

limo argilloso
19.41
14.68
32.2
26.06
.775

$\sigma'_v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$M_o$ (kPa)
11.768	.23	1.15	.754	
24.518	.51	2.55	.730	911
49.035	.86	4.30	.698	1401
98.070	1.29	6.45	.660	2281
196.140	1.86	9.30	.610	3441
392.280	2.52	12.60	.551	5944
784.560	3.25	16.25	.486	10747
1569.120	4.08	20.40	.413	18905
392.280	3.93	19.65	.426	
98.070	3.66	18.30	.450	
49.035	3.49	17.45	.465	

$\Delta H$  = cedimento  
 $\epsilon = \Delta H/H = \text{def. verticale}$   
 $e^\circ = \text{indice dei vuoti}$   
 $M_o = \text{modulo edometrico}$   
 $\sigma'_v = \text{tensione verticale efficace}$



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 53 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11

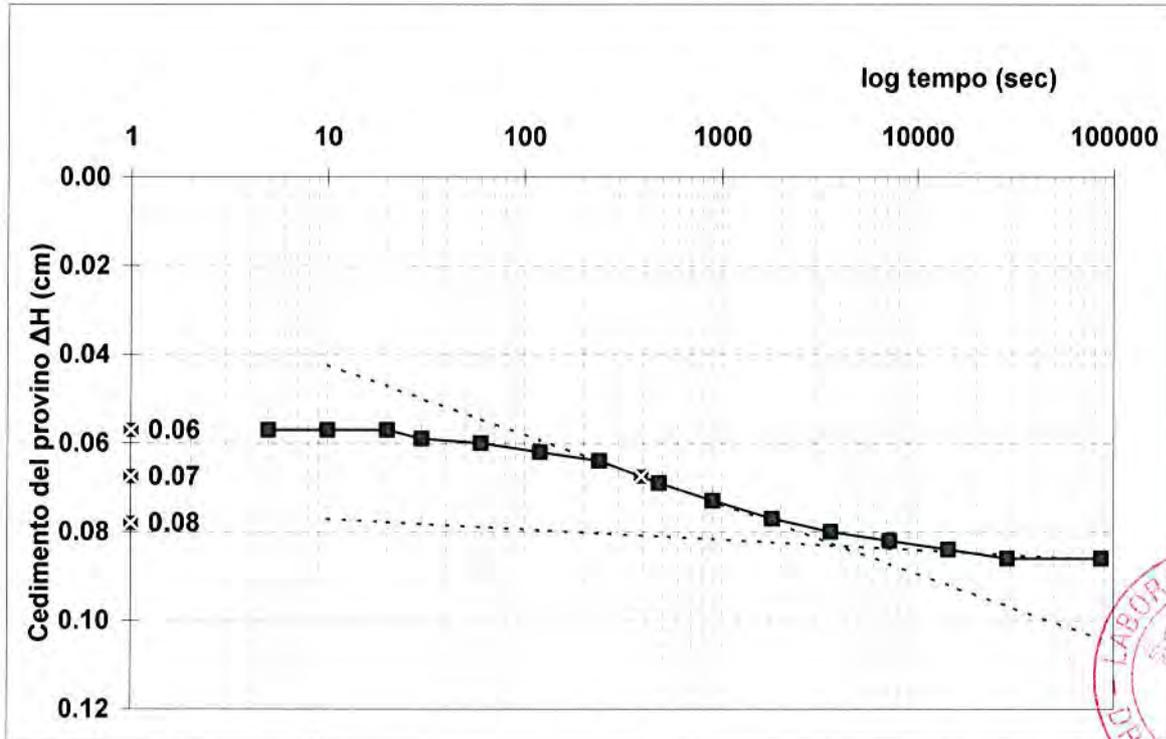
Sondaggio: 2  
 Campione: sh1  
 Prof(m): 4.3-4.8

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 49.035  
 Cv (cmq/sec): 5.05E-04  
 C alfa 1.17E-05  
 t50 (sec) 390  
 Permeabilità (cm/sec) 5.53E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.057
5	0.057
10	0.057
20	0.057
30	0.057
60	0.059
120	0.060
240	0.062
480	0.064
900	0.069
1800	0.073
3600	0.077
7200	0.080
14400	0.082
28800	0.084
86400	0.086

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 53 Data emissione : 23/2/11
-----------------------------------	--	---

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

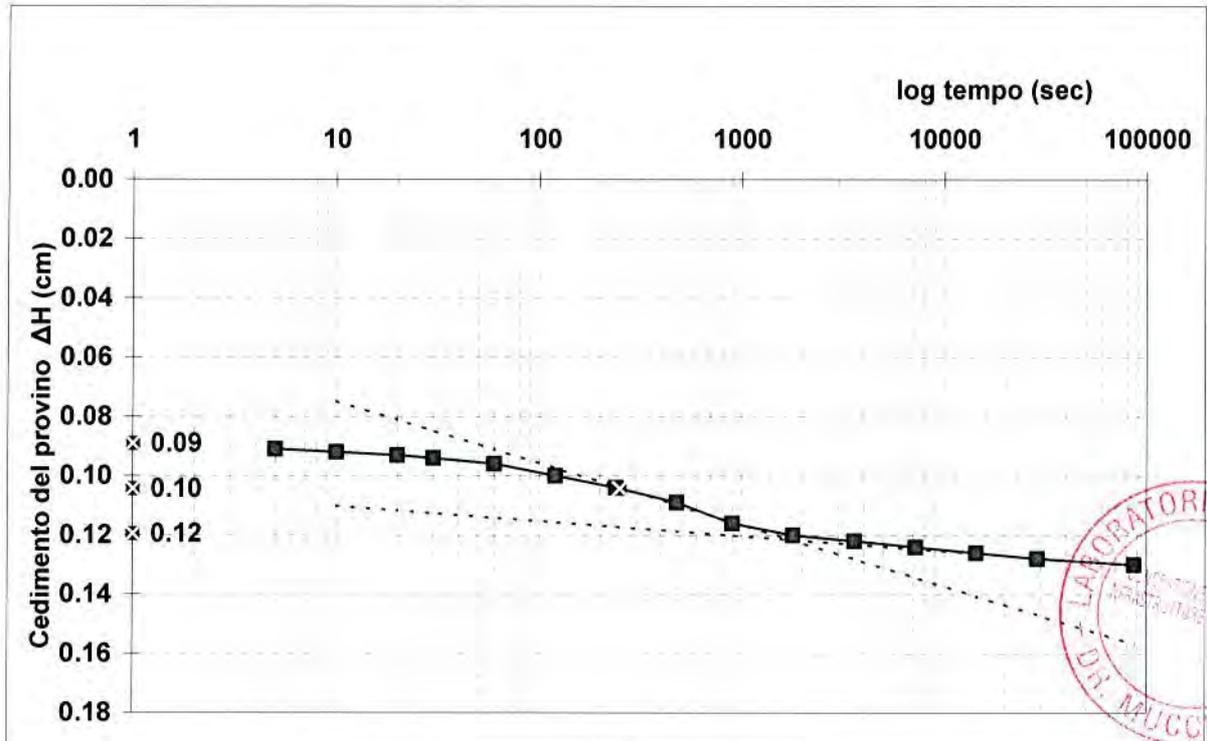
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del: 03/02  
 Sondaggio: 2  
 Campione: sh1  
 Prof(m): 4.3-4.8

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.090
5	0.091
10	0.092
20	0.093
30	0.094
60	0.096
120	0.100
240	0.104
480	0.109
900	0.116
1800	0.120
3600	0.122
7200	0.124
14400	0.126
28800	0.128
86400	0.130

NATURA DEL CAMPIONE: limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 7.89E-04  
 C alfa 2.53E-05  
 t50 (sec) 249  
 Permeabilità (cm/sec) 3.47364E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 53 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

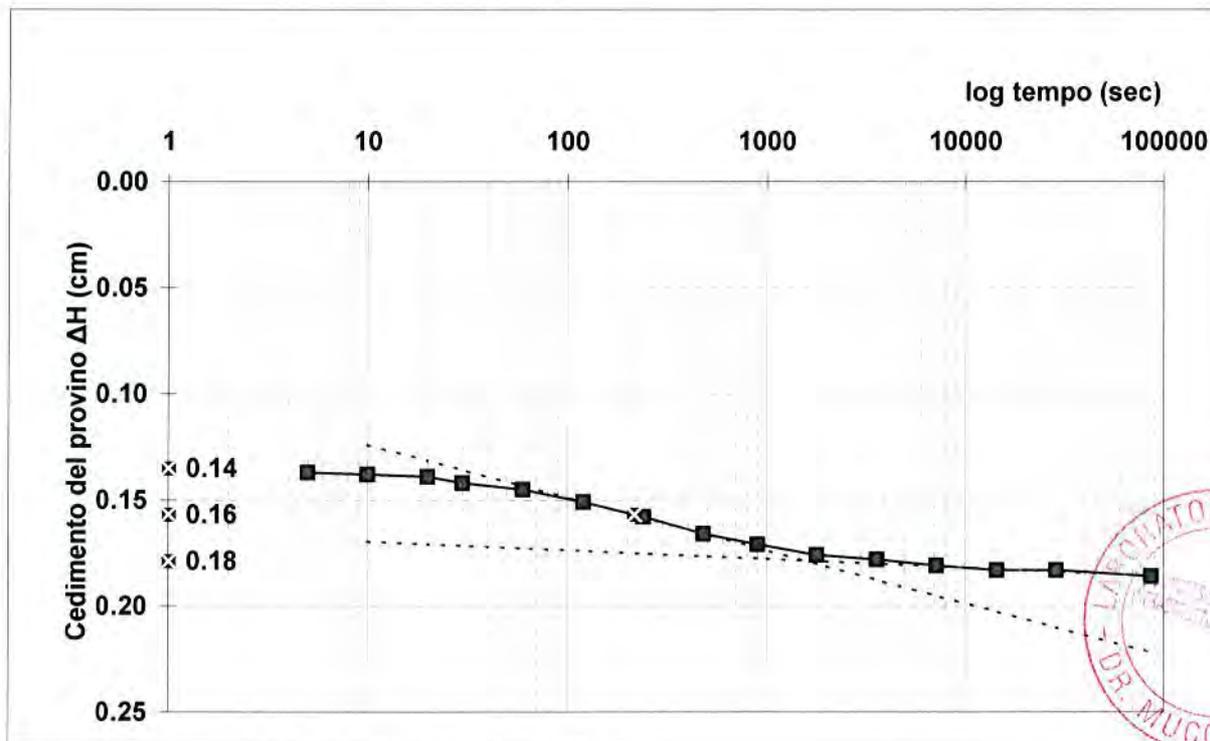
**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11  
  
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh1  
**Prof(m):** 4.3-4.8

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.136
5	0.137
10	0.138
20	0.139
30	0.142
60	0.145
120	0.151
240	0.158
480	0.166
900	0.171
1800	0.176
3600	0.178
7200	0.181
14400	0.183
28800	0.183
86400	0.186

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 9.09E-04  
 C alfa 2.04E-05  
 t50 (sec) 216  
 Permeabilità (cm/sec) 2.54563E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 53
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

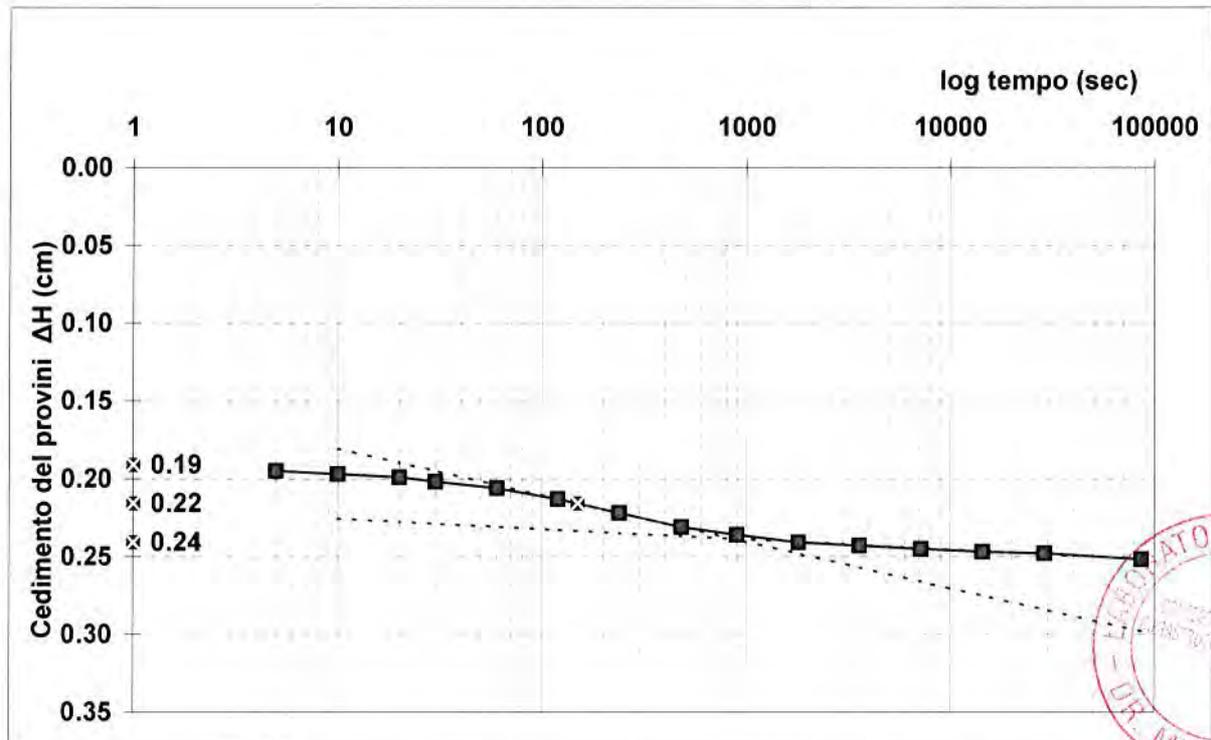
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh1  
**Prof(m):** 4.3-4.8

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 1.31E-03  
 C alfa 3.30E-05  
 t50 (sec) 150  
 Permeabilità (cm/sec) 2.16042E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.192
5	0.195
10	0.197
20	0.199
30	0.202
60	0.206
120	0.213
240	0.222
480	0.231
900	0.236
1800	0.241
3600	0.243
7200	0.245
14400	0.247
28800	0.248
86400	0.252

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 53  
Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

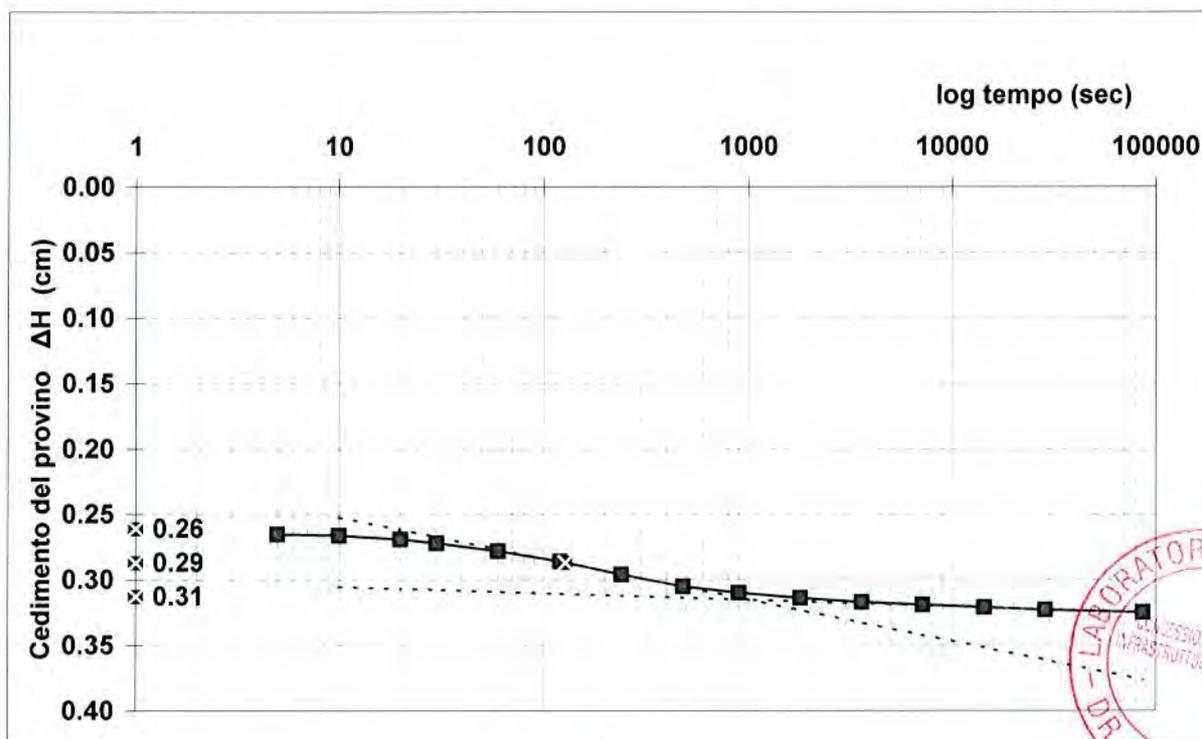
**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11  
  
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh1  
**Prof(m):** 4.3-4.8

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.261
5	0.265
10	0.266
20	0.269
30	0.272
60	0.278
120	0.286
240	0.296
480	0.305
900	0.310
1800	0.314
3600	0.317
7200	0.319
14400	0.321
28800	0.323
86400	0.325

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 1.54E-03  
 C alfa 2.53E-05  
 t50 (sec) 127  
 Permeabilità (cm/sec) 1.404E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 53
		Data emissione : 23/02/11

### Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P. I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n°380/2001)

### PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

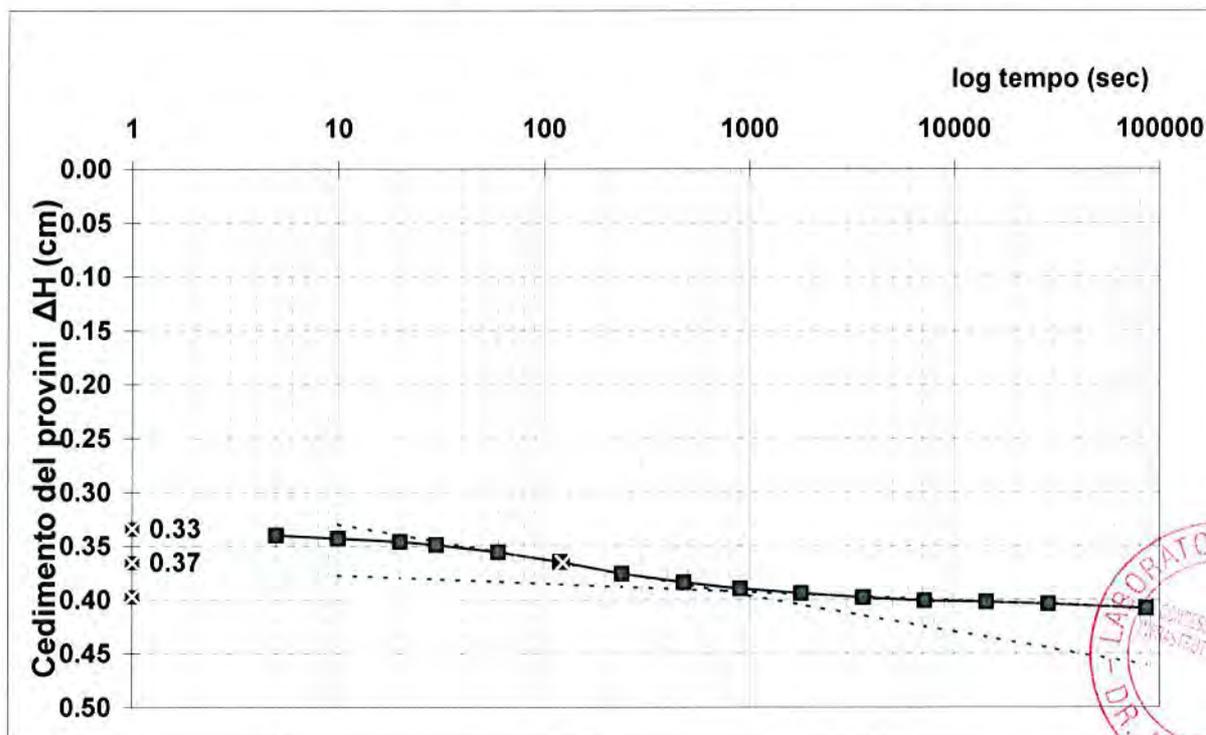
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh1  
**Prof(m):** 4.3-4.8

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 1.58E-03  
 C alfa 3.89E-05  
 t50 (sec) 124  
 Permeabilità (cm/sec) 8.212E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.338
5	0.340
10	0.343
20	0.346
30	0.349
60	0.356
120	0.365
240	0.376
480	0.384
900	0.390
1800	0.394
3600	0.398
7200	0.401
14400	0.402
28800	0.404
86400	0.408

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 53 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2

Verbale Accettazione n° : 3

Campione : sh1

del : 03/02/2011

Prof. (mt): 4.3-4.8

Data inizio prova :

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	285.21
Massa terreno secco + Tara ( g )	217.89
Massa tara ( g )	9.13
Contenuto d'acqua - W ( % )	32.2

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	241.93
Massa tara (g)	73.87
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.936
(kN/m <sup>3</sup> )	18.981

Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :

Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

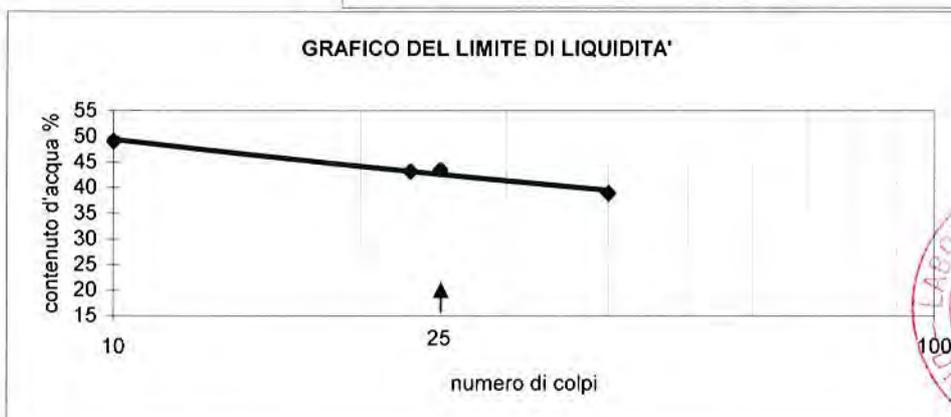
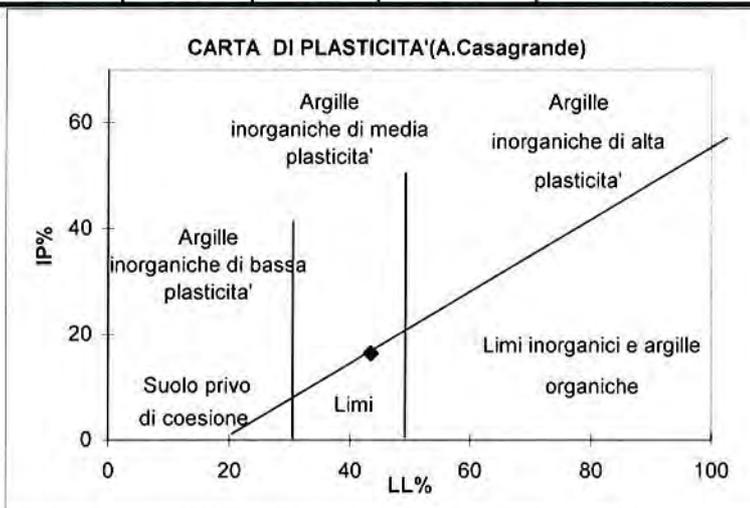
Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )**

**Committente :** Comune di Ferrara      **Sondaggio N°:** 2  
**Cantiere :** Arcispedale S. Anna (FE)      **Campione:** sh1  
**Prof. mt:** 4.3-4.8  
**Data inizio prova :** 09/02/2011      **Verbale accettazione n° :** 3  
**del :** 03/02/2011

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	40	23	10		
Massa terreno umido + tara (g)	27.70	30.84	27.09	12.78	285.21
Massa terreno secco + tara (g)	23.09	25.18	22.19	12.23	217.89
Massa acqua contenuta (g)	4.61	5.66	4.90	0.55	67.32
Massa tara (g)	11.24	12.07	12.20	10.20	9.13
Massa terreno secco (g)	11.85	13.11	9.99	2.03	208.76
Contenuto d'acqua %	38.9	43.2	49.0	27.1	32.2

Limite liquido %	43
Limite Plastico %	27
Umidita' naturale%	32.2
Indice Plastico %	16
Indice di consistenza :	0.69



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 55 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



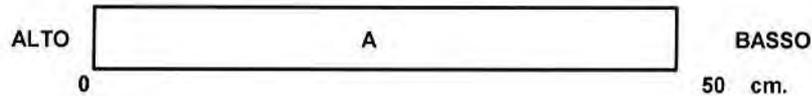
**Laboratorio Geotecnico Dr. Geol. Antonio Mucchi**  
 Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010**  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**SCHEDA APERTURA CAMPIONE ( Norma A.S.T.M. D 2488 - AGI 1977)**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara **Verbale accettazione n°:** 3  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE) **del:** 03/02/11  
**DATA APERTURA :** 03/02/11

**SONDAGGIO:** 2 **CAMPIONE:** sh2 **PROF.** 7-7.5 **m.**

**TIPO DI CONTENITORE:**  fustella  sacchetto  cassetta



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		Prove di laboratorio eseguite (*)									
Livello	Descrizione litologica	P.P.	V.T.	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	Trcu
A	argilla deb. limosa grigia poco consistente	80	40	*	*	*	*	*		*	
B											

**QUALITA' DEL CAMPIONE :** SCADENTE  DISCRETA  BUONA  ECCELLENTE

**LEGENDA PROVE:**

- |                       |            |                |     |                     |    |
|-----------------------|------------|----------------|-----|---------------------|----|
| Pocket penetrometrico | P.P. (kPa) | Peso di volume | Y   | Limiti di Atterberg | LA |
| Vane test             | V.T. (kPa) | Peso specifico | G.S | Edometria           | Ed |
| Contenuto d'acqua     | W          | Granulometria  | G   | Prova di taglio     | PT |
| Compressione E.L.L.   | C          | Permeabilità   | K   | Triassiale          | TR |

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 57 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 2

Campione : sh2

Profondità (mt): 7-7.5

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

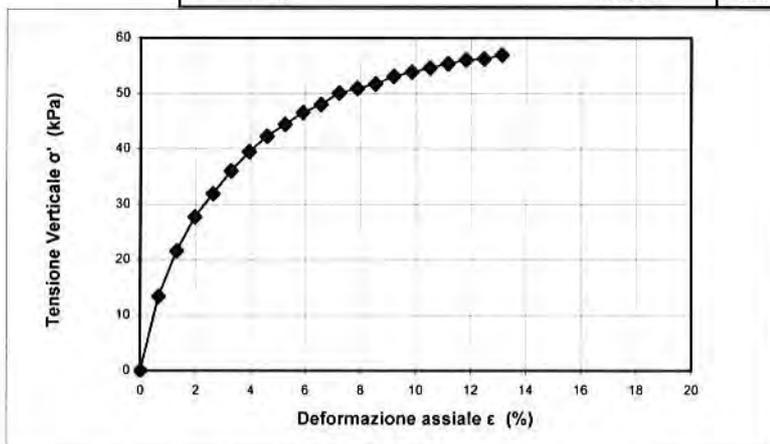
Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 56.9**

**Coesione  $C_u$  (kPa) : 28.45**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	13.40
1.3	21.55
2.0	27.70
2.6	31.90
3.3	36.03
3.9	39.49
4.6	42.29
5.2	44.42
5.9	46.54
6.6	48.01
7.2	50.06
7.9	50.89
8.5	51.70
9.2	53.08
9.8	53.86
10.5	54.61
11.2	55.35
11.8	56.08
12.5	56.22
13.1	56.91

Peso unità di volume  $kN/m^3$  = 18.19  
 Contenuto d'acqua % = 30.10



Provino n° 1

schema di rottura



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 58
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

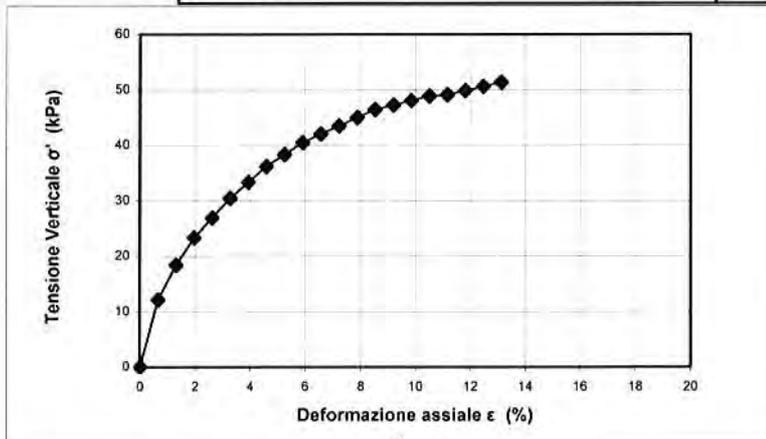
Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)  
 Sondaggio : 2  
 Campione : sh2  
 Profondità (mt): 7-7.5  
 Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3  
 Data verbale accettazione : 03/02/2011  
 Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 51.34**  
**Coesione  $C_u$  (kPa) : 25.67**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	12.13
1.3	18.38
2.0	23.29
2.6	26.89
3.3	30.44
3.9	33.32
4.6	36.15
5.2	38.34
5.9	40.49
6.6	42.01
7.2	43.50
7.9	44.97
8.5	46.41
9.2	47.25
9.8	48.06
10.5	48.86
11.2	49.08
11.8	49.84
12.5	50.60
13.1	51.34

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 18.19$   
 Contenuto d'acqua % = 30.10



Provino n° 2

schema di rottura



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :

Data emissione :

54

23/02/11

Pagina n°1di1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)  
 Data inizio prova : 03/02/11  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11

Sondaggio: 2  
 Campione: sh2  
 Prof.(m): 7-7.5

Natura del campione :

Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Contenuto d'acqua naturale : (%)  
 Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup> )  
 Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

argilla deb. limosa  
 18.64  
 14.33  
 30.1  
 26.06  
 .818

$\sigma'_v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$M_o$ (kPa)
11.768	.06	.30	.813	
24.518	.11	.55	.808	5100
49.035	.31	1.55	.790	2452
98.070	.65	3.25	.759	2884
196.140	1.18	5.90	.711	3701
392.280	1.84	9.20	.651	5944
784.560	2.64	13.20	.578	9807
1569.120	3.53	17.65	.497	17631
392.280	3.28	16.40	.520	
98.070	2.87	14.35	.557	
49.035	2.71	13.55	.572	

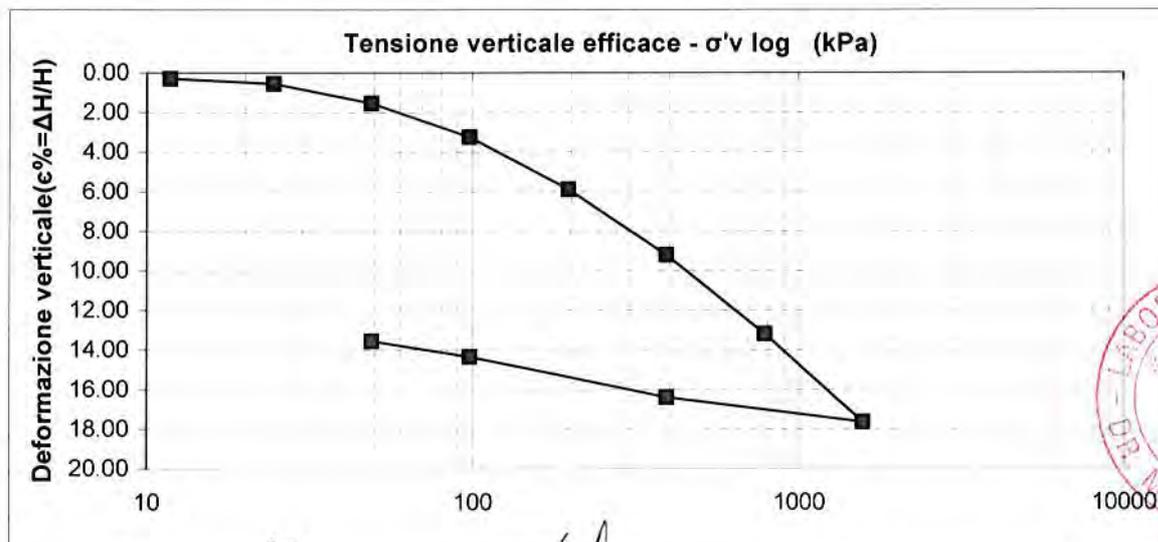
$\Delta H$  = cedimento

$\epsilon = \Delta H/H$  = def. verticale

$e^\circ$  = indice dei vuoti

$M_o$  = modulo edometrico

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 60 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

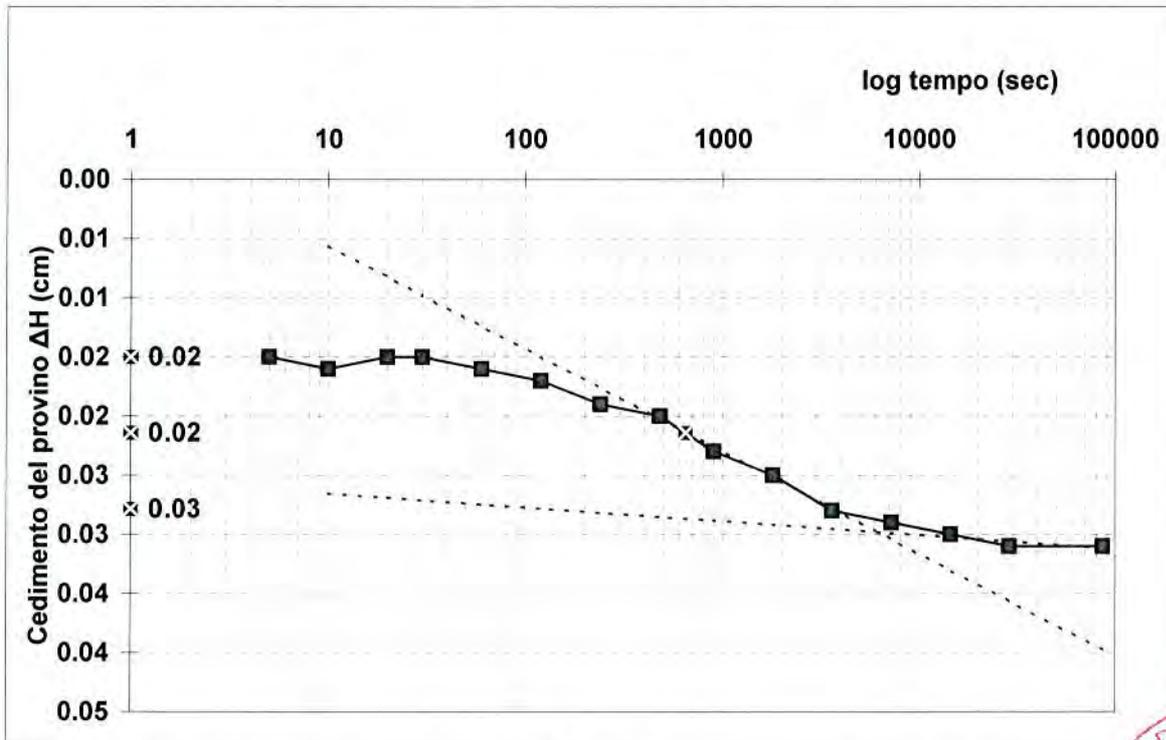
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 7-7.5

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 49.035  
 Cv (cmq/sec): 3.04E-04  
 C alfa 5.84E-06  
 t50 (sec) 647  
 Permeabilità (cm/sec) 1.50E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.015
5	0.015
10	0.015
20	0.016
30	0.015
60	0.015
120	0.016
240	0.017
480	0.019
900	0.020
1800	0.023
3600	0.025
7200	0.028
14400	0.029
28800	0.030
86400	0.031

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :  
 Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

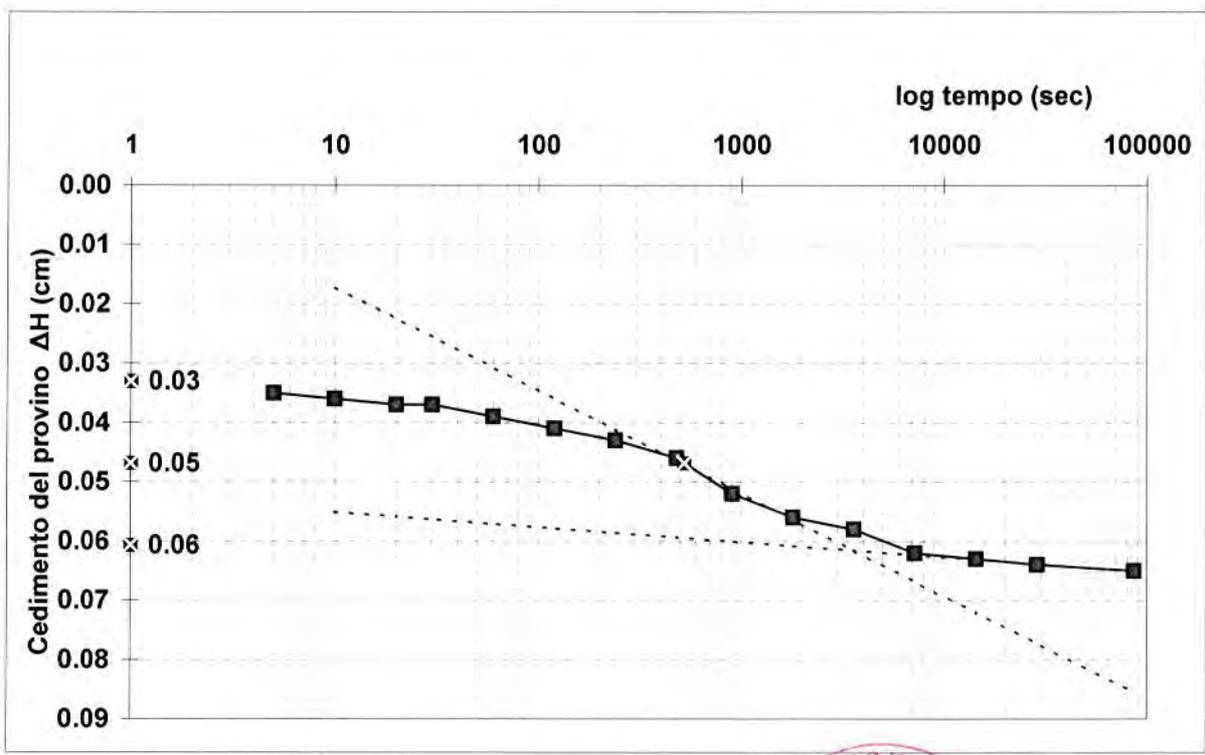
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del: 03/02  
 Sondaggio: 2  
 Campione: sh2  
 Prof(m): 7-7.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.034
5	0.035
10	0.036
20	0.037
30	0.037
60	0.039
120	0.041
240	0.043
480	0.046
900	0.052
1800	0.056
3600	0.058
7200	0.062
14400	0.063
28800	0.064
86400	0.065

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 3.76E-04  
 C alfa 1.26E-05  
 t50 (sec) 523  
 Permeabilità (cm/sec) 1.27888E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D. <i>[Signature]</i>	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi <i>[Signature]</i>	Certificato n° : 60 Data emissione : 27/2/11
--	---	---



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascani, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

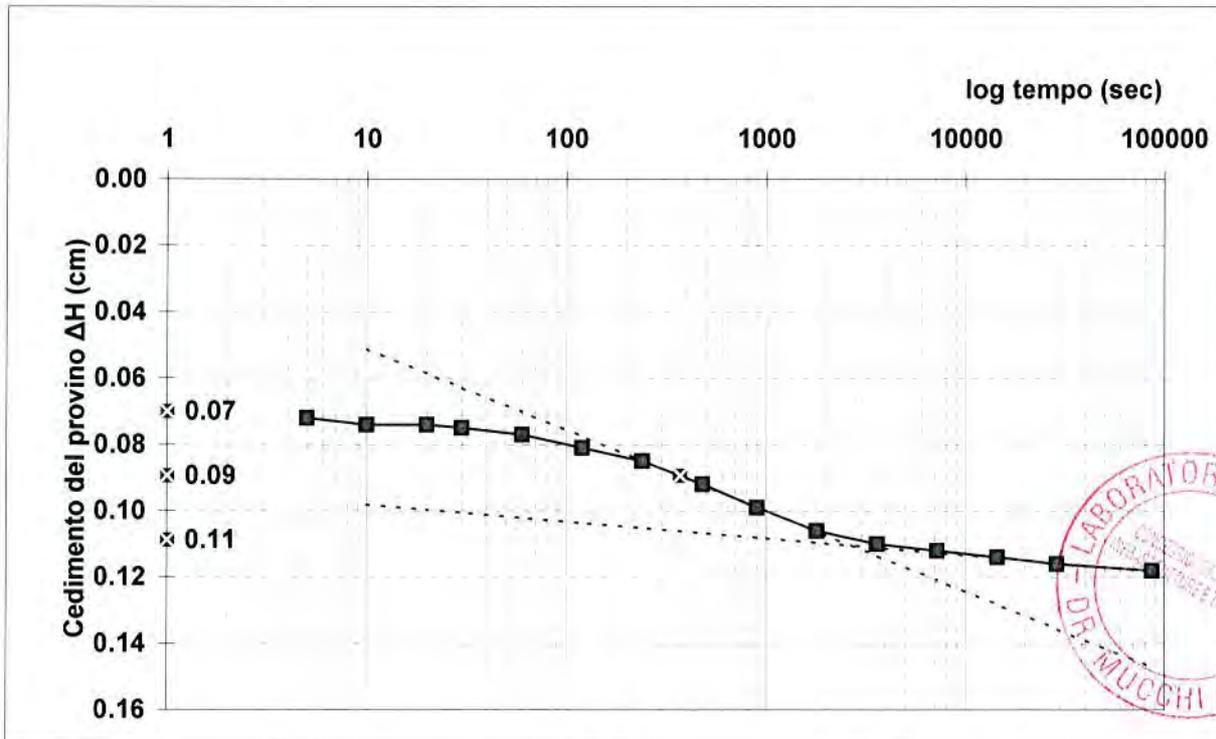
**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11  
  
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 7-7.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.071
5	0.072
10	0.074
20	0.074
30	0.075
60	0.077
120	0.081
240	0.085
480	0.092
900	0.099
1800	0.106
3600	0.110
7200	0.112
14400	0.114
28800	0.116
86400	0.118

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 5.31E-04  
 C alfa 2.53E-05  
 t50 (sec) 370  
 Permeabilità (cm/sec) 1.40827E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 60
		Data emissione : 03/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

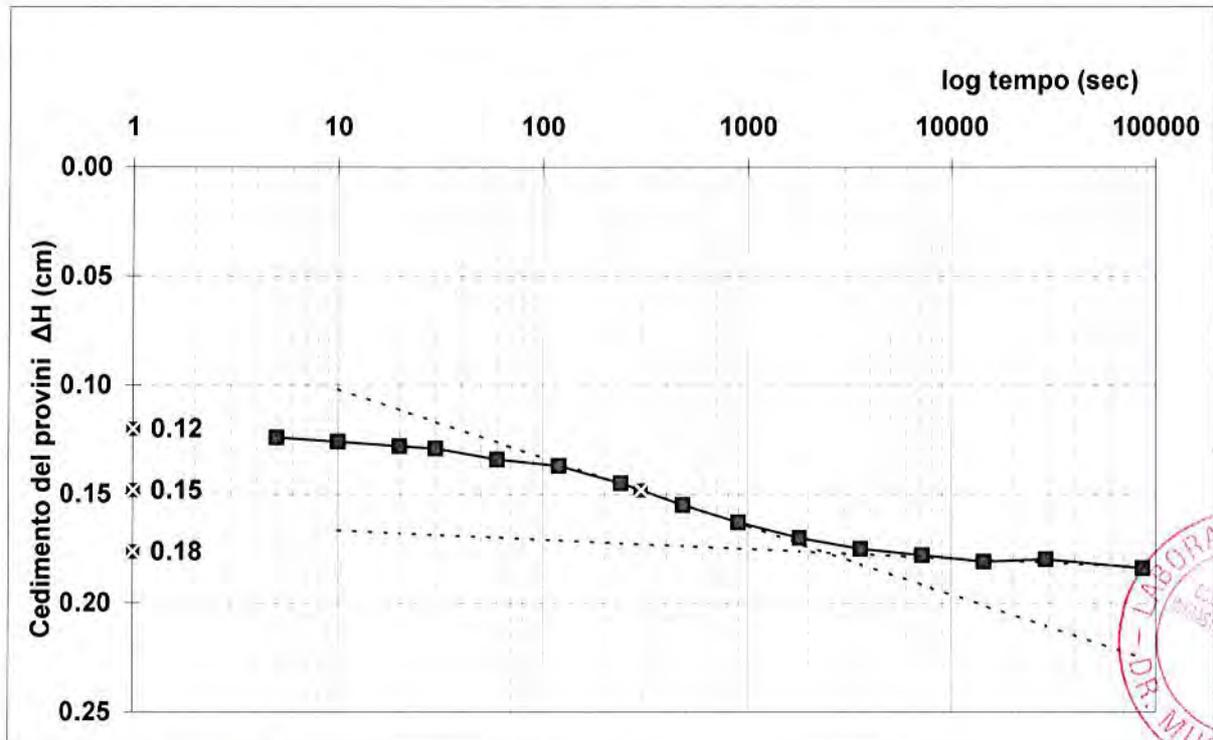
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 7-7.5

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 6.57E-04  
 C alfa 2.13E-05  
 t50 (sec) 299  
 Permeabilità (cm/sec) 1.08368E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.123
5	0.124
10	0.126
20	0.128
30	0.129
60	0.134
120	0.137
240	0.145
480	0.155
900	0.163
1800	0.170
3600	0.175
7200	0.178
14400	0.181
28800	0.180
86400	0.184

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 60  
 Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

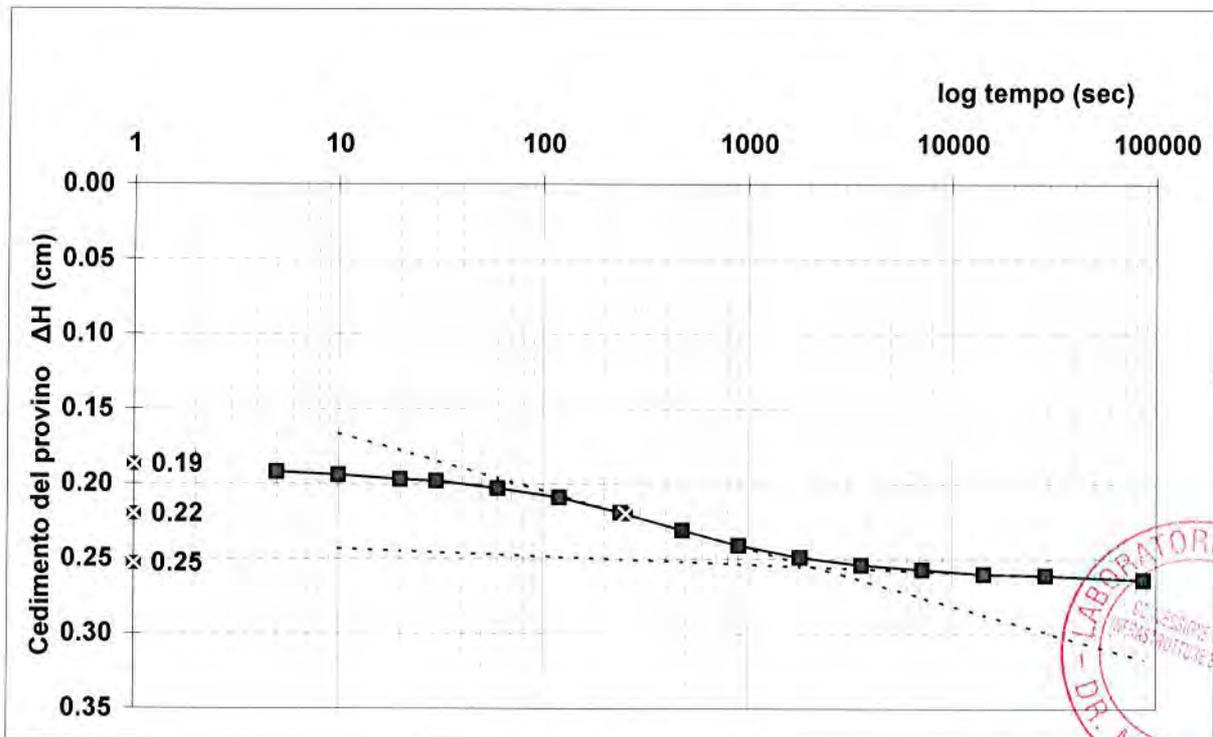
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 7-7.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.191
5	0.192
10	0.194
20	0.197
30	0.198
60	0.203
120	0.209
240	0.219
480	0.231
900	0.241
1800	0.249
3600	0.254
7200	0.257
14400	0.260
28800	0.261
86400	0.264

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 7.72E-04  
 C alfa 2.62E-05  
 t50 (sec) 254  
 Permeabilità (cm/sec) 7.716E-09

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 60
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

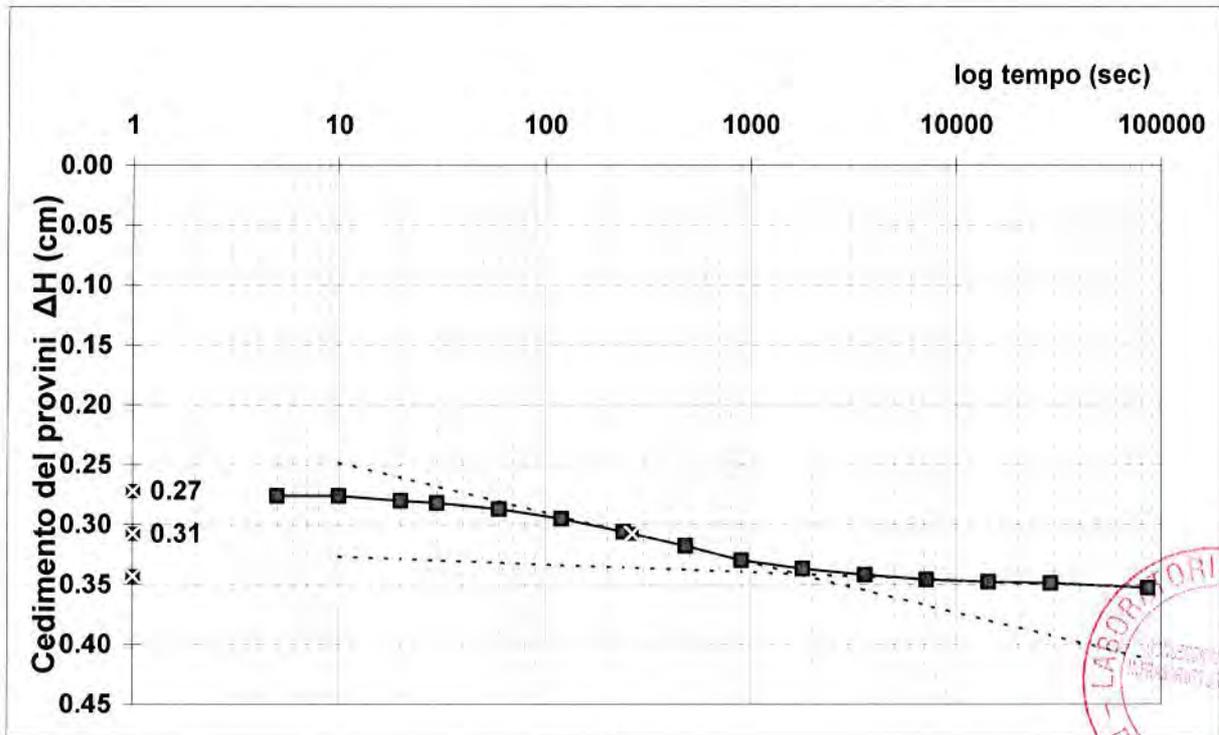
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh2  
**Prof(m):** 7-7.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.273
5	0.276
10	0.276
20	0.280
30	0.282
60	0.287
120	0.295
240	0.306
480	0.318
900	0.330
1800	0.337
3600	0.342
7200	0.346
14400	0.348
28800	0.349
86400	0.353

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 7.45E-04  
 C alfa 3.31E-05  
 t50 (sec) 263  
 Permeabilità (cm/sec) 4.146E-09

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 60
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2

Verbale Accettazione n° :

3

Campione : sh2

del :

03/02/2011

Prof. (mt): 7.0-7.5

Data inizio prova :

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	205.72
Massa terreno secco + Tara ( g )	160.25
Massa tara ( g )	9.21
Contenuto d'acqua - W ( % )	30.1

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	234.88
Massa tara (g)	73.66
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.857
(kN/m <sup>3</sup> )	18.209



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 61
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )**

**Committente :** Comune di Ferrara  
**Cantiere :** Arcispedale S. Anna (FE)

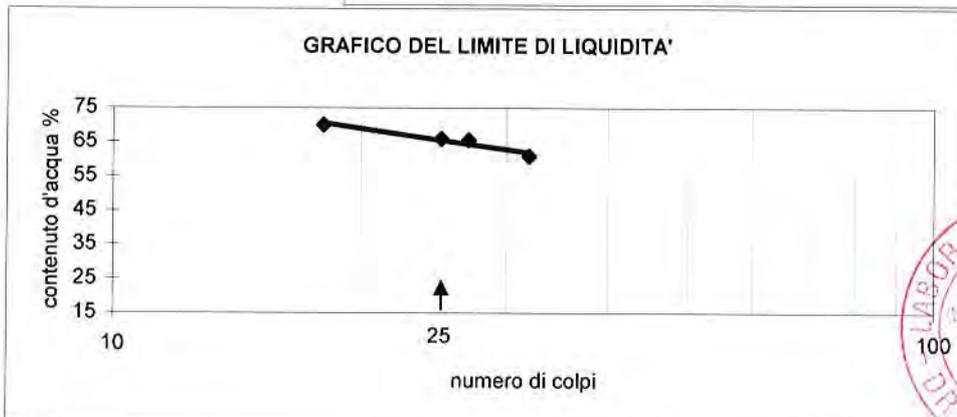
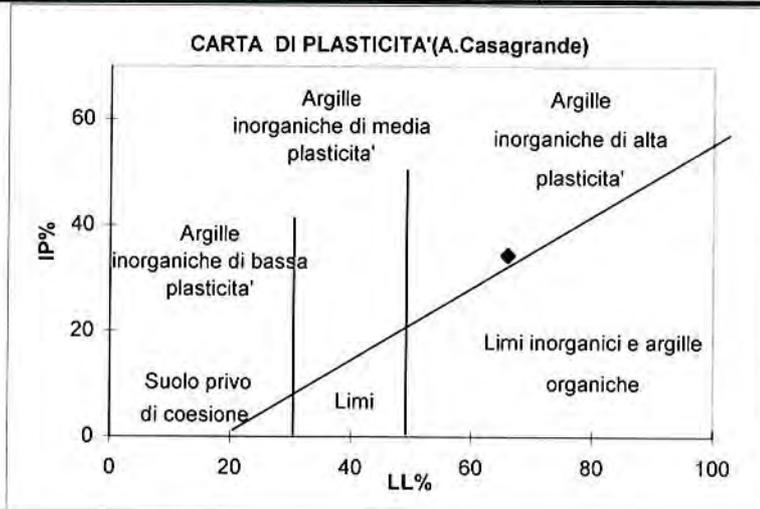
**Sondaggio N°:** 2  
**Campione:** sh2  
**Prof. mt:** 7.0-7.5

**Data inizio prova :** 09/02/2011

**Verbale accettazione n° :** 3  
**del :** 03/02/2011

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale 4
	1	2	3		
N° COLPI	32	27	18		
Massa terreno umido + tara (g)	28.54	25.44	24.39	12.88	205.72
Massa terreno secco + tara (g)	22.79	20.42	19.41	12.24	160.25
Massa acqua contenuta (g)	5.75	5.02	4.98	0.64	45.47
Massa tara (g)	13.35	12.77	12.30	10.23	9.21
Massa terreno secco (g)	9.44	7.65	7.11	2.01	151.04
Contenuto d'acqua %	60.9	65.6	70.0	31.6	30.1

Limite liquido %	66
Limite Plastico %	32
Umidita' naturale%	30.1
Indice Plastico %	34
Indice di consistenza :	1.04



Sperimentatore Dr. Malaguti <i>[Signature]</i>	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi/Antonio <i>[Signature]</i>	Certificato n° : 62 Data emissione : 23/02/11
---	---	--





**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio :	2	Verbale Accettazione n° :	3
Campione :	sh3	del :	03/02/2011
Prof. (mt):	9.5-10.0	Data inizio prova :	03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	265.62
Massa terreno secco + Tara ( g )	204.64
Massa tara ( g )	5.59
Contenuto d'acqua - W ( % )	30.6

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	242.3
Massa tara (g)	73.65
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.942
	(kN/m <sup>3</sup> ) 19.048

Sperimentatore Dr. Malaguti D	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 65 Data emissione : 23/02/11
----------------------------------	--	--



**ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA**  
**norma ASTM D 422**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

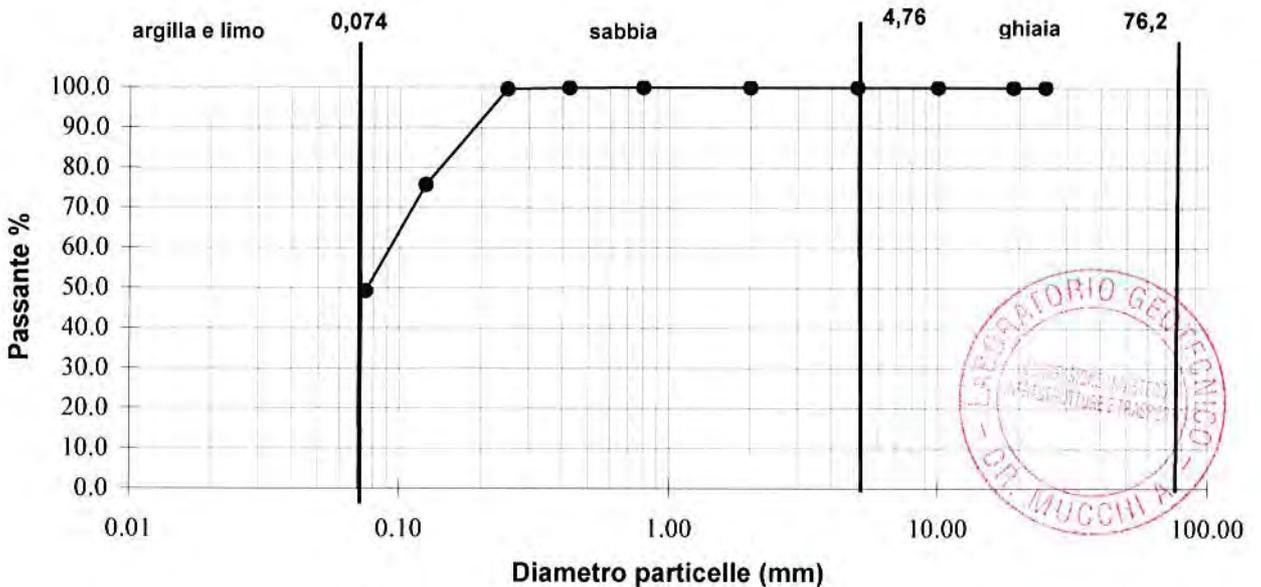
Sondaggio : 2  
 Campione n° : sh3  
 Profondità (mt): 9.5-10.0

Verbale di accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011

Data inizio prova: 04/02/11

Diametro (mm)	Passante (%)
25	100.0
19	100.0
10	100.0
5	100.0
2	100.0
0.8	99.99
0.425	99.94
0.250	99.59
0.125	75.73
0.075	49.20

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84		
<b>Ghiaia</b>	( >4.75mm )	: 0%
<b>Sabbia</b>	( 4.76-0.075mm )	: 51%
<b>Limo e Argilla</b>	( < 0.075mm )	: 49%



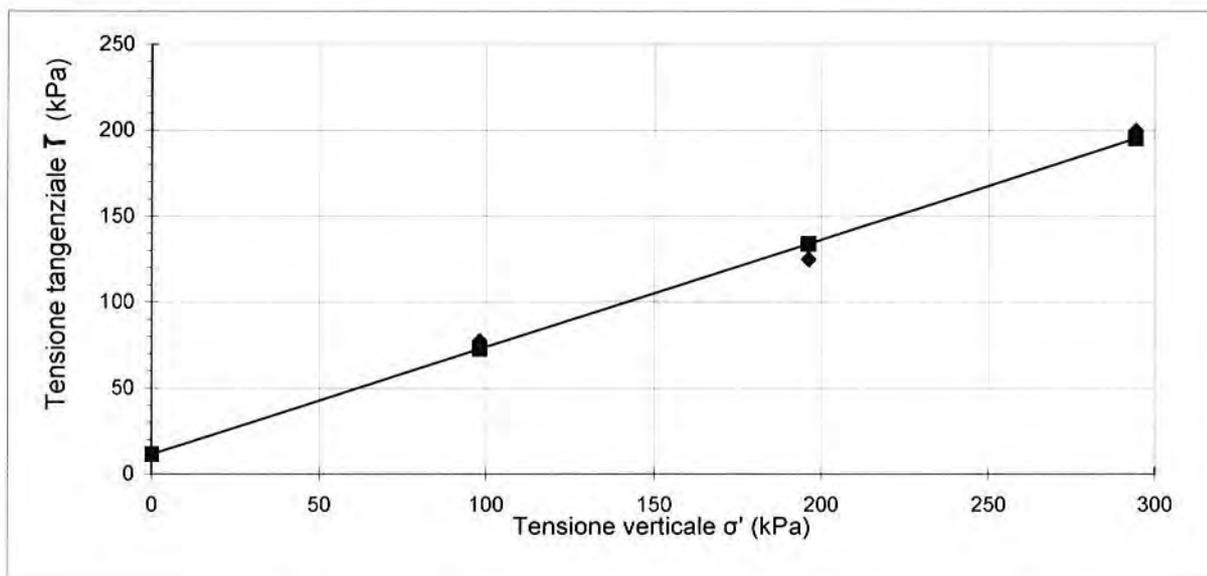
Sperimentatore Dr. Malaguti	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato : 66 Data emissione : 27/02/11
--------------------------------	--	---

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Comune di Ferrara  
Cantiere : Arcispedale S. Anna  
Campione: S2sh3  
Prof. ( mt ) : 9.5-10.0  
Data inizio prova : 09/02/2011

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino ( n° )	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	Tensione tangenziale $\tau$ (kPa)
1	100	77.279
2	200	124.843
3	300	199.769

COESIONE DRENATA ( kPa ):	11.47
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	32



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994**

Committente: Comune di Ferrara  
 Cantiere: Arcispedale S. Anna  
 Campione: S2sh3  
 Prof. ( mt ): 9.5-10.0

Verbale accettazione n° : 3  
 Data verbale accettazione : 03/02/2011  
 Data inizio prova : 09/02/2011

Descrizione litologica del provino :	sabbia fine limosa
--------------------------------------	--------------------

**Caratteristiche dei provini**

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm <sup>2</sup> )	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m <sup>3</sup> )	19.060	19.051	19.196
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m <sup>3</sup> )	14.606	14.588	14.721
Contenuto d'acqua : (W%)	30.50	30.60	30.40

**Modalità di consolidazione e rottura**

Tensione verticale (kPa)	100	200	300
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0052	0.0052	0.0052

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 67	pagina 1 di 2
		Data emissione 23/2/11	



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010**

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

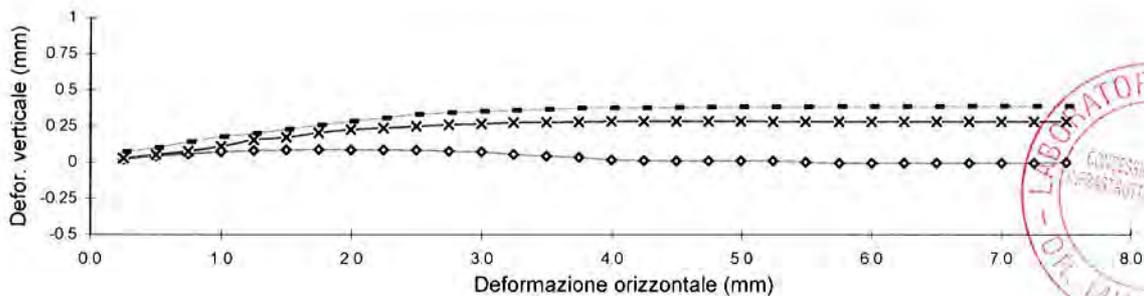
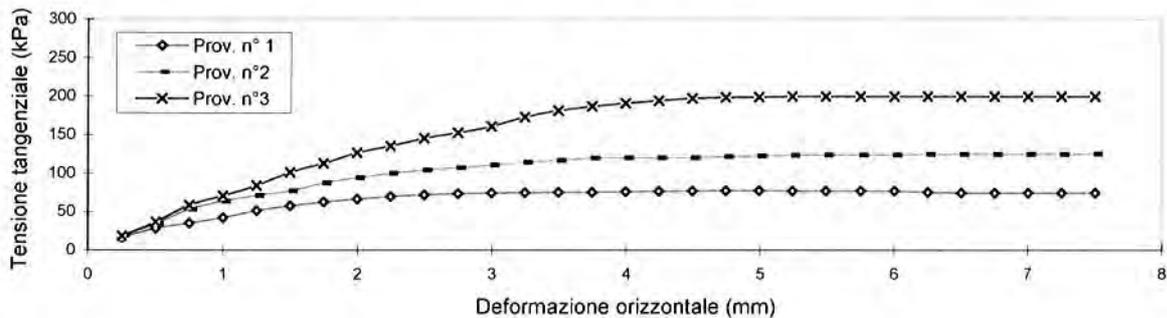
Committente: Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna  
 Campione S2sh3

Verbale accettazione n°: 3  
 Data verbale accettazione : 03/02/2011

Prof. ( mt ) : 9.5-10.0

Data inizio prova : 09/02/2011

def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	16.28	19.22	18.24	0.02	0.071	0.027
0.50	28.34	34.13	36.97	0.042	0.1	0.051
0.75	35.01	52.86	58.55	0.056	0.142	0.076
1.00	42.27	63.35	70.61	0.071	0.176	0.11
1.25	51.39	71.10	84.05	0.081	0.198	0.154
1.50	57.67	76.79	101.31	0.085	0.227	0.173
1.75	62.86	87.38	112.88	0.088	0.256	0.203
2.00	66.30	94.15	126.80	0.085	0.283	0.225
2.25	69.63	99.84	135.43	0.085	0.305	0.237
2.50	71.98	104.15	145.54	0.083	0.33	0.247
2.75	73.45	107.09	152.69	0.076	0.344	0.259
3.00	74.44	110.92	160.83	0.071	0.352	0.266
3.24	74.93	114.25	172.90	0.054	0.359	0.274
3.49	75.42	116.70	181.53	0.044	0.366	0.276
3.74	75.42	119.55	186.82	0.034	0.374	0.278
3.99	75.91	120.04	191.14	0.017	0.376	0.283
4.24	76.30	120.04	194.47	0.012	0.376	0.283
4.49	76.79	120.04	197.32	0.01	0.379	0.283
4.74	77.28	121.51	198.30	0.01	0.381	0.283
4.99	77.28	122.49	198.79	0.01	0.383	0.283
5.24	76.79	123.37	199.77	0.01	0.383	0.281
5.49	76.79	123.86	199.77	0	0.383	0.281
5.75	76.79	123.86	199.77	-0.005	0.386	0.281
6.00	76.79	123.86	199.77	-0.005	0.386	0.281
6.25	75.42	124.35	199.77	-0.005	0.386	0.281
6.50	74.44	124.35	199.77	-0.005	0.386	0.281
6.75	74.44	124.35	199.77	-0.005	0.388	0.281
7.00	74.44	124.35	199.77	-0.005	0.388	0.281
7.25	74.44	124.35	199.77	-0.005	0.388	0.281
7.50	74.44	124.84	199.77	-0.002	0.388	0.281



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 67 Data emissione 23/2/11
-----------------------------------	--	---

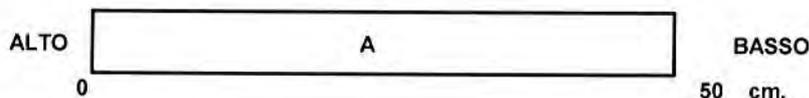
**Laboratorio Geotecnico Dr. Geol. Antonio Mucchi**  
 Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**SCHEDA APERTURA CAMPIONE ( Norma A.S.T.M. D 2488 - AGI 1977)**

COMMITTENTE: Comune di Ferrara      Verbale accettazione n°: 3  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)      del: 03/02/11  
 DATA APERTURA: 03/02/11

SONDAGGIO: 2    CAMPIONE: sh4 PROF. 13.5-14.0 m.

TIPO DI CONTENITORE:  fustella     sacchetto     cassetta



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		Prove di laboratorio eseguite (*)									
Livello	Descrizione litologica	P.P.	V.T.	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	Trcu
A	argilla deb. limosa grigia con concrezioni carbonatiche	120	50	*	*	*	*	*		*	
B											

QUALITA' DEL CAMPIONE :    SCADENTE     DISCRETA     BUONA     ECCELLENTE

**LEGENDA PROVE:**

Pocket penetrometrico	P.P. (kPa)	Peso di volume	Y	Limiti di Atterberg	LA
Vane test	V.T. (kPa)	Peso specifico	GS	Edometria	Ed
Contenuto d'acqua	W	Granulometria	G	Prova di taglio	PT
Compressione E.L.L.	C	Permeabilità	K	Triassiale	TR

pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 68 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 2

Campione : sh4

Profondità (mt): 13.5-14.0

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

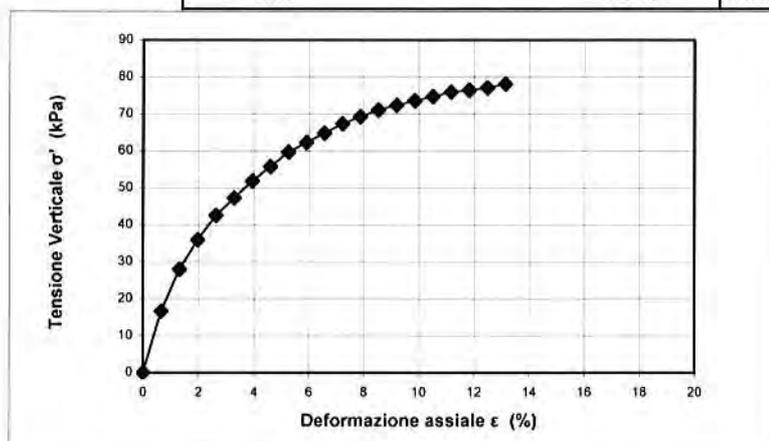
Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 78.12****Coesione  $C_u$  (kPa) : 39.06**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	16.59
1.3	27.89
2.0	35.89
2.6	42.53
3.3	47.21
3.9	51.83
4.6	55.76
5.2	59.64
5.9	62.25
6.6	64.81
7.2	67.34
7.9	69.23
8.5	71.09
9.2	72.33
9.8	73.54
10.5	74.73
11.2	75.90
11.8	76.47
12.5	77.03
13.1	78.12

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 18.89$ 

Contenuto d'acqua % = 31.73



Provino n° 1

schema di rottura

Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 69

Data emissione : 23/02/11

Pagina n° 1 di 1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 2

Campione : sh4

Profondità (mt): 13.5-14.0

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

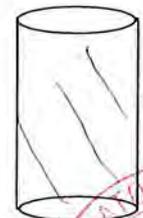
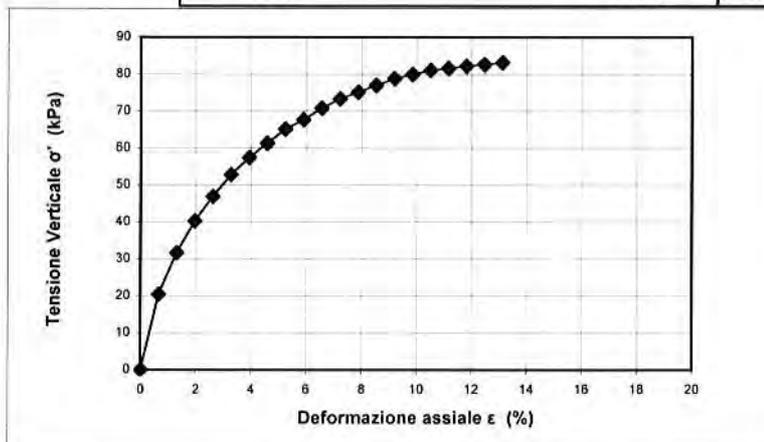
Data verbale accettazione : 03/02/2011

Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 83.14****Coesione  $C_u$  (kPa) : 41.57**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	20.42
1.3	31.69
2.0	40.29
2.6	46.91
3.3	52.80
3.9	57.38
4.6	61.28
5.2	65.12
5.9	67.69
6.6	70.82
7.2	73.30
7.9	75.15
8.5	76.96
9.2	78.74
9.8	79.91
10.5	81.05
11.2	81.60
11.8	82.13
12.5	82.64
13.1	83.14

Peso unità di volume $kN/m^3 =$	18.44
Contenuto d'acqua $\% =$	31.73



Provino n° 2

schema di rottura

Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :

Data emissione :

71  
23/02/11

Pagina n°1di1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)  
 Data inizio prova : 03/02/11  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11

Sondaggio: 2  
 Campione: sh4  
 Prof.(m): 13.5-14.0

Natura del campione :

Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup>)

Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup>)

Contenuto d'acqua naturale : (%)

Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup>)

Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

argilla deb. limosa

18.60

14.12

31.7

26.06

.845

$\sigma'v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$Mo$ (kPa)
11.768	-.02	-.10	.847	
24.518	-.02	-.10	.847	
49.035	.09	.45	.837	4458
98.070	.35	1.75	.813	3772
196.140	.79	3.95	.772	4458
392.280	1.55	7.75	.702	5162
784.560	2.60	13.00	.605	7472
1569.120	3.93	19.65	.482	11798
392.280	3.74	18.70	.500	
98.070	3.35	16.75	.536	
49.035	3.16	15.80	.553	

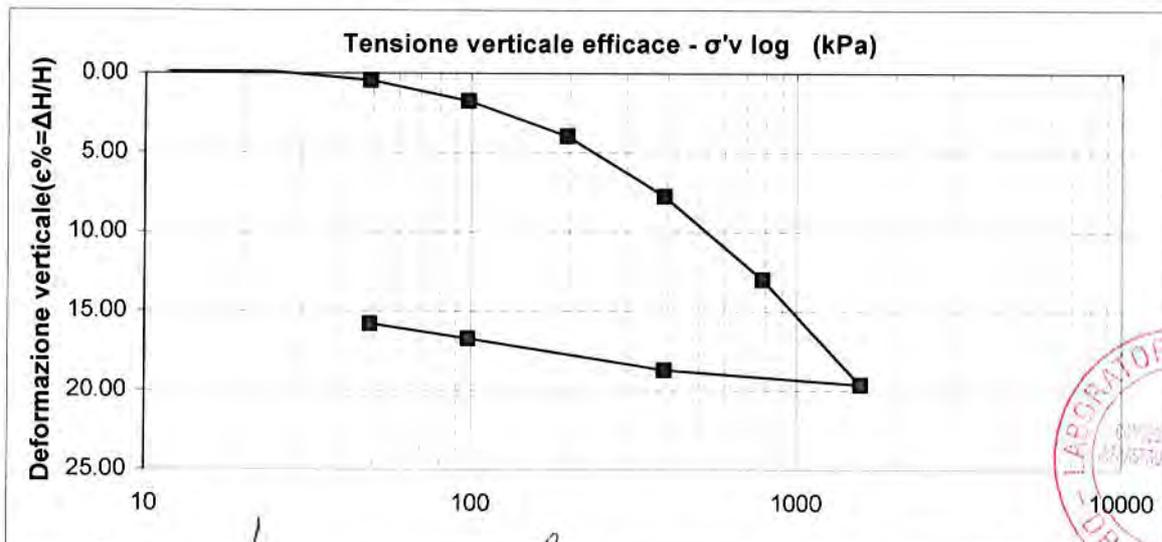
$\Delta H$  = cedimento

$\epsilon = \Delta H/H$  = def. verticale

$e^\circ$  = indice dei vuoti

$Mo$  = modulo edometrico

$\sigma'v$  = tensione verticale efficace



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 71 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

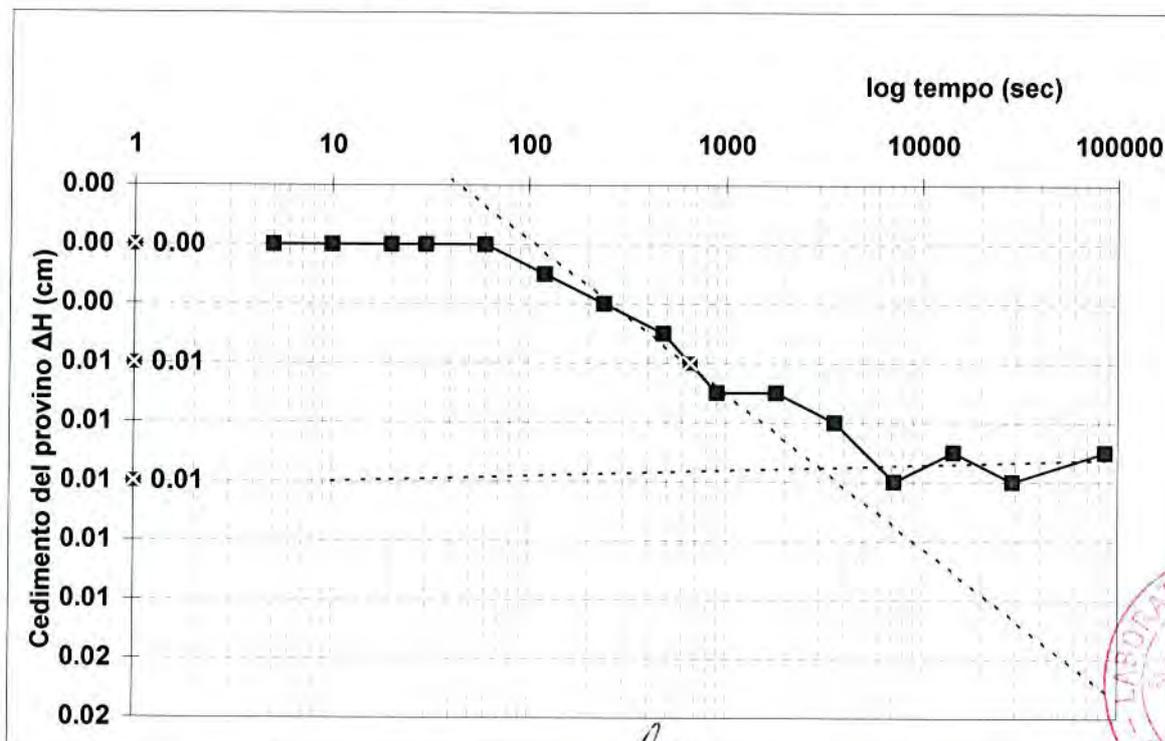
Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11  
  
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh4  
**Prof(m):** 13.5-14.0  
  
**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa  
  
**Tensione verticale efficace (kPa) :** 49.035

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.001
5	0.001
10	0.002
20	0.002
30	0.002
60	0.002
120	0.002
240	0.003
480	0.004
900	0.005
1800	0.007
3600	0.007
7200	0.008
14400	0.010
28800	0.009
86400	0.010

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti, D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 71
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

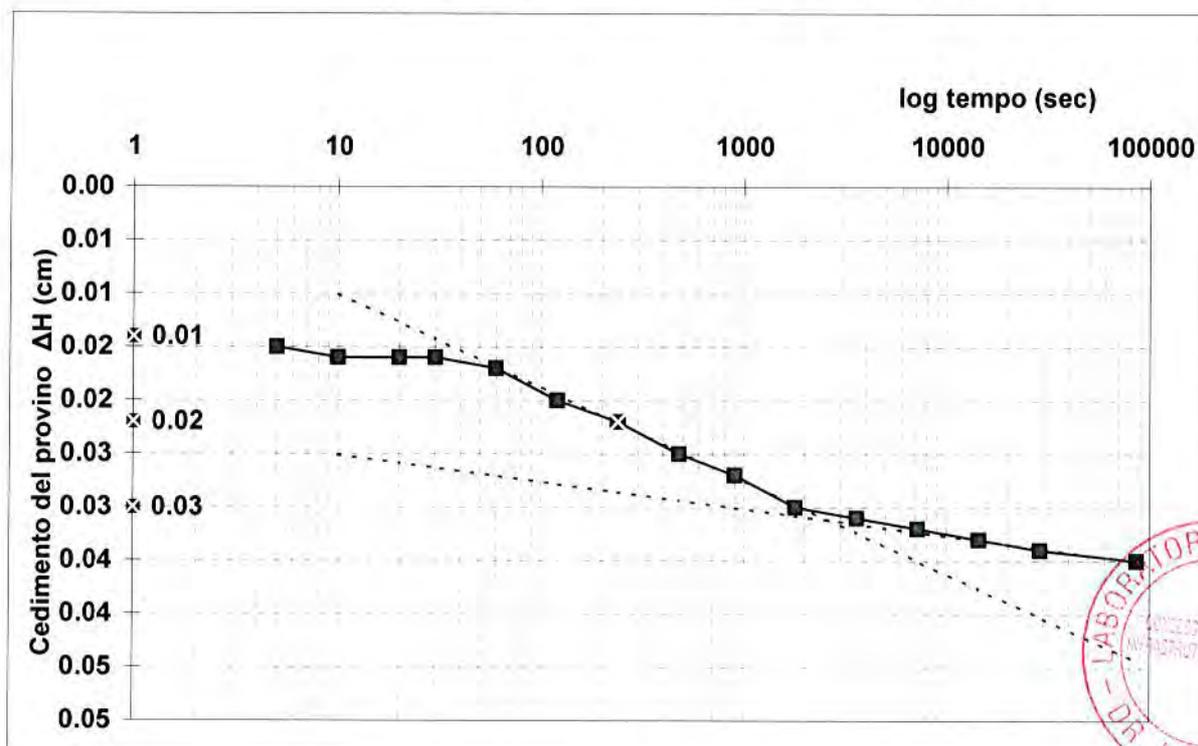
**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del: 03/02  
  
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh4  
**Prof(m):** 13.5-14.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.014
5	0.015
10	0.016
20	0.016
30	0.016
60	0.017
120	0.020
240	0.022
480	0.025
900	0.027
1800	0.030
3600	0.031
7200	0.032
14400	0.033
28800	0.034
86400	0.035

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 8.21E-04  
 C alfa 1.26E-05  
 t50 (sec) 240  
 Permeabilità (cm/sec) 2.1334E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 71
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

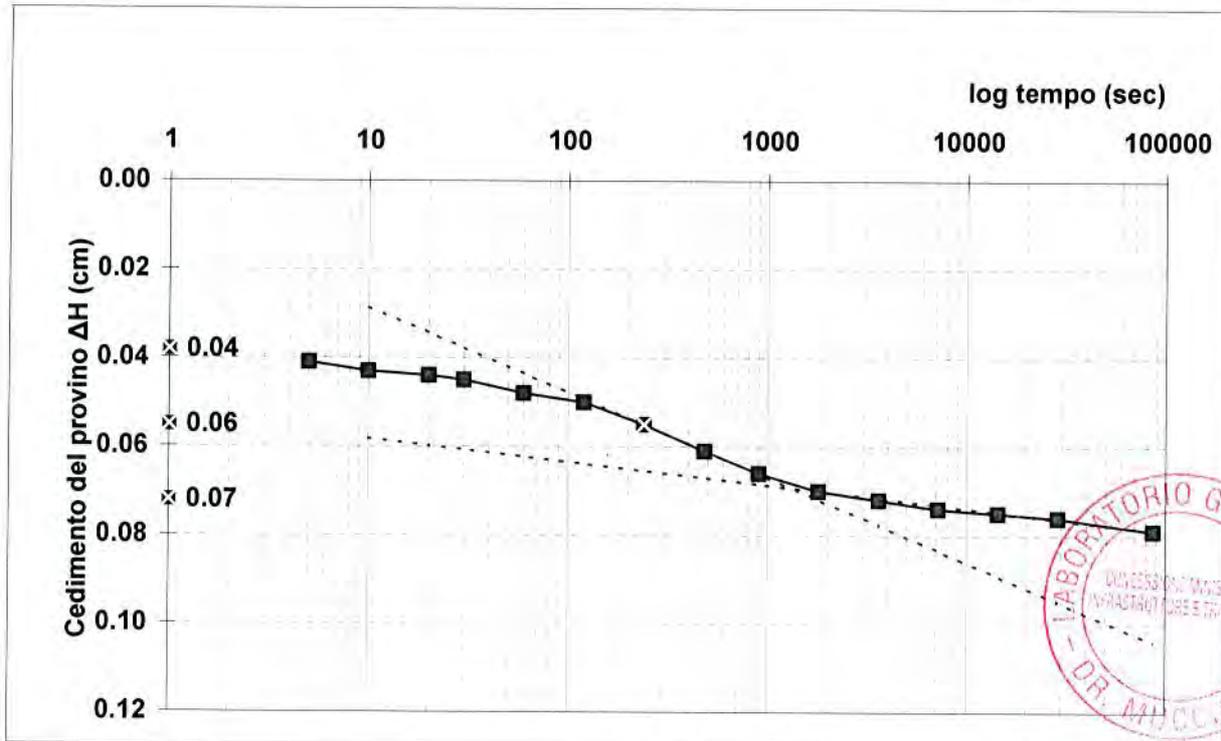
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11  
 Sondaggio: 2  
 Campione: sh4  
 Prof(m): 13.5-14.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.039
5	0.041
10	0.043
20	0.044
30	0.045
60	0.048
120	0.050
240	0.055
480	0.061
900	0.066
1800	0.070
3600	0.072
7200	0.074
14400	0.075
28800	0.076
86400	0.079

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 8.20E-04  
 C alfa 2.62E-05  
 t50 (sec) 240  
 Permeabilità (cm/sec) 1.80414E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 21  
 Data emissione : 27/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

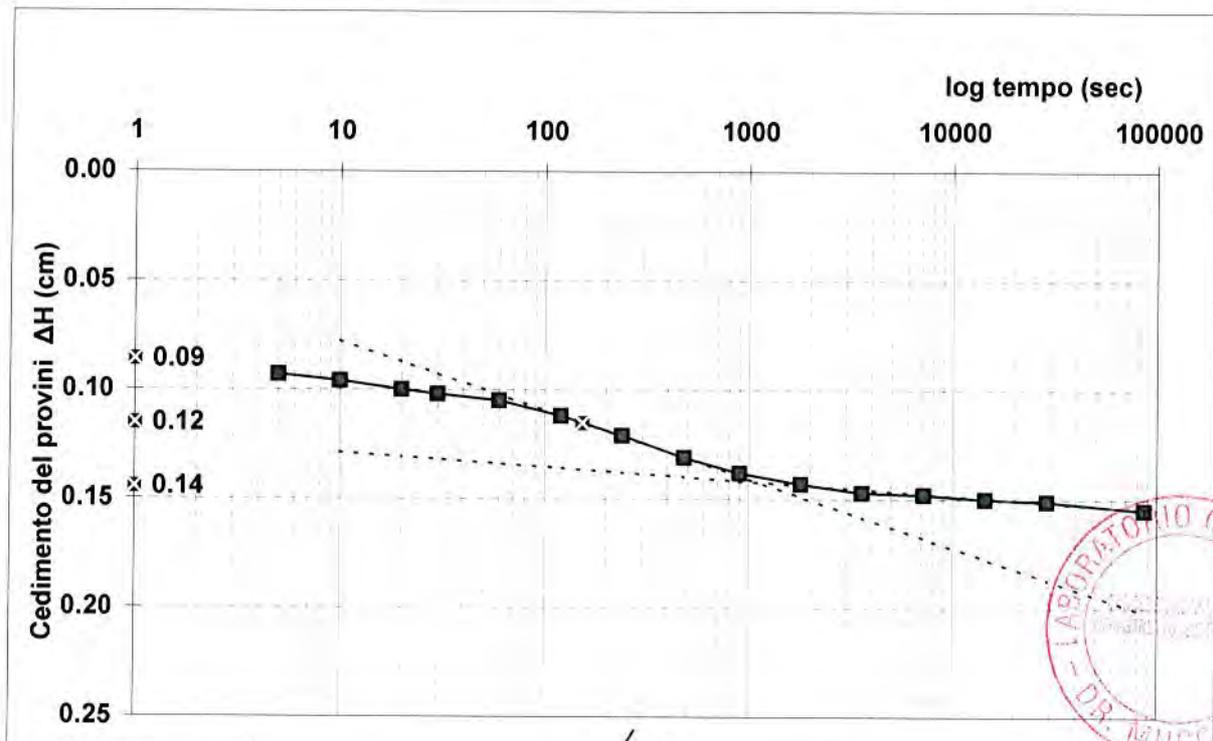
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh4  
**Prof(m):** 13.5-14.0

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 1.28E-03  
 C alfa 3.30E-05  
 t50 (sec) 153  
 Permeabilità (cm/sec) 2.4401E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.092
5	0.093
10	0.096
20	0.100
30	0.102
60	0.105
120	0.112
240	0.121
480	0.131
900	0.138
1800	0.143
3600	0.147
7200	0.148
14400	0.150
28800	0.151
86400	0.155

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
Dr. Malaguti/D.

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 71  
Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

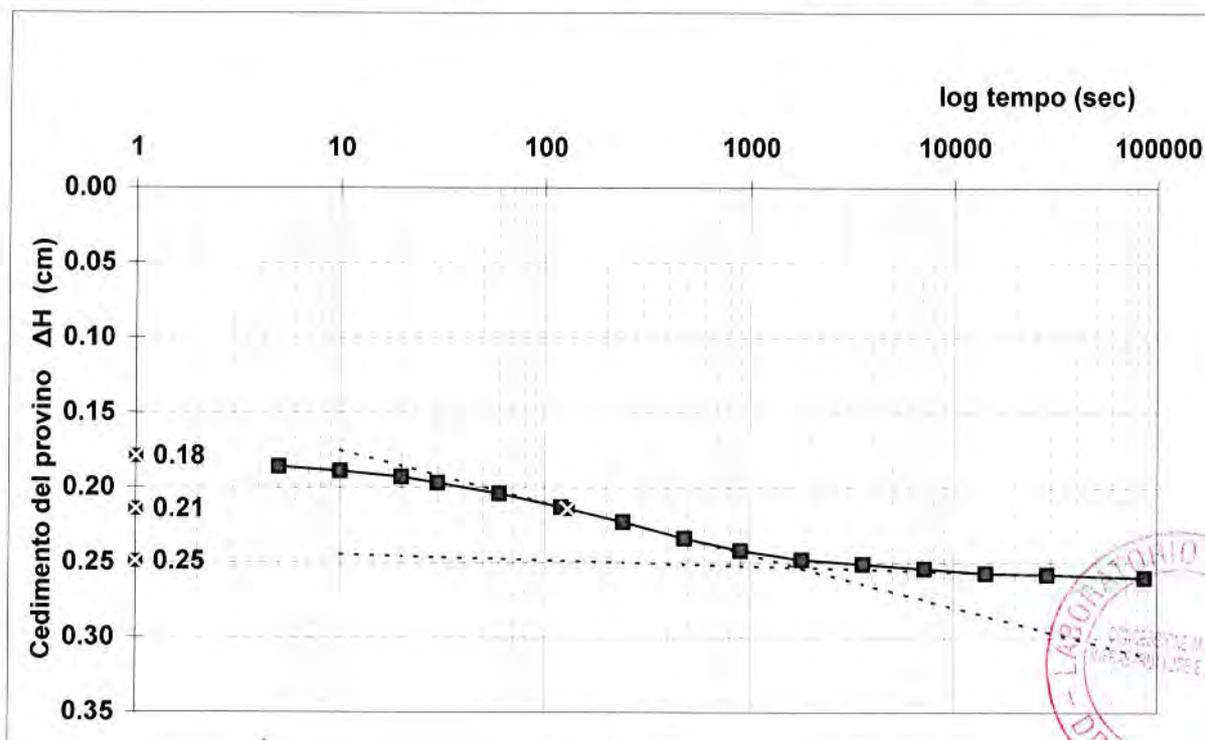
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh4  
**Prof(m):** 13.5-14.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.181
5	0.186
10	0.189
20	0.193
30	0.197
60	0.204
120	0.213
240	0.223
480	0.234
900	0.242
1800	0.248
3600	0.251
7200	0.254
14400	0.257
28800	0.258
86400	0.260

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 1.52E-03  
 C alfa 1.94E-05  
 t50 (sec) 129  
 Permeabilità (cm/sec) 1.991E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 71
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascarì, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

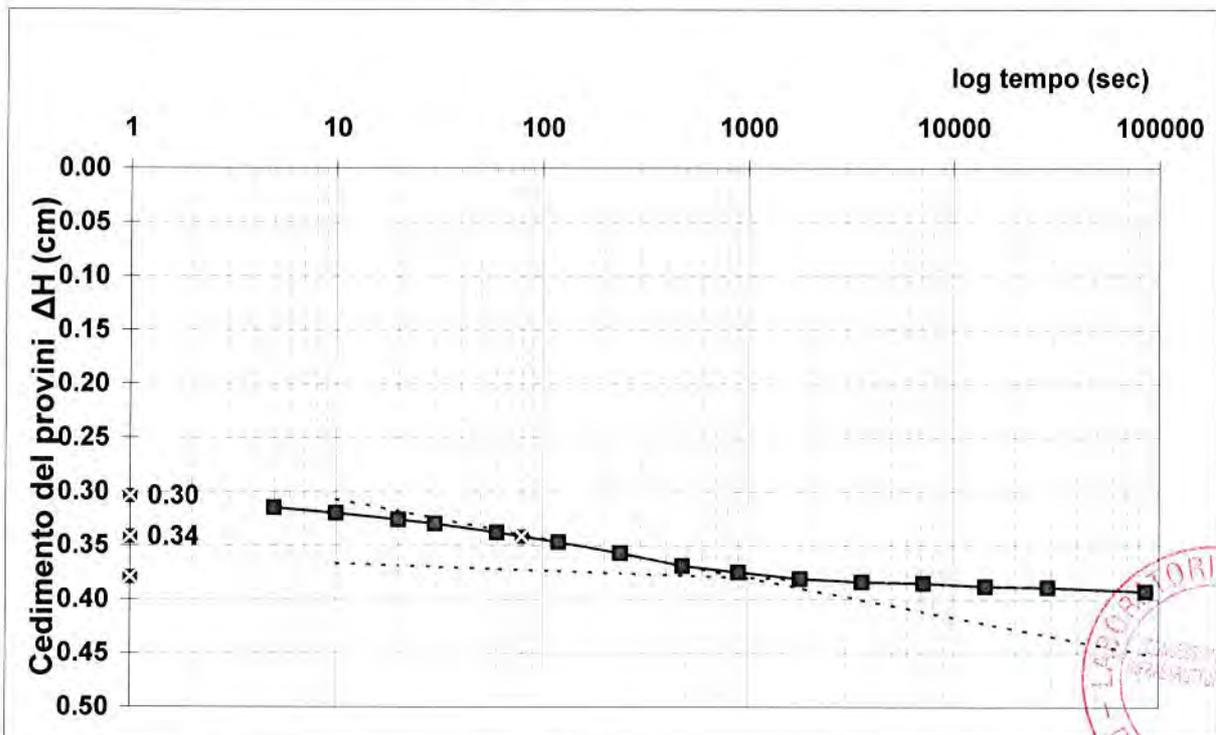
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh4  
**Prof(m):** 13.5-14.0

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.310
5	0.315
10	0.320
20	0.326
30	0.330
60	0.338
120	0.347
240	0.357
480	0.369
900	0.375
1800	0.381
3600	0.384
7200	0.385
14400	0.388
28800	0.389
86400	0.393

**NATURA DEL CAMPIONE:** argilla deb. limosa

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 2.47E-03  
 C alfa 3.31E-05  
 t50 (sec) 79  
 Permeabilità (cm/sec) 2.053E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 71
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2

Verbale Accettazione n° :

3

Campione : sh4

del :

03/02/2011

Prof. (mt): 13.4-14.0

Data inizio prova :

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	216.72
Massa terreno secco + Tara ( g )	166.71
Massa tara ( g )	9.09
Contenuto d'acqua - W ( % )	31.7

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	237.34
Massa tara (g)	73.77
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.884
(kN/m <sup>3</sup> )	18.474

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 72 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--



**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

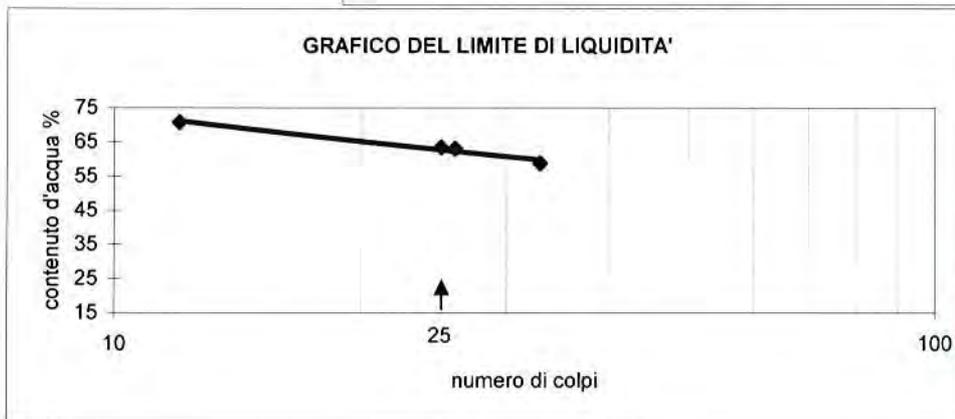
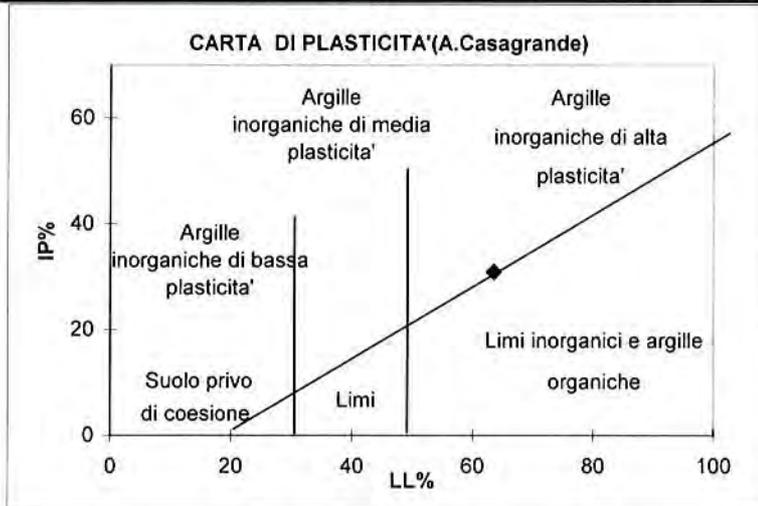
Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )**

**Committente :** Comune di Ferrara      **Sondaggio N°:** 2  
**Cantiere :** Arcispedale S. Anna (FE)      **Campione:** sh4  
**Prof. mt:** 13.5-14.0  
**Data inizio prova :** 09/02/2011      **Verbale accettazione n° :** 3  
**del :** 03/02/2011

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	33	26	12		
Massa terreno umido + tara (g)	27.90	29.02	28.77	12.00	216.72
Massa terreno secco + tara (g)	22.10	22.89	21.66	11.55	166.71
Massa acqua contenuta (g)	5.80	6.13	7.11	0.45	50.01
Massa tara (g)	12.22	13.17	11.61	10.14	9.09
Massa terreno secco (g)	9.88	9.72	10.05	1.41	157.62
Contenuto d'acqua %	58.7	63.1	70.7	32.5	31.7

Limite liquido %	63
Limite Plastico %	32
Umidita' naturale%	31.7
Indice Plastico %	31
Indice di consistenza :	1.02



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 73
		Data emissione : 27/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE****norma ASTM D 422 - AGI 1994**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2  
 Campione : sh4  
 Profondità (mt): 13.5-14.0  
 Data inizio prova : 09/02/11

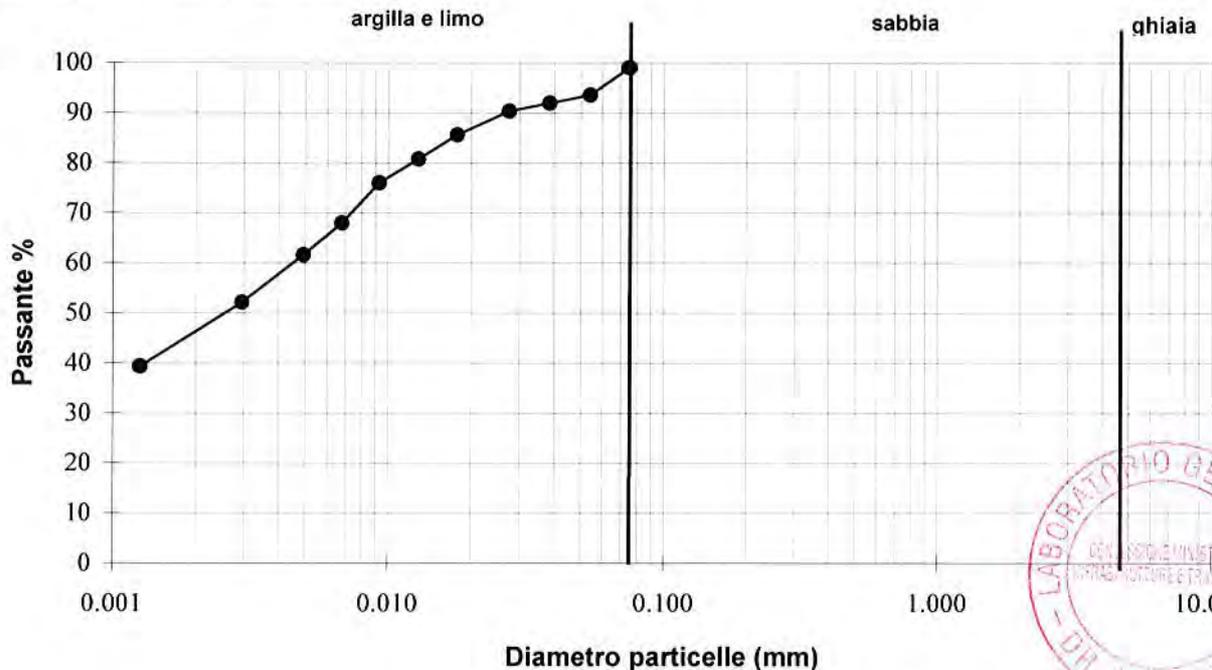
Verbale accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	99.00
0.0541	93.53
0.0386	91.93
0.0275	90.32
0.0178	85.53
0.0129	80.75
0.0093	75.96
0.0068	68.00
0.0049	61.63
0.0030	52.09
0.0013	39.38

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84

**Ghiaia** (>4.75mm) : 0%  
**Sabbia** (4.76-0.075mm) : 1%  
**Limo e Argilla** (< 0.075mm) : 99%

trattenuto allo 0.075 mm : 1%



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 74
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 2

Campione : sh5

Profondità (mt): 17-17.5

Velocità : 0.5 mm/min

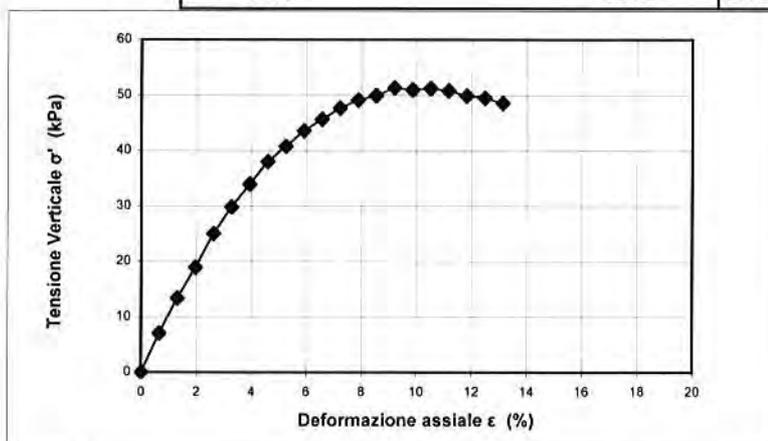
Verbale n° : 3

Data verbale accettazione : 03/02/2011

Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 51.16****Coesione  $C_u$  (kPa) : 25.58**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	
0	0	
0.7	7.02	
1.3	13.31	
2.0	18.89	
2.6	25.01	
3.3	29.82	
3.9	33.93	
4.6	37.99	
5.2	40.77	
5.9	43.52	
6.6	45.61	
7.2	47.67	
7.9	49.11	
8.5	49.94	
9.2	51.33	
9.8	50.96	
10.5	51.16	
11.2	50.79	
11.8	49.84	
12.5	49.47	
13.1	48.55	
		Peso unità di volume $kN/m^3 = 19.36$
		Contenuto d'acqua % = 24.40



Provino n° 2

schema di rottura

Sperimentatore  
Dr. Malagutti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :

Data emissione :

76  
23/02/11

Pagina n°1di1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ( A.S.T.M. D 2166 )**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (fe)

Sondaggio : 2

Campione : sh5

Profondità (mt): 17-17.5

Velocità : 0.5 mm/min

Verbale n° : 3

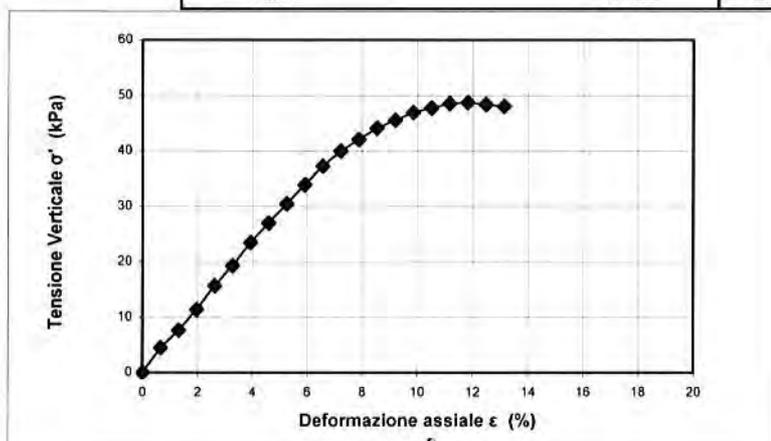
Data verbale accettazione : 03/02/2011

Data inizio prova : 09/02/2011

**Carico di rottura  $q_u$  (kPa) : 48.71****Coesione  $C_u$  (kPa) : 24.355**

Deformazione assiale $\epsilon$ (%)	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)
0	0
0.7	4.47
1.3	7.61
2.0	11.33
2.6	15.64
3.3	19.26
3.9	23.44
4.6	26.96
5.2	30.43
5.9	33.84
6.6	37.21
7.2	39.92
7.9	42.01
8.5	44.07
9.2	45.50
9.8	46.91
10.5	47.71
11.2	48.50
11.8	48.71
12.5	48.35
13.1	47.99

Peso unità di volume  $kN/m^3 = 19.31$   
 Contenuto d'acqua  $\% = 24.40$



Provino n° 1

schema di rottura

Sperimentatore  
Dr. Malaguti D.Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 77

Data emissione : 23/02/11

Pagina n°1 di 1

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)  
 Data inizio prova : 03/02/11  
 Verbale accettazione: 3 del 03/02/11

Sondaggio: 2  
 Campione: sh5  
 Prof.(m): 17-17.5

Natura del campione :

Peso dell'unità di volume : ( kN/m<sup>3</sup>)

Peso dell'unità di volume del terreno secco : ( kN/m<sup>3</sup>)

Contenuto d'acqua naturale : (%)

Peso specifico dei granuli : ( kN/m<sup>3</sup>)

Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

limo deb. argilloso

19.05

15.32

24.4

26.06

.701

$\sigma'_v$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ %	$e^\circ$	$M_o$ (kPa)
11.768	.14	.70	.689	
24.518	.23	1.15	.681	2833
49.035	.38	1.90	.669	3269
98.070	.57	2.85	.653	5162
196.140	.82	4.10	.631	7846
392.280	1.17	5.85	.601	11208
784.560	1.62	8.10	.563	17435
1569.120	2.18	10.90	.516	28020
392.280	2.07	10.35	.525	
98.070	1.94	9.70	.536	
49.035	1.88	9.40	.541	

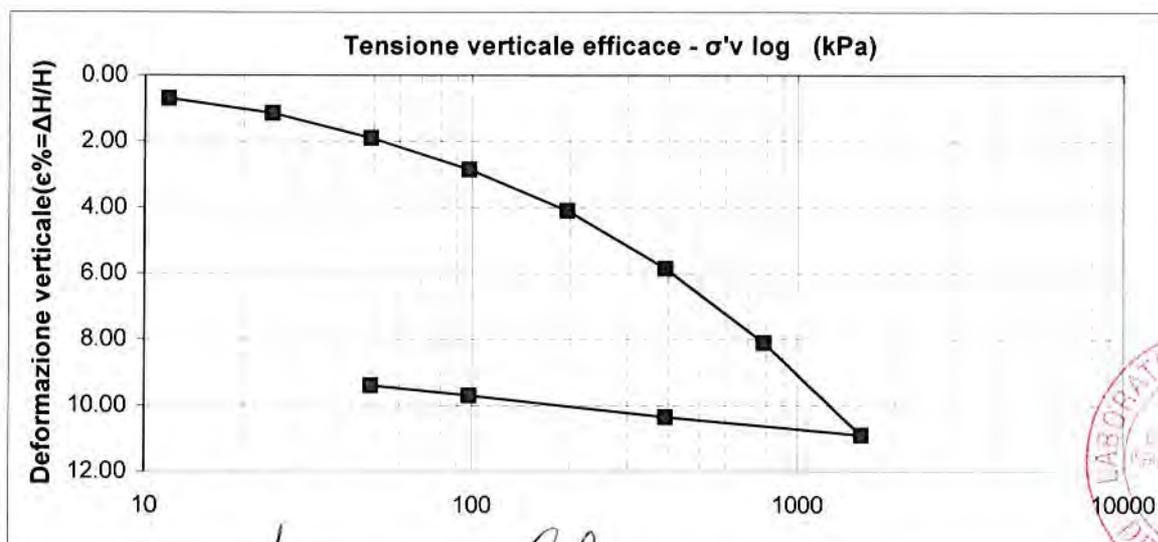
$\Delta H$  = cedimento

$\epsilon = \Delta H/H$  = def. verticale

$e^\circ$  = indice dei vuoti

$M_o$  = modulo edometrico

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 78 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C. C. I. A. A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

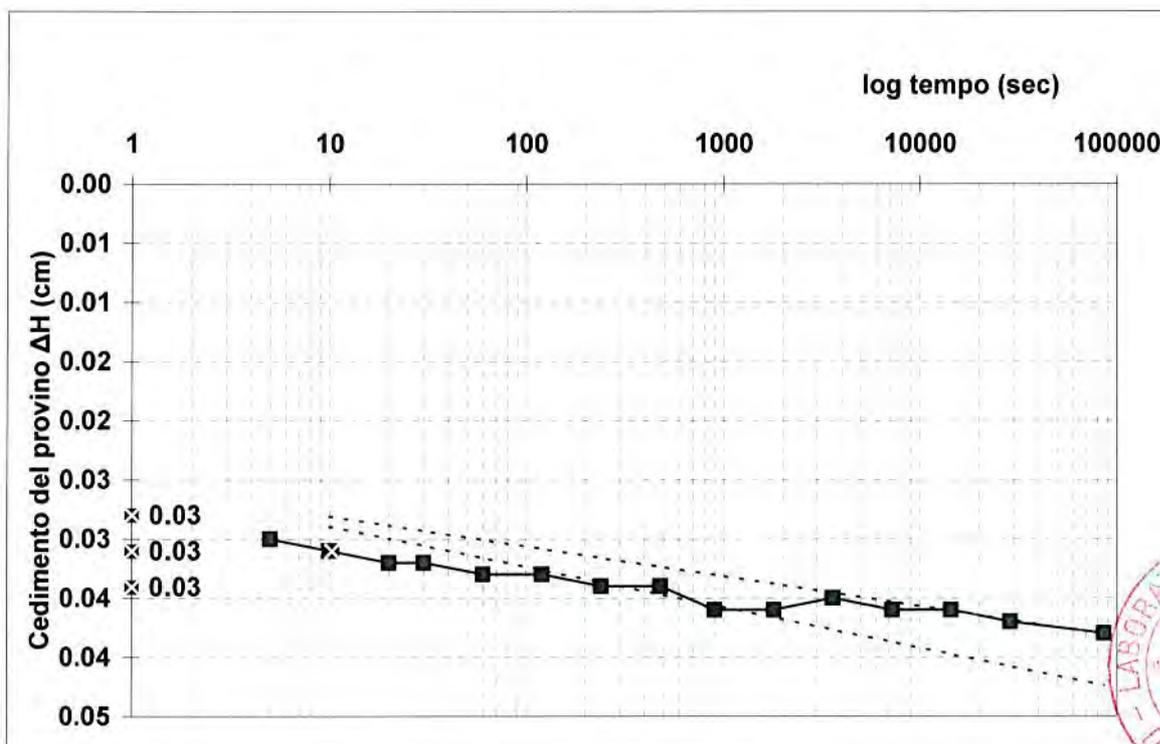
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh5  
**Prof(m):** 17-17.5

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo deb. argilloso

**Tensione verticale efficace (kPa) :** 49.035

Tempo (sec)	$\Delta H$ (cm)
0	0.029
5	0.029
10	0.030
20	0.031
30	0.032
60	0.032
120	0.033
240	0.033
480	0.034
900	0.034
1800	0.036
3600	0.036
7200	0.035
14400	0.036
28800	0.036
86400	0.037

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D. <i>u</i>	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi <i>A. Mucchi</i>	Certificato n° : 78
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, B - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

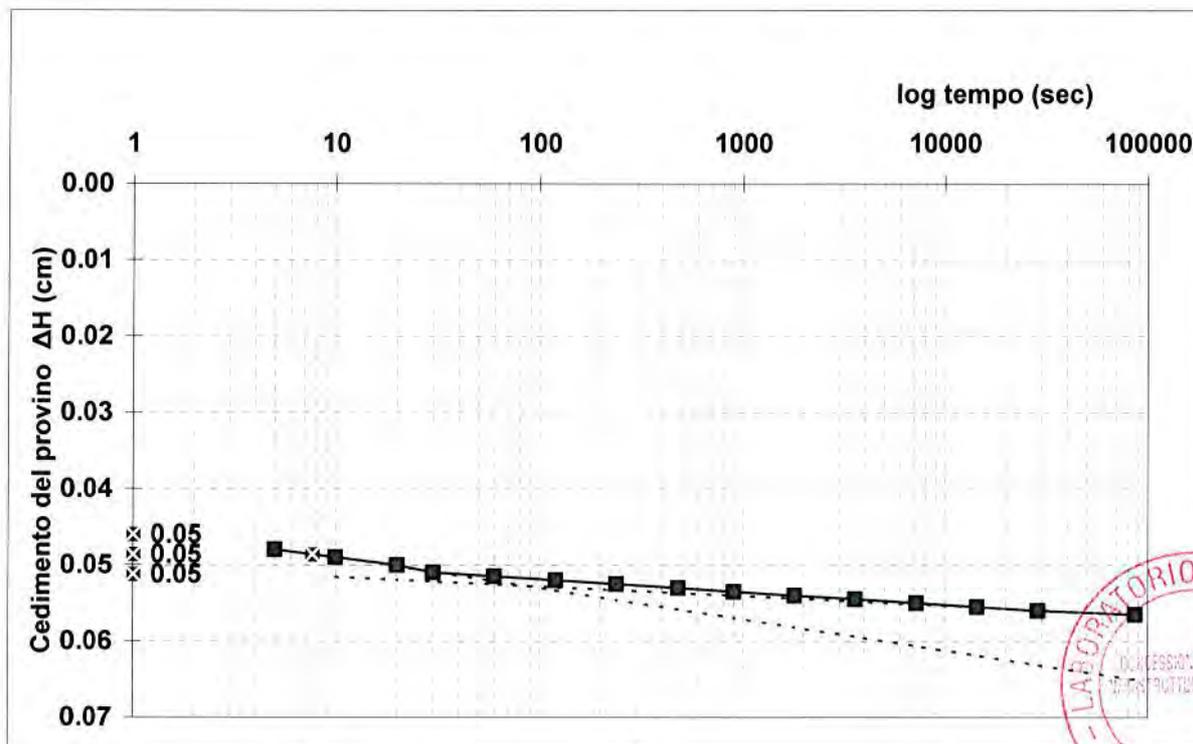
**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del: 03/02  
  
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh5  
**Prof(m):** 17-17.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.047
5	0.048
10	0.049
20	0.050
30	0.051
60	0.052
120	0.052
240	0.053
480	0.053
900	0.054
1800	0.054
3600	0.055
7200	0.055
14400	0.056
28800	0.056
86400	0.057

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo deb. argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07  
 Cv (cmq/sec): 2.55E-02  
 C alfa 6.32E-06  
 t50 (sec) 8  
 Permeabilità (cm/sec) 4.72351E-07

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 23/2/11  
 Data emissione : 23/2/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

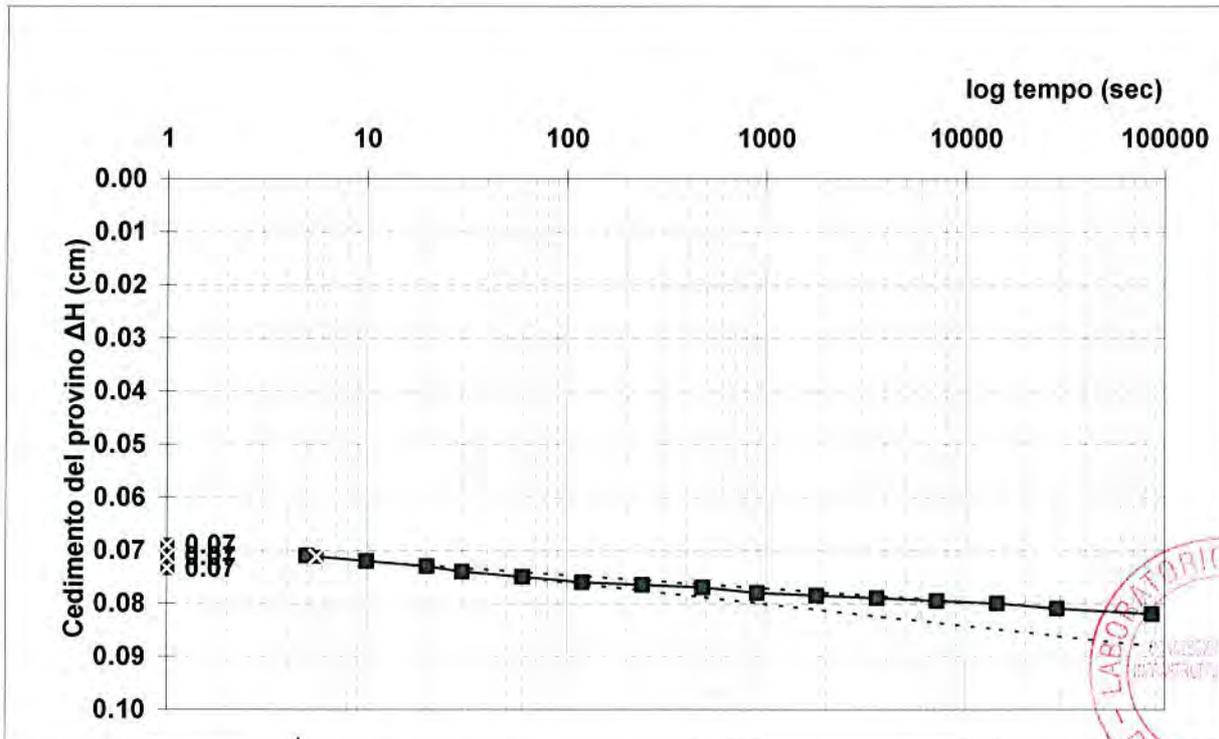
**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11  
  
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh5  
**Prof(m):** 17-17.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.069
5	0.071
10	0.072
20	0.073
30	0.074
60	0.075
120	0.076
240	0.077
480	0.077
900	0.078
1800	0.079
3600	0.079
7200	0.080
14400	0.080
28800	0.081
86400	0.082

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo deb. argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14  
 Cv (cmq/sec): 3.52E-02  
 C alfa 1.26E-05  
 t50 (sec) 6  
 Permeabilità (cm/sec) 4.48485E-07

**DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)**



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 78/MUCCHI Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	---

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 **del :** 03/02/11

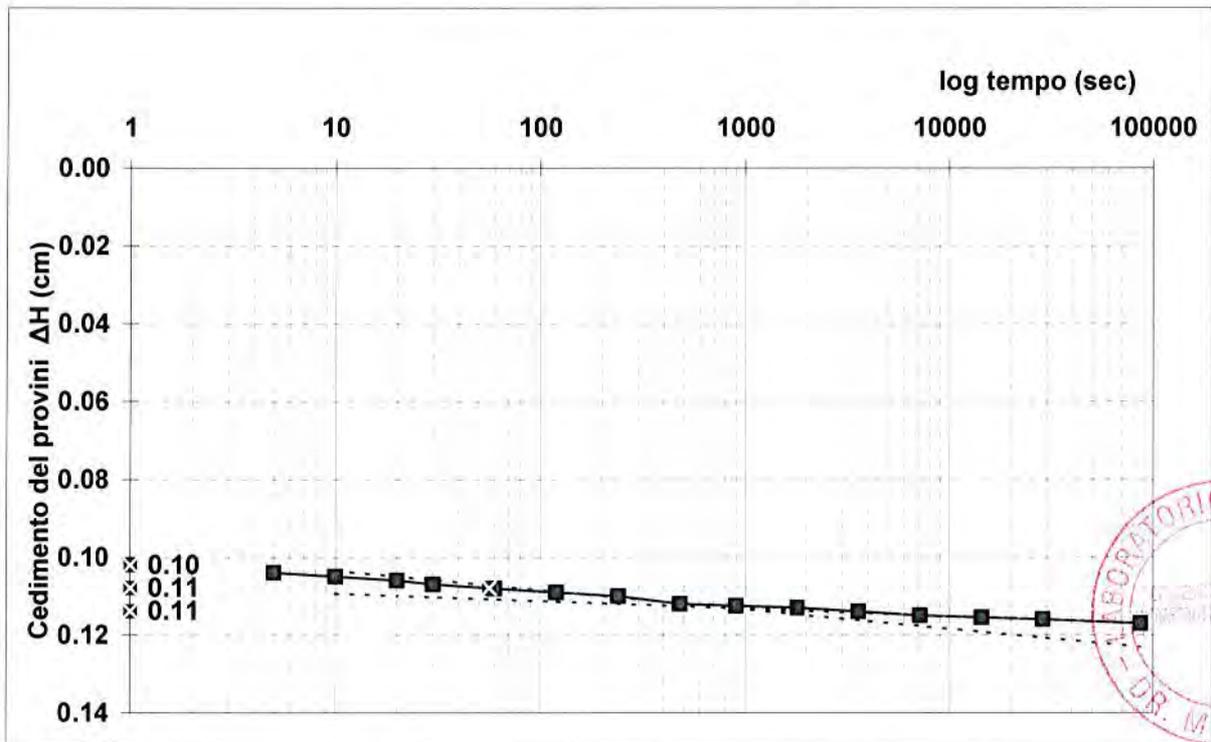
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh5  
**Prof(m):** 17-17.5

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo deb. argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28  
 Cv (cmq/sec): 3.49E-03  
 C alfa 9.72E-06  
 t50 (sec) 56  
 Permeabilità (cm/sec) 3.05164E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.101
5	0.104
10	0.105
20	0.106
30	0.107
60	0.108
120	0.109
240	0.110
480	0.112
900	0.113
1800	0.113
3600	0.114
7200	0.115
14400	0.116
28800	0.116
86400	0.117

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 78 Data emissione : 23/02/11
-----------------------------------	--	--

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

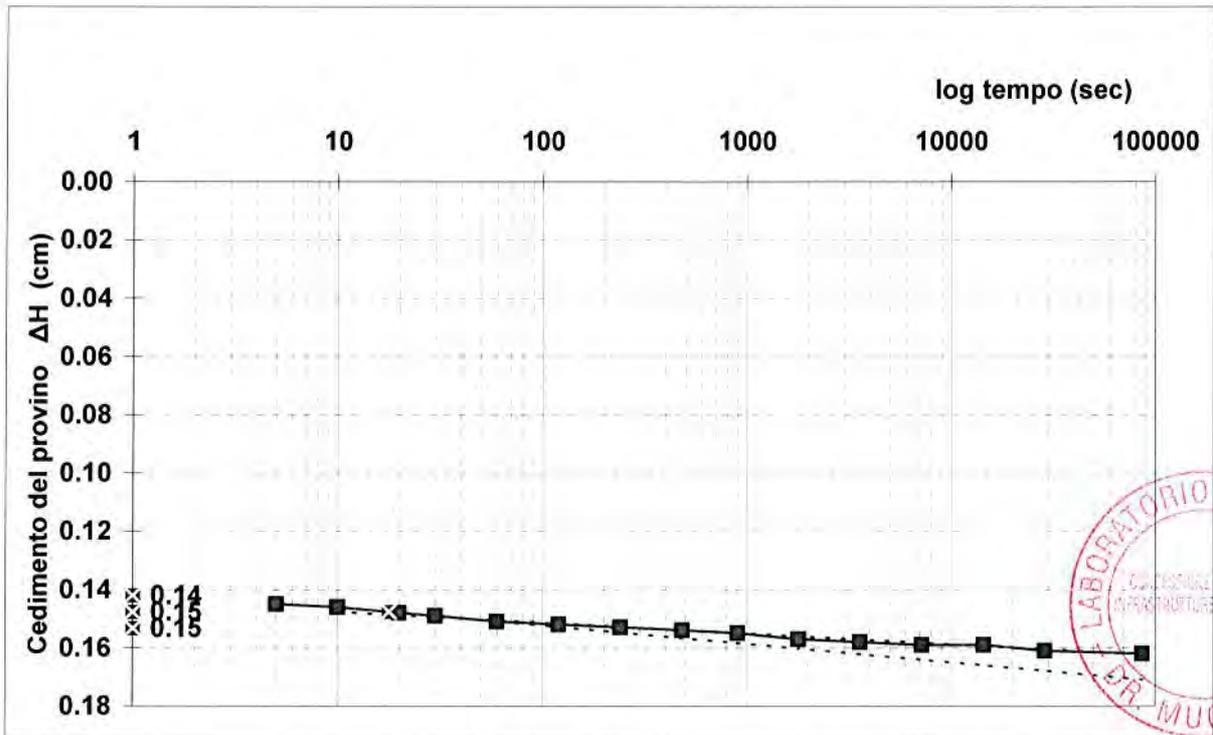
COMMITTENTE: Comune di Ferrara  
 CANTIERE: Arcispedale S. Anna (FE)  
 DATA: 03/02/11  
 Verbale accettazione n°: 3 del : 03/02/11  
 Sondaggio: 2  
 Campione: sh5  
 Prof(m): 17-17.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.142
5	0.145
10	0.146
20	0.148
30	0.149
60	0.151
120	0.152
240	0.153
480	0.154
900	0.155
1800	0.157
3600	0.158
7200	0.159
14400	0.159
28800	0.161
86400	0.162

NATURA DEL CAMPIONE: limo deb. argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 784.56  
 Cv (cmq/sec): 1.11E-02  
 C alfa 1.85E-05  
 t50 (sec) 18  
 Permeabilità (cm/sec) 6.218E-08

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 78
		Data emissione : 23/02/11

**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681  
 Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010  
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA ( Norma A.G.I. 1994 )**

**COMMITTENTE:** Comune di Ferrara  
**CANTIERE:** Arcispedale S. Anna (FE)  
**DATA:** 03/02/11  
**Verbale accettazione n°:** 3 del : 03/02/11

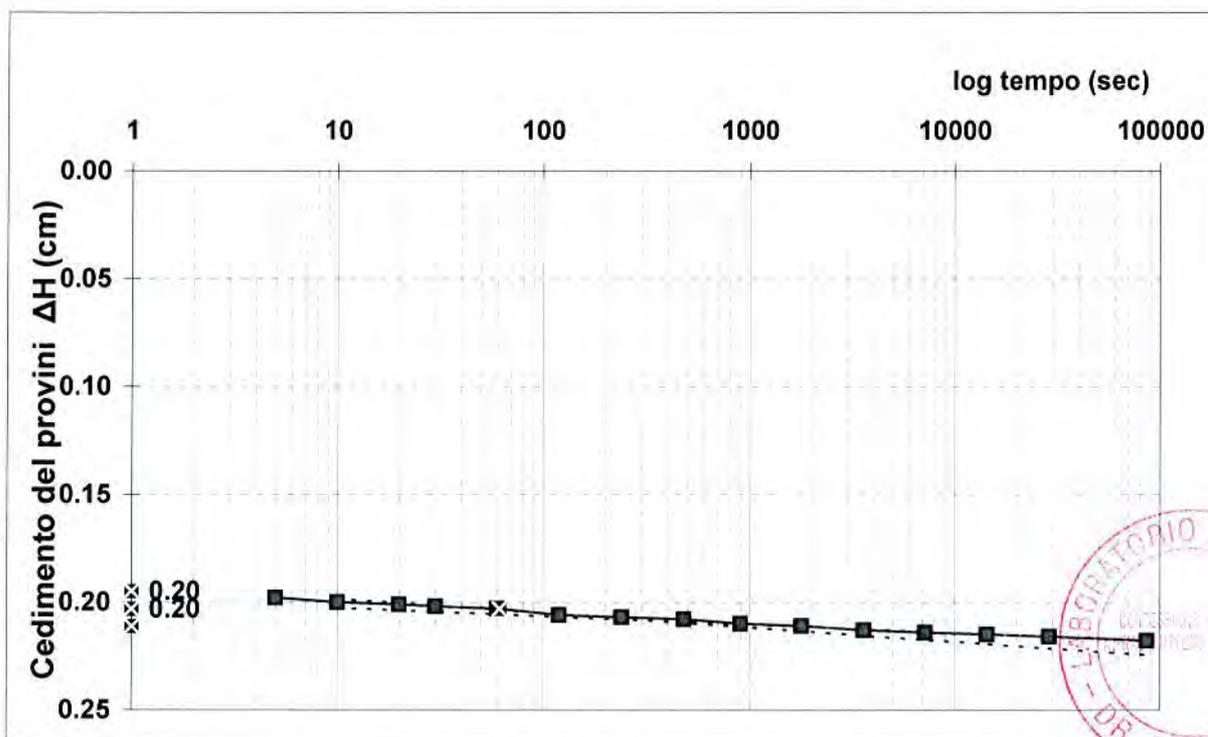
**Sondaggio:** 2  
**Campione:** sh5  
**Prof(m):** 17-17.5

**NATURA DEL CAMPIONE:** limo deb. argilloso

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12  
 Cv (cmq/sec): 3.20E-03  
 C alfa 1.94E-05  
 t50 (sec) 61  
 Permeabilità (cm/sec) 1.12E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.196
5	0.198
10	0.200
20	0.201
30	0.202
60	0.203
120	0.206
240	0.207
480	0.208
900	0.210
1800	0.211
3600	0.213
7200	0.214
14400	0.215
28800	0.216
86400	0.218

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 78  
 Data emissione : 23/2/11

**Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n° 170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2

Verbale Accettazione n° :

3

Campione : sh5

del :

03/02/2011

Prof. (mt): 17-17.5

Data inizio prova :

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	210.52
Massa terreno secco + Tara ( g )	171.08
Massa tara ( g )	9.46
Contenuto d'acqua - W ( % )	24.4

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	244.92
Massa tara (g)	73.30
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.977
(kN/m <sup>3</sup> )	19.383



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 89
		Data emissione : 23/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A. Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n°380/2001)

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE****norma ASTM D 422 - AGI 1994**

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2

Campione : sh5

Profondità (mt): 17-17.5

Data inizio prova : 09/02/11

Verbale accettazione n° : 3

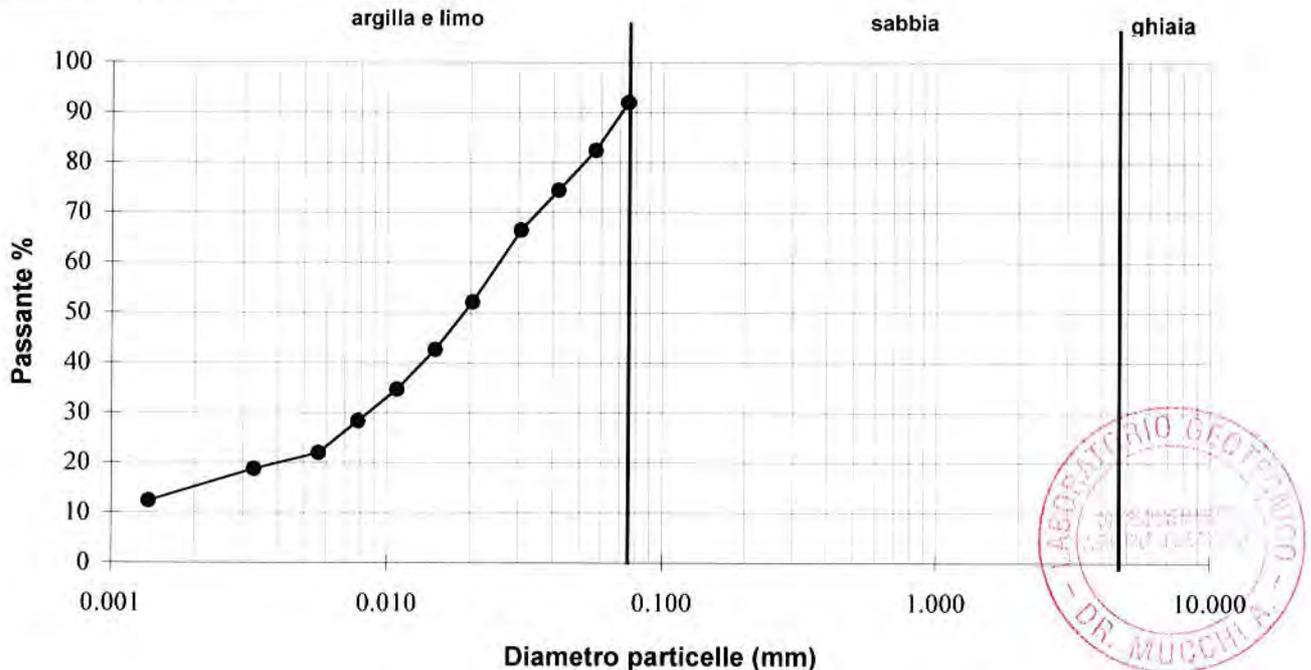
del : 03/02/2011

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	92.00
0.0571	82.40
0.0419	74.43
0.0306	66.47
0.0204	52.15
0.0150	42.60
0.0109	34.64
0.0078	28.28
0.0056	21.92
0.0033	18.74
0.0014	12.38

**Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84**

**Ghiaia** (>4.75mm) : 0%  
**Sabbia** (4.76-0.075mm) : 8%  
**Limo e Argilla** (< 0.075mm) : 92%

trattenuto allo 0.075 mm : 8%



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n° : 82
		Data emissione : 27/02/11



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

Committente : Comune di Ferrara

Cantiere : Aecispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2

Verbale Accettazione n° : 3

Campione : sh6

del :

03/02/2011

Prof. (mt): 28.4 - 28.9

Data inizio prova :

03/02/11

**CONTENUTO D'ACQUA (CNR - UNI 10008)**

Massa terreno umido + tara ( g )	336.34
Massa terreno secco + Tara ( g )	286.51
Massa tara ( g )	9.96
Contenuto d'acqua - W ( % )	18.0

**PESO DELL' UNITA' DI VOLUME ( BS 1377 Part. 15 )**

Volume (cm <sup>3</sup> )	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	251.1
Massa tara (g)	73.31
Peso dell' unità di volume ( $\gamma$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	2.048
(kN/m <sup>3</sup> )	20.080



Sperimentatore Dr. Malaguti <i>[Signature]</i>	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi <i>[Signature]</i>	Certificato n° : 85
		Data emissione : 23/02 11

**ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA  
 norma ASTM D 422**

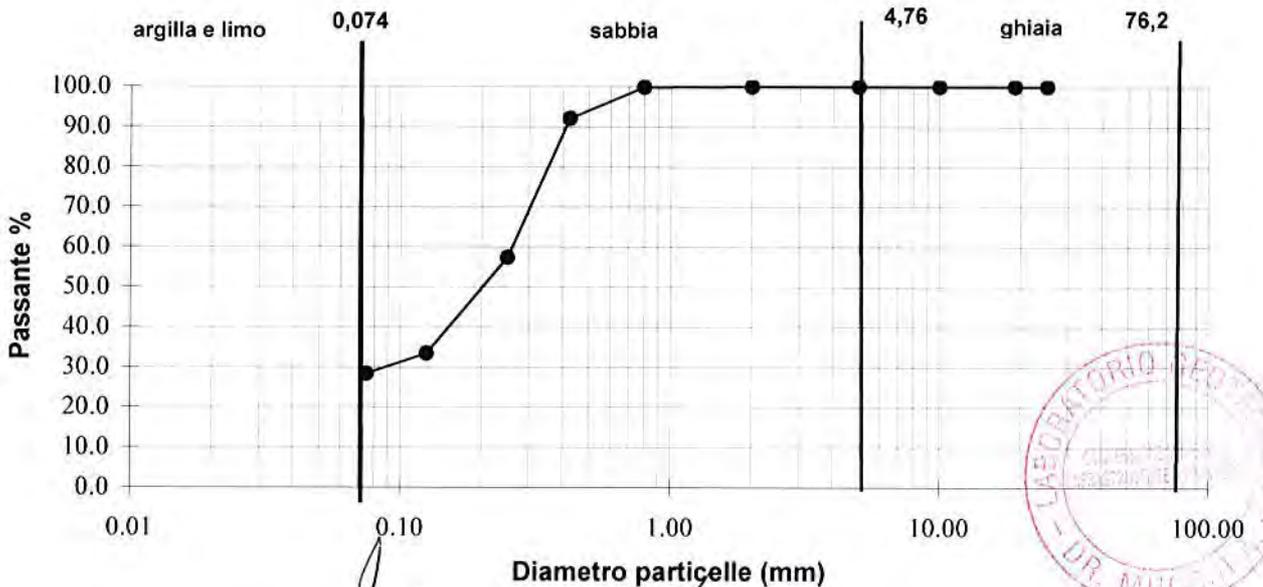
Committente : Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna (FE)

Sondaggio : 2  
 Campione n° : sh6  
 Profondità (mt): 28.4-28.9

Verbale di accettazione n° : 3  
 del : 03/02/2011  
 Data inizio prova: 03/02/11

Diametro (mm)	Passante (%)
25	100.0
19	100.0
10	100.0
5	100.0
2	100.0
0.8	99.84
0.425	92.10
0.250	57.34
0.125	33.42
0.075	28.38

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84  
**Ghiaia** (>4.75mm) : 0%  
**Sabbia** (4.76-0.075mm) : 72%  
**Limo e Argilla** (< 0.075mm) : 28%



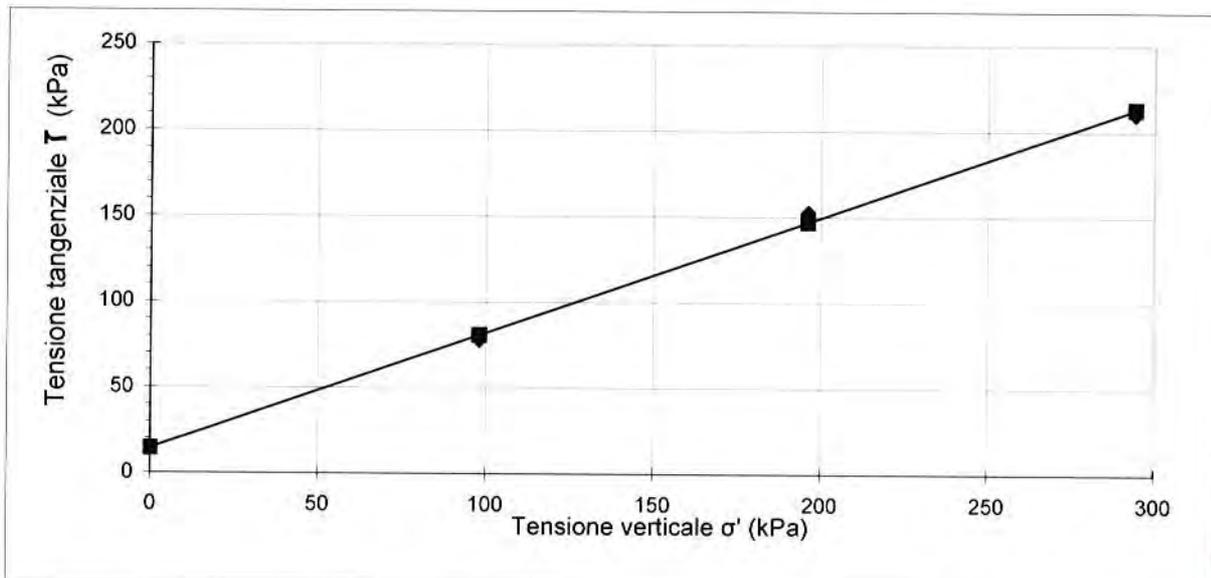
Sperimentatore Dr. Malaguti	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato : 85 Data emissione : 23/02/11
--------------------------------	--	---

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Comune di Ferrara  
Cantiere : Arcispedale S. Anna  
Campione: S2sh6  
Prof. ( mt ) : 28.4-28.9  
Data inizio prova : 09/02/2011

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino ( n° )	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	Tensione tangenziale $\tau$ (kPa)
1	100	77.770
2	200	152.597
3	300	210.360

COESIONE DRENATA ( kPa ):	14.32
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	34



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 5684 del 01/06/2010

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001)

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994**

Committente: Comune di Ferrara  
 Cantiere : Arcispedale S. Anna  
 Campione: S2sh6  
 Prof. ( mt ) : 28.4-28.9

Verbale accettazione n° : 3  
 Data verbale accettazione : 03/02/2011  
 Data inizio prova : 09/02/2011

Descrizione litologica del provino :	sabbia fine limosa
--------------------------------------	--------------------

**Caratteristiche dei provini**

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm <sup>2</sup> )	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.631	20.278	20.418
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.454	17.185	17.282
Contenuto d'acqua : (W%)	18.20	18.00	18.15

Modalità di consolidazione e rottura			
Tensione verticale (kPa)	100	200	300
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0052	0.0052	0.0052

Spesimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 86 Data emissione 03/12/11
-----------------------------------	--	--

pagina 1 di 2



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 2684 del 01/06/2010**

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n° 380/2001)

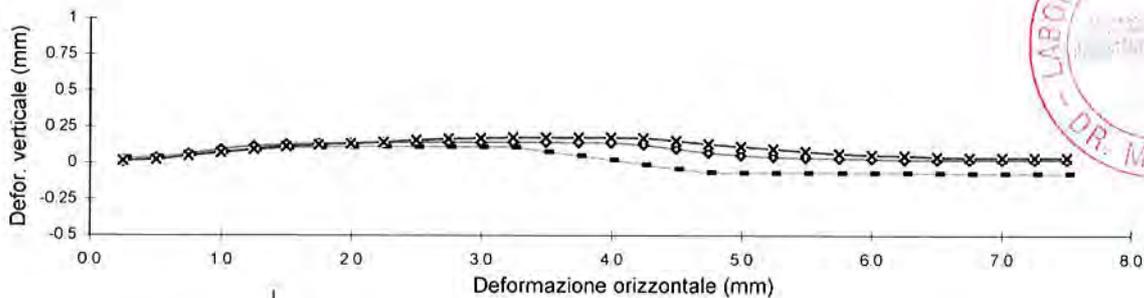
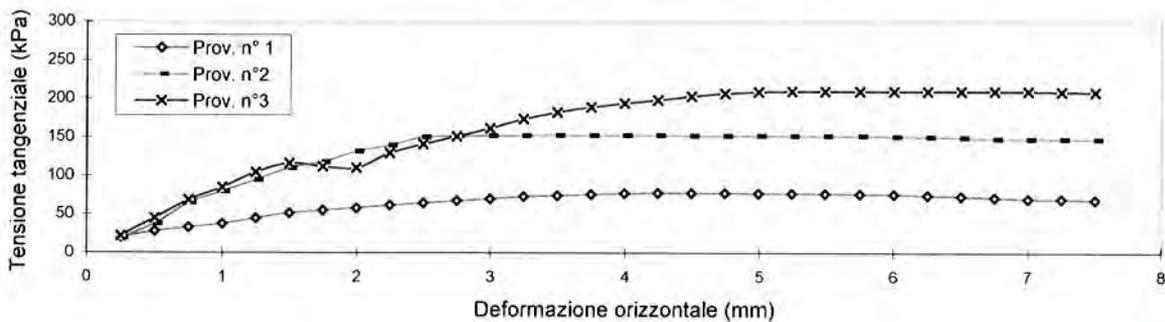
Committente: Comune di Ferrara  
 Cantiere: Arcispedale S. Anna  
 Campione: S2sh6

Verbale accettazione n°: 3  
 Data verbale accettazione: 03/02/2011

Prof. ( mt ) : 28.4-28.9

Data inizio prova: 09/02/2011

def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	20.20	19.22	21.58	0.01	0.037	0.017
0.50	27.85	37.46	45.11	0.037	0.044	0.024
0.75	33.15	64.82	68.65	0.063	0.056	0.049
1.00	37.46	79.24	85.03	0.095	0.071	0.073
1.25	44.62	94.64	104.64	0.117	0.09	0.095
1.50	51.39	109.94	116.21	0.129	0.103	0.115
1.75	55.21	117.68	111.90	0.134	0.107	0.127
2.00	58.06	131.61	110.43	0.137	0.112	0.134
2.25	61.98	139.75	129.65	0.144	0.115	0.144
2.50	64.82	150.34	141.12	0.144	0.112	0.159
2.75	67.67	151.52	151.22	0.144	0.112	0.168
3.00	70.12	152.20	161.82	0.144	0.112	0.173
3.24	72.96	152.20	173.78	0.144	0.11	0.176
3.49	74.44	152.50	182.51	0.144	0.078	0.176
3.74	75.91	152.60	189.18	0.142	0.051	0.176
3.99	77.28	152.60	194.47	0.139	0.022	0.176
4.24	77.77	152.40	198.30	0.125	-0.01	0.173
4.49	77.77	152.20	203.59	0.098	-0.039	0.154
4.74	77.77	152.20	207.42	0.073	-0.061	0.132
4.99	77.28	152.20	209.38	0.054	-0.066	0.115
5.24	77.28	152.20	210.36	0.044	-0.066	0.098
5.49	76.79	152.20	210.36	0.037	-0.066	0.081
5.75	76.30	152.20	210.36	0.032	-0.066	0.066
6.00	75.91	151.22	210.36	0.029	-0.066	0.056
6.25	74.93	150.73	210.36	0.024	-0.066	0.051
6.50	73.45	149.85	210.36	0.024	-0.068	0.044
6.75	71.98	148.38	210.36	0.024	-0.071	0.039
7.00	70.12	147.89	210.36	0.024	-0.071	0.039
7.25	69.63	147.89	209.38	0.024	-0.071	0.039
7.50	68.65	147.40	208.89	0.024	-0.071	0.039



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 86 Data emissione : 23/2/11
-----------------------------------	--	---