

# ADOTTA UN MONUMENTO

INIZIATIVA DEI GEOLOGI FERRARESI CON IL PATROCINIO  
DELL'ORDINE DEI GEOLOGI DELL'EMILIA ROMAGNA  
RIVOLTO AI COMUNI COLPITI DAL SISMA DEL MAGGIO 2012

## RISTRUTTURAZIONE DEL CIMITERO DI SANT'AGOSTINO

RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA E GEOTECNICA  
CON INDAGINE GEOGNOSTICA, SISMICA E ANALISI DI LABORATORIO TERRE



Dott. Geol. Antonio Mucchi	Laboratorio Geotecnico Mucchi
Dott. Geol. Maria Antonietta Sileo	SILGEO S.a.s.
Dott. Ing. Riccardo Zoppellaro	Studio Geotecnico & Ambiente
Dott. Geol. Andrea Garbellini	GEPLAN S.a.s.
Dott. Geol. Nasser Abu Zeid	Te.Am. Geofisica Srl
Dott. Geol. Marilena Martinucci	EDILGEO studio geologico tecnico
Dott. Geol. Corrado Ballotta	GEOHYDRODATA S.a.s.

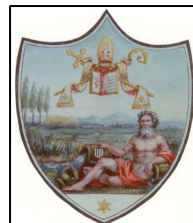
Sant'Agostino, Novembre 2012

Per il gruppo di lavoro Geologi Ferraresi  
Dott. Geol. Corrado Ballotta



**PROVINCIA DI FERRARA**

**COMUNE DI SANT'AGOSTINO**



## **RISTRUTTURAZIONE DEL CIMITERO DI SANT'AGOSTINO**

### **RELAZIONE GEOLOGICA, SIMICA e GEOTECNICA CON INDAGINE GEOGNOSTICA, SISMICA E ANALISI DI LABORATORIO**

#### **INDICE**

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>pag.</b>	<b>1</b>
1.1.	<i>Il Piano di lavoro</i>	"	1
1.2.	<i>Il Gruppo di lavoro</i>		2
<b>2.</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO VINCOLISTICO</b>	"	3
2.1.	<i>Normativa di riferimento</i>	"	3
2.2.	<i>Classificazione sismica</i>	"	4
2.3.	<i>Il Piano Strutturale Comunale</i>	"	6
2.4.	<i>Coerenza con la normativa vigente</i>	"	8
<b>3.</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO</b>	"	9
3.1.	<i>Ubicazione dell'area</i>	"	9
3.2.	<i>Inquadramento geologico del sito</i>	"	12
3.2.1.	<i>Assetto strutturale e sismicità</i>	"	12
3.2.2.	<i>Modello geomorfologico e idrogeologico</i>	"	15
3.3.	<i>Quadro sismico locale</i>	"	19
3.3.1.	<i>Sismicità storica</i>	"	19
3.3.2.	<i>L'evento sismico del maggio 2012</i>	"	20
3.3.3.	<i>Analisi post sismica del territorio</i>	"	21
<b>4.</b>	<b>INDAGINI IN SITO E ANALISI DI LABORATORIO</b>	"	25
4.1.	<i>Indagine geognostica</i>	"	25
4.2.	<i>Indagine geofisica</i>	"	26
4.3.	<i>Analisi di laboratorio terre</i>	"	27
<b>5.</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO</b>	"	28
5.1.	<i>Categoria di sottosuolo e parametri geotecnici</i>	"	28
5.1.1.	<i>Successione litologica</i>	"	28
5.1.2.	<i>Categoria di sottosuolo</i>	"	29
5.1.3.	<i>Parametri sismici</i>	"	29
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	"	35

<i>APPENDICE</i>		pag. 37
<i>RELAZIONE GEOTECNICA :</i>	<i>Ing. R. Zoppellaro - Villanova d.Ghebbo</i>	“ 38
<i>ELABORATI PROVE :</i>	<i>Carta ubicazione CPT e sondaggio</i>	“ 85
	<i>S.G.M. Srl - Ferrara</i>	“ 90
	<i>Demetra Srl - S.Agostino</i>	“ 108
	<i>Geplan Sas - Canaro</i>	“ 114
<i>ELABORATI SONDAGGIO :</i>	<i>Silgeo Sas - Ferrara</i>	“ 122
<i>ANALISI LABOR. TERRE :</i>	<i>Dott. A. Mucchi - Gualdo</i>	“ 126
<i>INDAGINE GEOFISICA :</i>	<i>Te.Am. Gefisica Srl - Ferrara</i>	“ 137

## **1. PREMESSA**

A seguito dell'evento sismico del maggio 2012 che ha causato notevoli danni nei territori dei comuni dell'Alto Ferrarese, i *Geologi professionisti della Provincia di Ferrara* si sono attivati per portare un aiuto alle popolazioni colpite. Con il patrocinio dell'Ordine Regionale dei Geologi hanno promosso l'iniziativa "Adotta un monumento" scegliendo, con la collaborazione dei Sindaci dei comuni interessati, un'opera edilizia che avesse la necessità di essere ricostruita o ristrutturata e predisponendo per ognuna di esse una Relazione Geologica completa, comprensiva di Indagini Geognostiche ed Analisi di laboratorio terre, eseguita secondo le norme attualmente vigenti.

Nel Comune di Sant'Agostino la scelta è caduta sul Cimitero Comunale, danneggiato in vario modo e necessitario di opere di ristrutturazione.

### **1.1. Il Piano di lavoro**

Per la programmazione dello studio si è dovuto innanzitutto tenere conto delle condizioni particolari createsi a seguito dell'evento sismico, con una ricognizione dei luoghi ed una presa d'atto dei fenomeni, delle trasformazioni e dei danni avvenuti.

Successivamente si sono programmate le Indagini in sito ritenute necessarie in base al rilevamento effettuato e alle prescrizioni normative. Sono state eseguite nel periodo luglio-agosto 2012:

- una Indagine geognostica con esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo e prelievo di campioni;
- una prova penetrometrica statica (CPT);
- una Indagine geofisica con uno stendimento sismico a rifrazione;
- analisi di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati;
- la raccolta e la rielaborazione delle indagini geognostiche eseguite negli ultimi anni, a cura di vari Tecnici.

La relazione prodotta organizza tutti i dati disponibili, elaborandoli all'interno della ricostruzione geostorica del sito, della Pianificazione Comunale, degli eventi sismici accaduti, nell'intento di dare indicazioni per la progettazione delle opere di ristrutturazione in sicurezza geotecnica e sismica nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni e delle altre norme vigenti.



## *1.2. Il Gruppo di lavoro*

L'esecuzione del sondaggio geognostico con infissione di un piezometro nel foro di sonda ed il prelievo di 2 campioni rimaneggiati di terreno è stata effettuata dalla Ditta SILGEO S.a.s. di Malborghetto di Boara (Ferrara) sotto la responsabilità tecnica della Dott.ssa Geol. Maria Antonietta Sileo.

L'esecuzione della prova penetrometrica statica CPT è stata effettuata dalla Geplan Sas di Canaro (Rovigo) sotto la responsabilità tecnica del Dott.Geol. Andrea Garbellini.

L'Indagine Geofisica è stata eseguita dal Dott. Nasser Abu Zeid della Te.Am.Geofisica S.r.l. di Ferrara.

Le analisi sui terreni sono state eseguite dal Laboratorio Geotecnico del Dott.Geol. Antonio Mucchi di Gualdo di Voghiera (Laboratorio con Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti).

La Relazione geologica, sismica e geotecnica è stata elaborata dai Dott.Geoll. Marilena Martinucci e Corrado Ballotta e dal Dott.Ing. Riccardo Zoppellaro.

Il coordinamento dei lavori è stato a cura del Dott. Corrado Ballotta.

## **2. QUADRO DI RIFERIMENTO VINCOLISTICO**

La Relazione geologica per un progetto edilizio deve dare le necessarie indicazioni per operare nella conoscenza delle pericolosità geologico-tecniche riguardo la tutela dal rischio idrogeologico, idraulico, sismico e geotecnico. Il progetto a sua volta deve inserirsi nella Pianificazione comunale e/o sovraordinata tenendo conto dei vincoli ambientali e delle prescrizioni tecnico-amministrative.

Di seguito le leggi e norme di interesse sia nazionale che della regione Emilia-Romagna seguite nella esecuzione di tale studio e nella stesura della Relazione.

### *2.1. Normativa di riferimento*

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.”

D.P.R. n.380 6 giugno 2001. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.

Ordinanza n 3274 P.C.M. del marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classifica sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

Decreto Ministeriale 14.01.2008,Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007 PCM – Dip. Protezione Civile, Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica, Parti I, II e III. Roma settembre 2008.

AGI Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulle prove Geotecniche di laboratorio.,1994

A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977)”.

A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) “Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)”.

Eurocode EC-7 : Geotechnics,design – 1997 – 2002

Eurocode EC-8 : Geotechnics,design - 1998

L.R. 25 Novembre 2002 n. 31 “Disciplina generale dell’edilizia”

Delibera 112 del 2 maggio 2007 “Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art.16,comma 1 della L.R. 20/2000 “ per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”

L.R. 30 ottobre 2008, n.19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”

Delibera GR E-R n.936/2008 “Programma delle verifiche tecniche e piano degli interventi di adeguamento e miglioramento sismico previsto all’art.1, comma 4, lettera c) dell’OPCM 3362/2004 e s.m.i. (annualità 2005).

Delibera GR E-R n.1661/2009 “Approvazione elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso”

Delibera GR E-R n.121/2010 “Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti riguardanti parti strutturali che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3, della LR n.19 del 2008”

Delibera GR E-R n.687/2011 “Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d’opera, riguardanti parti strutturali che non rivestono carattere sostanziale, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3, della LR n.19 del 2008”

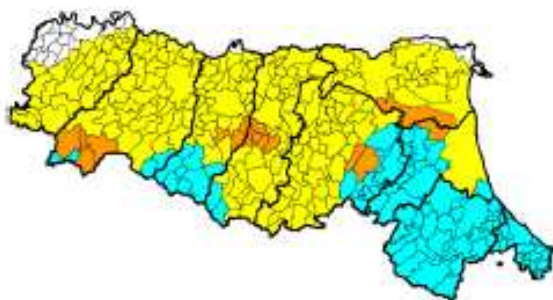
Delibera GR E-R n.1373/2011 “Atto di indirizzo recante l’individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell’art.12, comma 1, e dell’art.4, comma 1, della L.R. n.19 del 2008”

Decreto legge 6 giugno 2012, n. 74, coordinato con la legge di conversione 1° agosto 2012, n. 122, recante:

“Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e il 29 maggio 2012.”

## 2.2. Classificazione sismica

Il territorio dell’Emilia-Romagna è classificato sismico nella sua interezza dal 24 ottobre 2005.

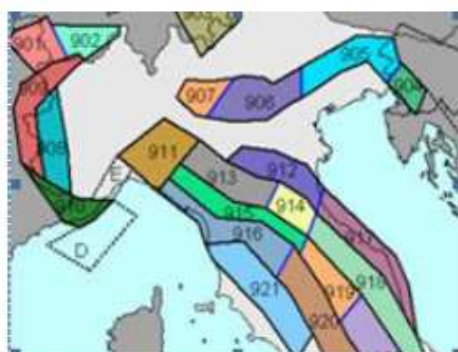


Classe	sismicità	PGA
2	media	0,15-0,25 g
3	bassa	0,05-0,15 g
4	molto bassa	< 0,15 g

I comuni della provincia di Ferrara appartengono per la maggior parte alla classe 3, con esclusione di Argenta classificata in classe 2 e i comuni di Berra, Mesola e Goro inseriti in classe 4.

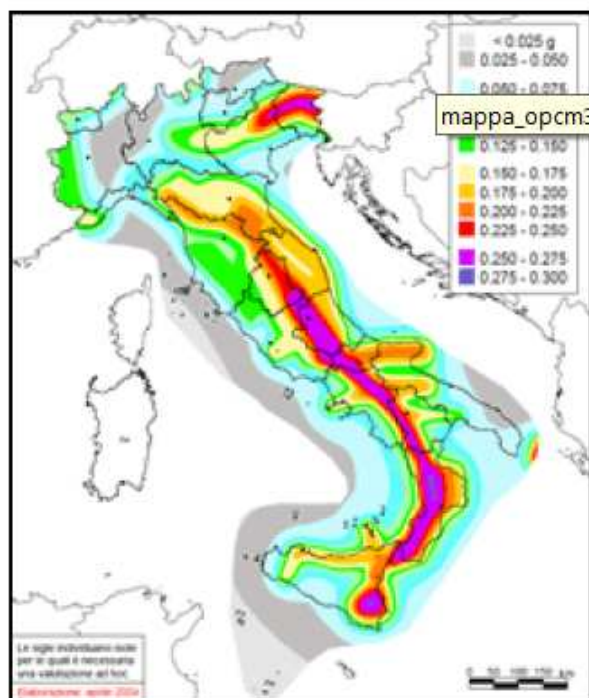
La classificazione è operata dalle Regioni sulla base della Mappa MPS04 di riferimento di tutto il territorio nazionale in base all'OPCM 3519/2006. Questa Mappa della Pericolosità sismica indica la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Essa si basa sia sulla storia dei terremoti avvenuti riportati negli Elenchi, che sulla geologia delle zone di sorgente (zone sismogenetiche) e sulla propagazione-attenuazione delle onde.

Nella zonazione nazionale ZS9 la zona di riferimento sismogenetica è la n°12, la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco dell'Appennino settentrionale, con le zone-sorgente longitudinali rispetto all'asse della catena appenninica. La profondità efficace, cioè la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti, e che determina la pericolosità della zona, corrispondente allo strato sismogenetico, cioè l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, per la zona S912 è valutato con calcolo probabilistico intorno a 7 Km.

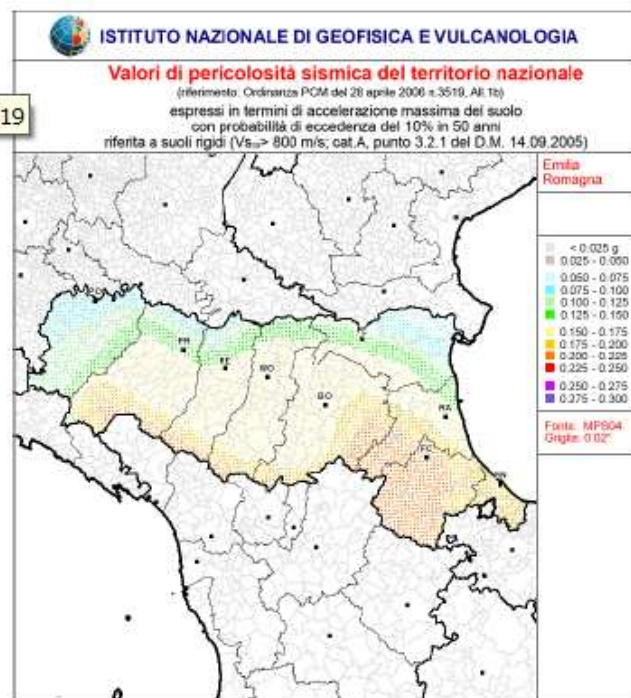


zone sismogenetiche

(INGV – Zonazione Sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo – marzo 2004)



mappe di pericolosità sismica dell'I.N.G.V.



### 2.3. Il Piano Strutturale Comunale

Il Piano Strutturale del comune di Sant'Agostino è parte del Piano eseguito per l'Associazione Intercomunale Alto Ferrarese.

Lo Studio per il Quadro conoscitivo comprende una relazione denominata "Contributo natura geologica, geomorfologica e idrogeologica" a firma del Prof. Torquato Nanni dell'Università di Ferrara, e una Relazione geotecnica sismica dell'ottobre 2008, a cura del prof. Vincenzo Fioravante dell'Università di Ferrara.

La Relazione Geologica, completa nelle tematiche trattate, ha un livello di definizione cartografica, e quindi di analisi degli elementi e delle relazioni, a scala variabile dal 25.000 al 40.000.

La Relazione geotecnica sismica non tiene conto in modo adeguato dell'effetto di sito costruendo un modello sismico per punti, non interpolabili per stessa ammissione degli Estensori, con cartografia a scala 1:35.000, rendendosi di fatto non utilizzabile come base per la progettazione.

*Carta della Pericolosità sismica del PSC in originale alla scala 1:35.000*

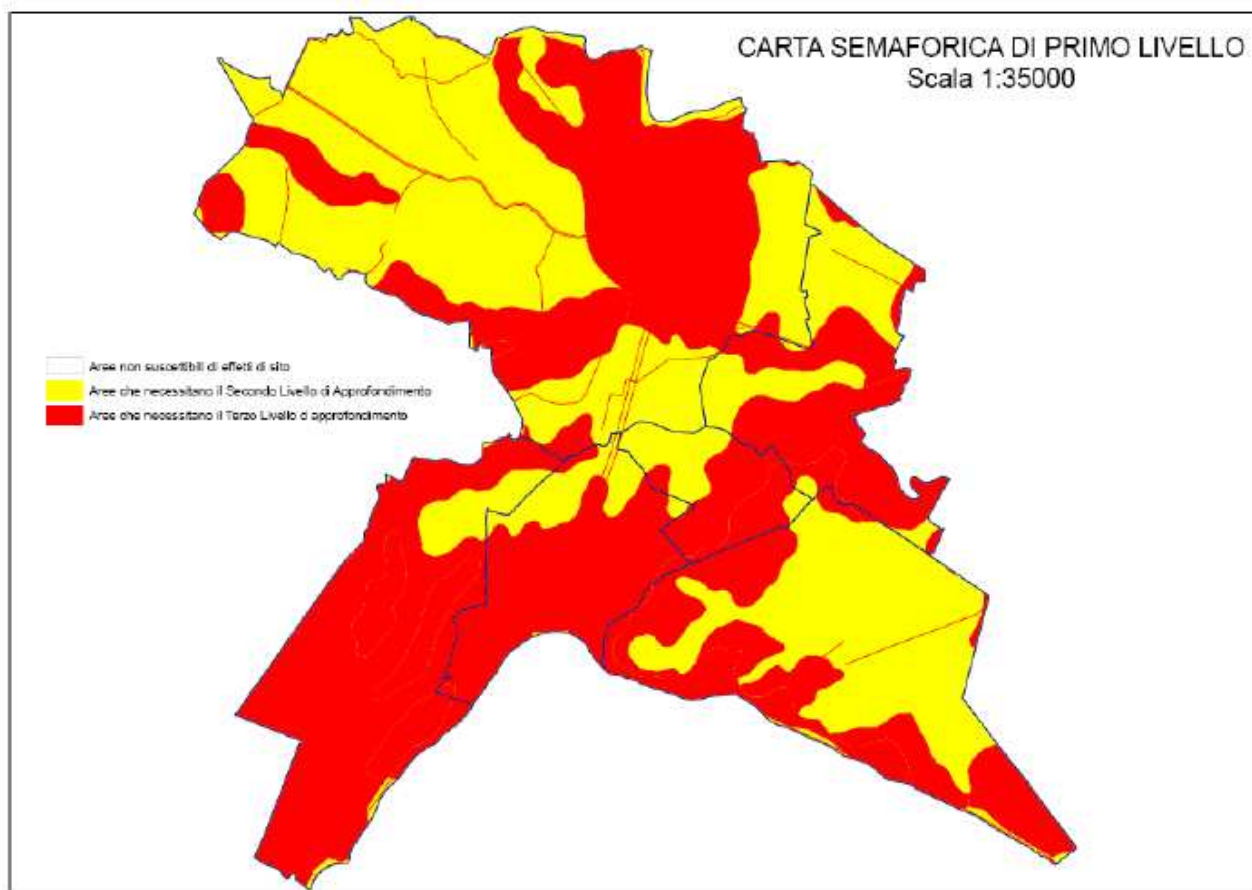


Figura 7.1 – Riproduzione non in scala della carta semaforica di 1° livello

Prova	Categoria sismica sito	Fattore di amplificazione	Potenziale liquefazione	Suscettibilità liquefazione	Suscettibilità cedimenti
SA01	D	1.5	0.58	Bassa	Potenziale
SA02	D	1.5	0.85	Bassa	Potenziale
SA03	D	1.5	2.68	Bassa	Potenziale
SA04	C	1.5	1.04	Bassa	Assente
SA05	C	1.5	0.22	Bassa	Assente
SA06	D	1.5	1.64	Bassa	Potenziale

Si riportano le conclusioni della Relazione sismica del PSC per il comune di Sant'Agostino.

- *I terreni del comune sono classificabili sismicamente all'interno delle categorie C e D;*
- *Il fattore di amplificazione sismico di origine litostratigrafica è ovunque pari ad 1.5 (in base alla vigente legislazione regionale);*
- *I siti indagati mostrano generalmente una bassa o nulla suscettibilità a liquefare se soggetti al sisma di progetto a parte una verticale indagata per la quale tale evenienza è risultata significativa;*
- *La maggior parte dei siti analizzati mostra una potenziale suscettibilità a manifestare cedimenti indotti da sisma a causa della scarse proprietà geotecniche dei terreni presenti.*

*Le valutazioni qui riportate sono strettamente legate alle verticali di prova disponibili.*



#### 2.4. Coerenza con la normativa vigente

La normativa vigente prevede per le opere di nuova costruzione dopo il 24 ottobre 2005 l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni unitamente alle Norme sismiche. Dal 29 giugno 2009 è in obbligo applicare le Norme Tecniche 14 gennaio 2008 che già contengono l'Azione sismica.

Dall'ottobre 2005 quindi i progetti che prevedono un iter di approvazione devono presentare la Relazione Geologica e la Relazione Geotecnica come parte integranti del progetto.

Secondo le NTC 2008 la Relazione Geologica deve comprendere :

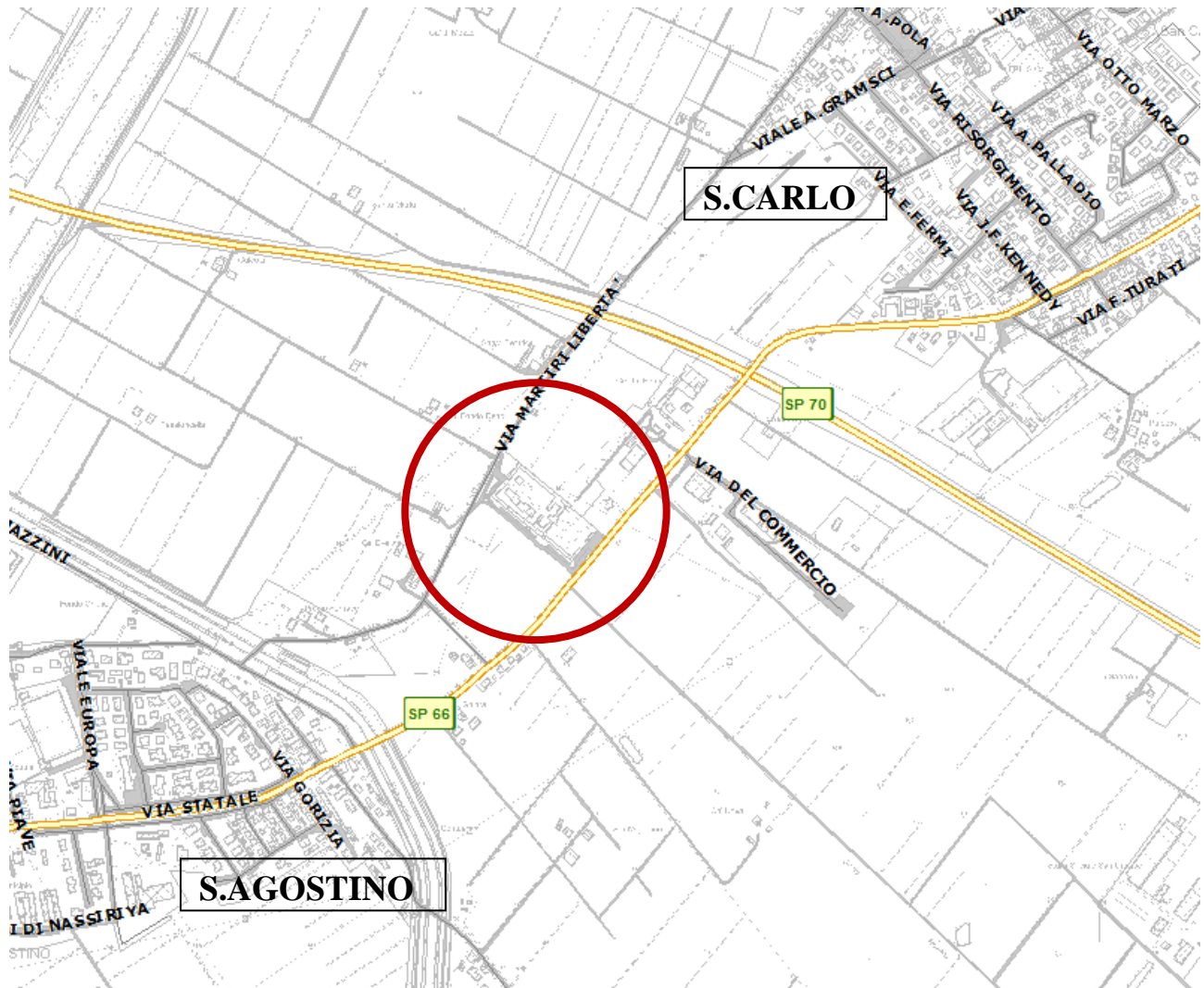
- un modello Geologico che dia un quadro strutturale del sito, una lettura litomorfologica del territorio, indicazioni idrauliche e valutazioni idrogeologiche; indicazioni sulla pericolosità sismica dell'area, sulla risposta sismica locale e sui possibili effetti di sito;
- un modello Geotecnico sulla base di una Indagine Geognostica, che indichi la categoria del sottosuolo, i parametri di accelerazione massima attesa al sito, il valore di amplificazione stratigrafica ed eventualmente topografica; la caratterizzazione geotecnica delle Unità litostratigrafiche; la valutazione della possibilità di liquefazione ed un eventuale calcolo dei cedimenti.

Per una progettazione pertanto ci si deve basare sui risultati di una Indagine Geognostica che può utilizzare prove in sito geotecniche e geofisiche ed analisi di laboratorio terre. Questa indagine, denominata di 3° livello, dovrà inserirsi in un quadro di conoscenze più elevato come scala gerarchica, denominato di 2° livello, parte della Pianificazione comunale.

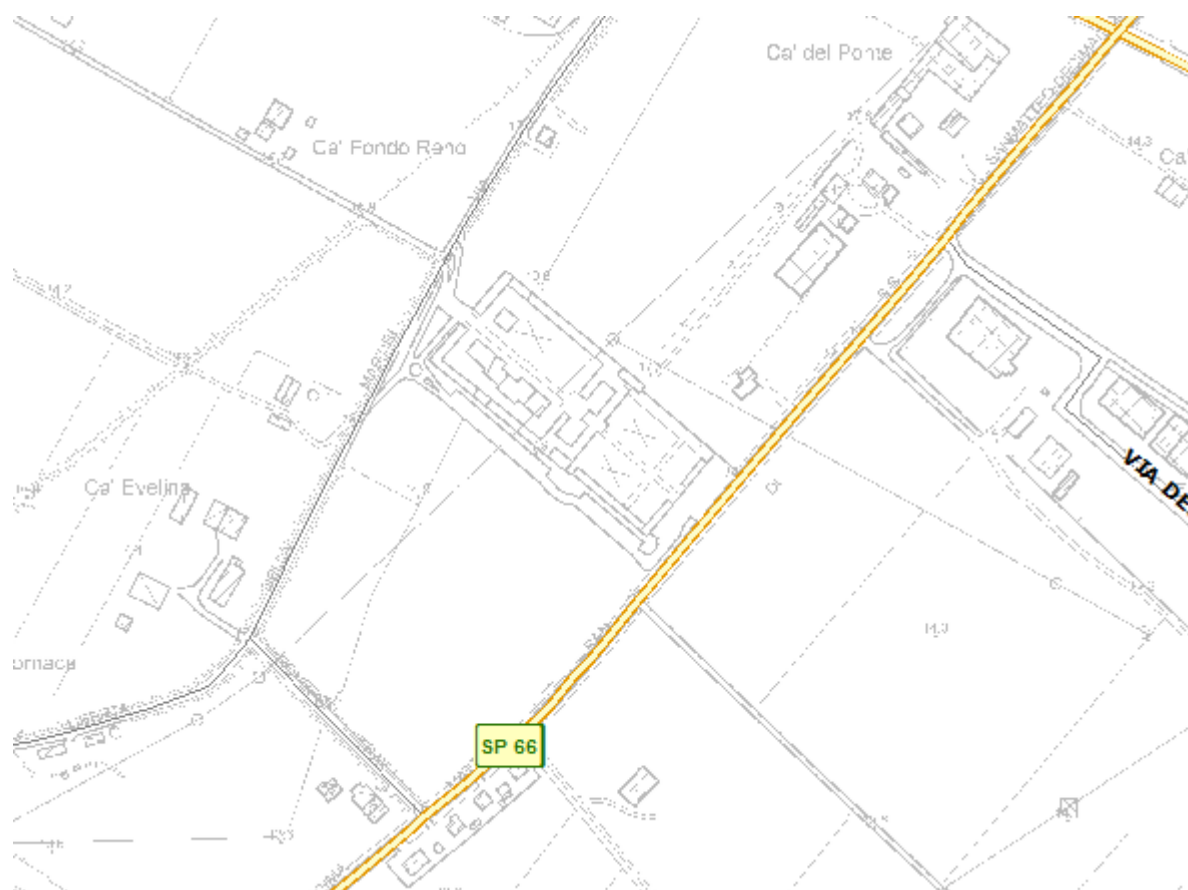
*Il Cimitero Comunale di Sant'Agostino è una costruzione precedente alle normative sopracitate. Come tutte le opere strategiche per la protezione civile avrebbe dovuto essere adeguato all'azione sismica secondo la Delibera GR 936/2008 e 1661/2009.*

### 3. MODELLO GEOLOGICO

#### 3.1. Ubicazione dell'area



*Planimetria a scala 1: 12.500 circa (da CTR)*



*Planimetria a scala 1: 5.000 (da CTR)*



*Planimetria a scala 1: 5.000 (da Bing Maps)*



*Planimetria catastale a scala 1: 2.000*



### 3.2. Inquadramento geologico del sito

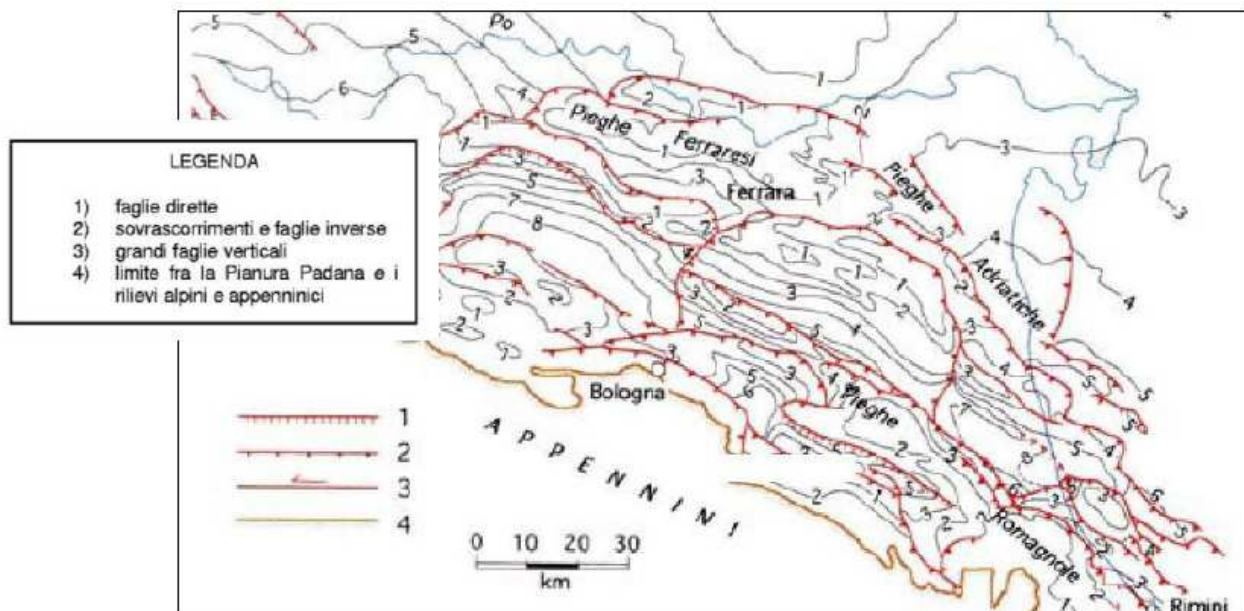
#### 3.2.1. Assetto strutturale e sismicità

Il territorio della provincia di Ferrara è parte dell'ampio bacino subsidente padano in cui, a partire dal periodo Cenozoico, si sono riversati i sedimenti provenienti dall'erosione della catena alpina e degli Appennini e il cui assetto deve essere visto nel suo complesso di substrato roccioso e coltre alluvionale.

Il substrato roccioso costituisce il margine della struttura nord-appenninica formatasi a partire dalla fine dell'era mesozoica con l'avvicinamento del Margine europeo a quello Insubro-appenninico e il formarsi delle prime catene montuose nel Cretaceo-Eocene consistente nella formazione di coltri dovute alla subduzione della crosta continentale con il suo successivo riaffioramento in superficie a causa della minore densità rispetto alla crosta oceanica e al mantello stesso.

Nell'Oligo-Miocene, con la completa consunzione della crosta oceanica, la deformazione interessa la crosta continentale. In questa fase si ha un trasporto del margine interno, tirrenico, verso quello esterno, adriatico, fino all'apertura, nel tardo Miocene, del Bacino Tirrenico.

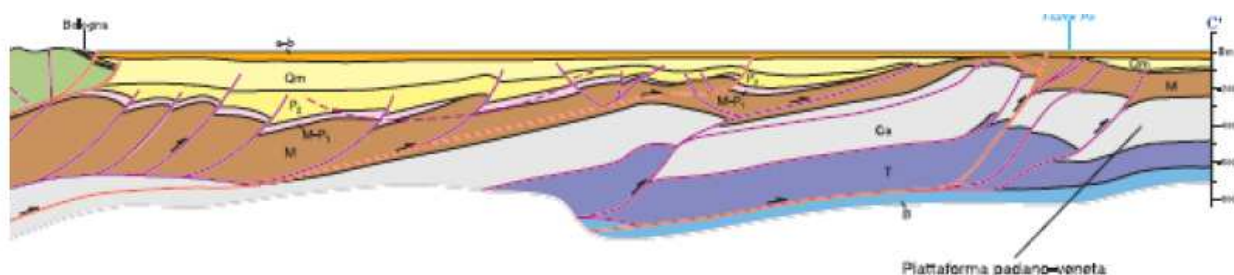
Il Sistema Nord-appenninico è contraddistinto, e si riconoscono ancora ora (Boccaletti et al., 1984), da una serie di strutture omogenee longitudinali: il margine interno tirrenico, il margine esterno adriatico, una parte sepolta sotto la coltre alluvionale padana, l'omoclinale pede-alpina.



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

Queste strutture longitudinali hanno subito dislocazioni individuate in lineamenti trasversali.

Le strutture che interessano la provincia ferrarese appartengono alla catena esterna nella sua parte sepolta. Essa presenta sovrascorrimenti pede-appenninici attivi dal tardo Miocene fino ad ora, che si presentano come una tipica struttura da ambiente compressivo, a ventaglio embriciato, il cui scollamento principale si trova alla base delle successioni mesozoiche.

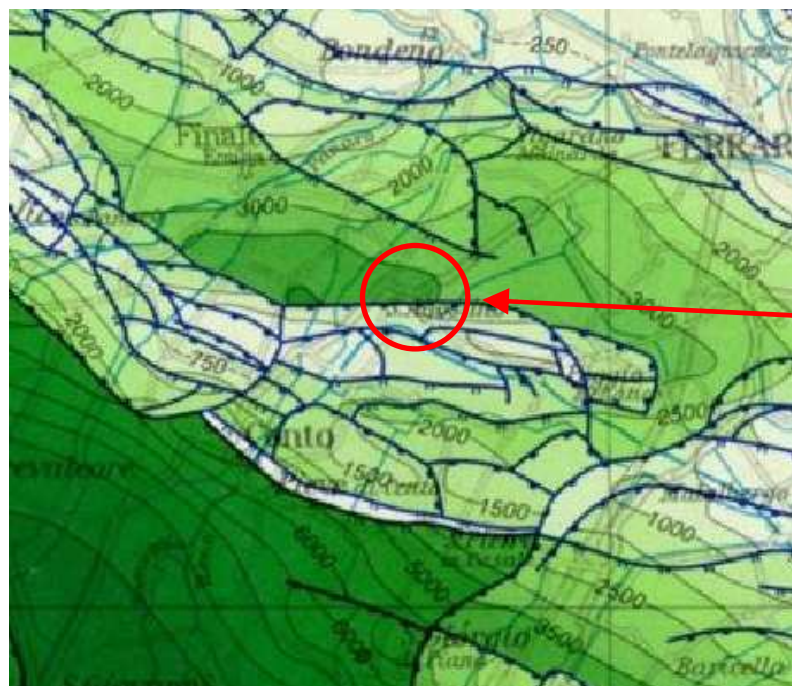


I cunei sinsedimentari ricoprono e fissano le strutture tettoniche permettendone la datazione. Risulta che le fasi tettoniche più accentuate si sono verificate tra il Messiniano e il Pliocene inferiore (5 ml di anni fa) e alla fine del Pliocene (2 ml di anni fa), mentre il Quaternario mostra ondulazione accentuata fino al Pleistocene medio superiore, non escludendo una attività olocenica (Castellarin et al., 1985).

La sedimentazione avvenuta contemporaneamente agli avvenimenti tettonici, è stata di ambiente marino nel Pleistocene medio e inferiore a causa della continua subsidenza seguita dal ritiro del mare a più riprese.

In seguito, per la regressione wurmiana dell'ultima era glaciale, si ha la conseguente sedimentazione continentale e quindi la trasgressione olocenica che interesserà la parte orientale della struttura, in subsidenza rispetto all'alto strutturale della dorsale.

Ne consegue pertanto un assetto tettonico prepliocenico molto vario, con profondità del substrato dai 2700 metri del sinclinorio di Ferrara sud, ai 202 metri del Pozzo Casaglia 1 della Dorsale Ferrarese.



S. Agostino, dai 3000 ai 4000 metri di sedimenti post-oligopliocenici



Da livellazioni della rete altimetrica nazionale, è stato riscontrato un movimento di subsidenza generale e differenziale per cui l'alto di Casaglia si sarebbe ulteriormente sollevato rispetto alle fasce circostanti, in accordo con recenti studi neotettonici e dati sismici che indicano la presenza di una faglia trascorrente attiva a direzione NE – SW.

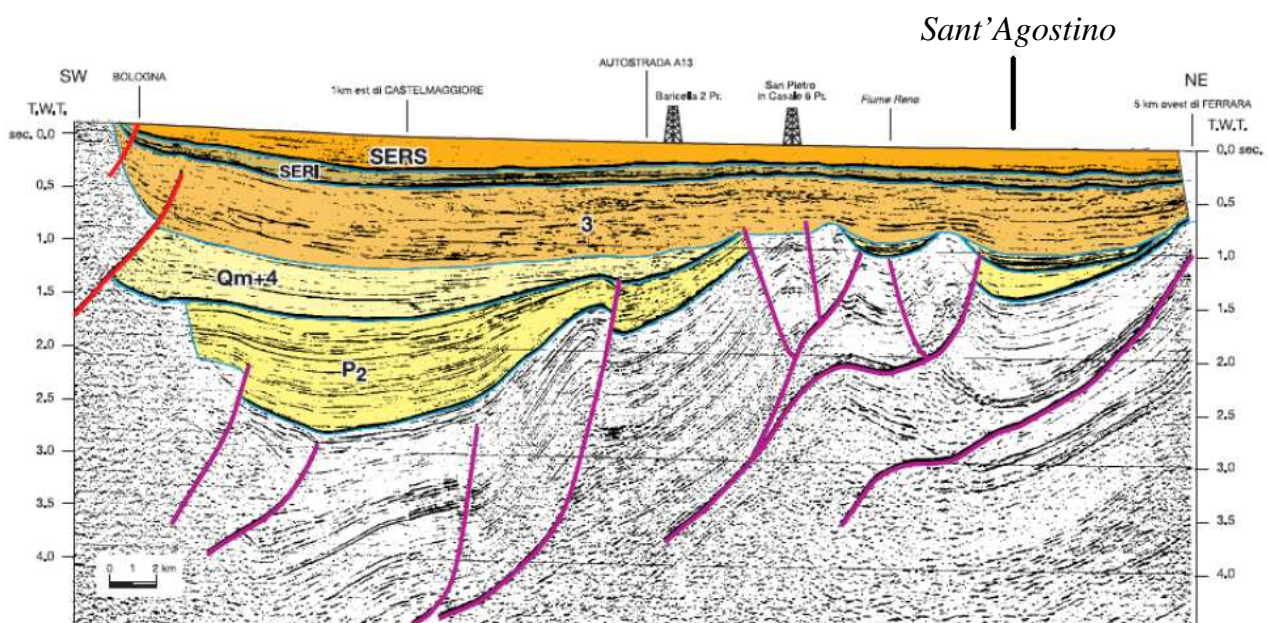
Una maggiore testimonianza dell'attività Quaternaria (Olocenica), è data senza dubbio dallo spostamento dell'alveo principale del Po verificatosi nel XII secolo d.C. con la rotta di Ficarolo. Prima di tale spostamento l'alveo attraversava la zona della dorsale tra Ficarolo e Ospitale di Bondeno (Burrato et al., 2003).

Inoltre, dai confronti dei dati sulla neotettonica (Bondesan e Castellani) e da recenti studi sismici (Agip, carta dei riflettori), si deduce la presenza di una faglia trascorrente, a direzione NE-SW, probabilmente ancora attiva.

Infine, dall'analisi delle linee sismiche che attraversano la zona (Agip), gli accavallamenti più vecchi sono a Sud, mentre quelli più recenti sono a Nord del cuneo di accrezione, quindi una eventuale attività Quaternaria sarebbe logico aspettarsela proprio nella zona della dorsale.

Per quanto riguarda i rigetti, il piano principale di sovrascorrimento fa registrare un rigetto di almeno 2800 m, in quanto si ritrova il Cretaceo sotto la Dolomia Principale (Trias); per quanto riguarda il Quaternario si trovano rigetti sensibilmente minori, ma comunque molto marcati: basti pensare che nel pozzo Casaglia 1 si hanno 200 m di potenza della coltre alluvionale, mentre nel Ferrara 1 si ha una potenza di 900 m.

L'alto strutturale di Casaglia, limitato da due faglie inverse, si inquadra in un ambiente tettonico di tipo compressivo, con piani di scollamento sempre più ripidi da nord a sud, situazione che conferma la successione temporale degli avvenimenti da sud a nord e quindi non esclude la possibilità di una eventuale attività quaternaria proprio nella zona nord del cuneo di accrezione.



AGIP – sezione sismica

### 3.2.2. Modello geomorfologico e idrogeologico

Come detto l'elemento morfologico di maggiore rilevanza sul territorio di S.Agostino è il paleoalveo del fiume Reno, con andamento Sud-Ovest / Nord-Est, sede storica dei primi insediamenti antropici del territorio.

La storia del fiume Reno risulta complessa ed è difficile dare datazioni certe a riguardo dei vari avvenimenti. Verso il 1520, a seguito di una rotta avvenuta a Sud-Ovest di Cento, il Reno veniva inalveato tra Cento e Pieve, diretto dapprima nelle valli di Galliera e poi per S.Agostino, Mirabello e Vigarano Mainarda. Da qui piegava verso Sud e disperdeva le sue torbide nelle valli di Poggio Renatico e di Malalbergo. In tal modo il Reno non figurava più tra gli affluenti di Po.

Un tentativo di riallacciare il Reno al Po venne praticato con la costruzione del canale Vigarano Mainarda - Porotto, completato nel 1526. Tale progetto però si risolse in un fallimento: 48 rotte nell'arco di 16 anni ed interrimento definitivo del Po di Ferrara prima della fine del secolo.

Ai primi del XVII sec. (1604) al Reno fu nuovamente ridata la libertà di spandersi nelle valli a Sud-Ovest di Ferrara. Da qui le sue acque venivano portate nel Po di Primaro a Marrara, tramite il Riazzo Cervella ed il Riazzo del Gallo unito alla Fossa Cembalina.

Nella prima metà del XVIII sec. si verificava la Rotta Panfilia (o Rotta Panfili), due chilometri a Sud-Ovest di S.Agostino ed iniziava così a delinearsi il Reno attuale con l'immissione di uno dei canali di rotta nel Cavo Passardo.

Tra il 1771 ed il 1772 venne realizzata la sistemazione attuale attraverso la costruzione di un drizzagno tra la Rotta Panfilia ed il Cavo Passardo e l'inalveamento dal Cavo Passardo al Cavo Benedettino (quest'ultimo, costruito tra il 1745 ed il 1750, avviava le acque di Reno che decantavano nelle valli a Sud-Ovest di Ferrara, nel vecchio Po di Primario).

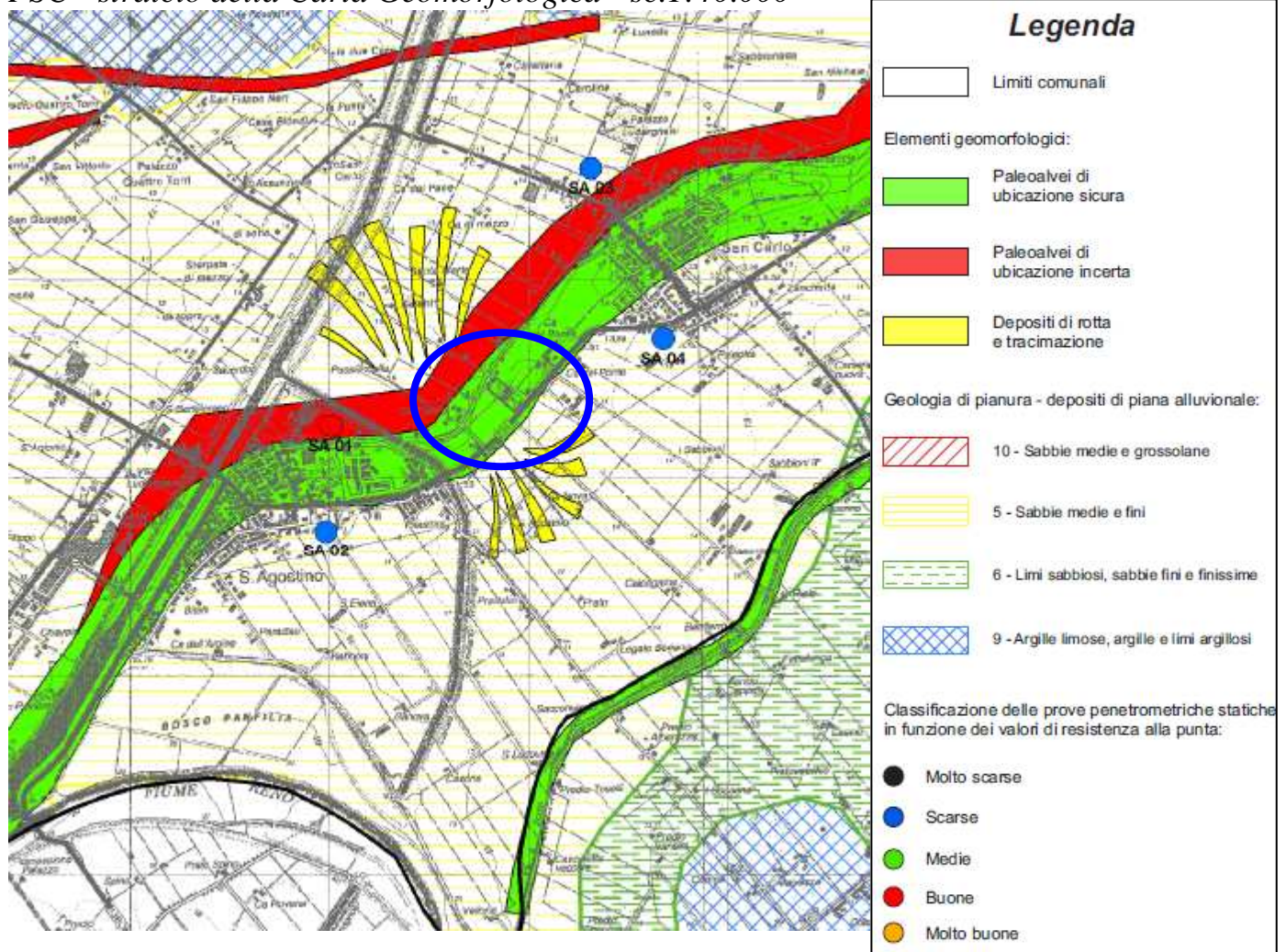
A Sud di Cento, dopo il 1520, si segnalano solo mutamenti di secondaria importanza: il taglio di volta Reno (XIX sec.)e, più antico (XVII sec.), il drizzagno tra la confluenza Samoggia - Reno e Cento.

Un ultimo cenno riguarda la costruzione di un'opera idraulica che attraversa, con direzione Sud Sud-Ovest / Nord Nord-Est, il territorio comunale: il Cavo Napoleonico. Questo canale, la cui costruzione fu ordinata da Napoleone nel 1805, doveva servire a portare in Po le acque di Reno, prese alla Panfilia, dopo averle immesse in Panaro a Bondeno. Questo tracciato, che risulta tale anche dalle tavolette *I.G.M. - F.75 - II - NE* S.Agostino e *F.75 - I - SE* Bondeno, non venne in realtà mai utilizzato. Con la definitiva sistemazione effettuata dopo la seconda Guerra Mondiale, il Cavo Napoleonico a Sud di Bondeno venne fatto deviare immediatamente ad oriente del Panaro ed allacciato direttamente nel Po.

Com'è noto il Canale serve ora come cassa d'espansione delle acque di Reno e come canale di prelievo delle acque del Po ai fini irrigui; rappresenta infatti il tratto più settentrionale del Canale Emiliano Romagnolo.



*PSC - stralcio della Carta Geomorfologica - sc.1:40.000*

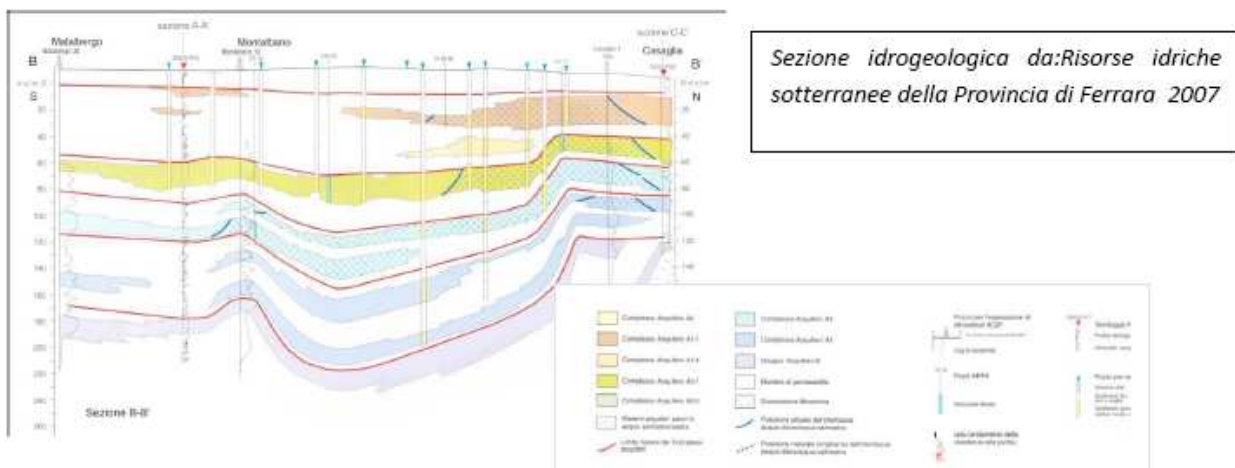


Il cimitero di Sant'Agostino, per quanto riguarda l'ampliamento, è ubicato sull'antico corso del fiume Reno; la parte più vecchia, dove è situato l'ingresso principale affacciatesi sulla strada provinciale, è ubicato nella zona di piana alluvionale.

Il microrilievo pone in evidenza questo assetto geomorfologico con quote di +15,00 del piazzale di ingresso sulla strada provinciale (area di piana) e +16,20 nella parte retrostante su via X Martiri, area arginale del corso del fiume.

Dal punto di vista idrogeologico si osserva che le sabbie dell'alveo sono sede di una falda libera per una profondità massima di 8-9 metri mentre i livelli sabbiosi intercalati nelle argille più o meno limose sottostanti sono sede di piccole falde in pressione.

L'acquifero interessato è il Gruppo Acquifero A, Complesso Acquifero A0, Sistema Acquifero Freatico. Esso è contenuto nelle sabbie e limi dei depositi di piana continentale, con spessore e caratteristiche localmente variabili. E' limitato al letto da limi e argille di notevole potenza, tanto che l'acquifero conosciuto e captato, del Complesso Acquifero A2-I ha una profondità del tetto intorno ai 40-50 metri.



Nell'acquifero freatico sono perforati numerosi pozzi ad uso domestico. Il livello statico medio è intorno a 1,50-2,00 metri dal piano campagna ma nella primavera 2012 la forte siccità aveva mantenuto particolarmente basso questo livello.

Anomalie si sono verificate durante la scossa sismica quando i pozzi hanno subito il sisma comportandosi come vie preferenziali di depressurizzazione con fuoriuscita di acqua e sabbia; attualmente il livello della freatica ha ripristinato le normali condizioni.

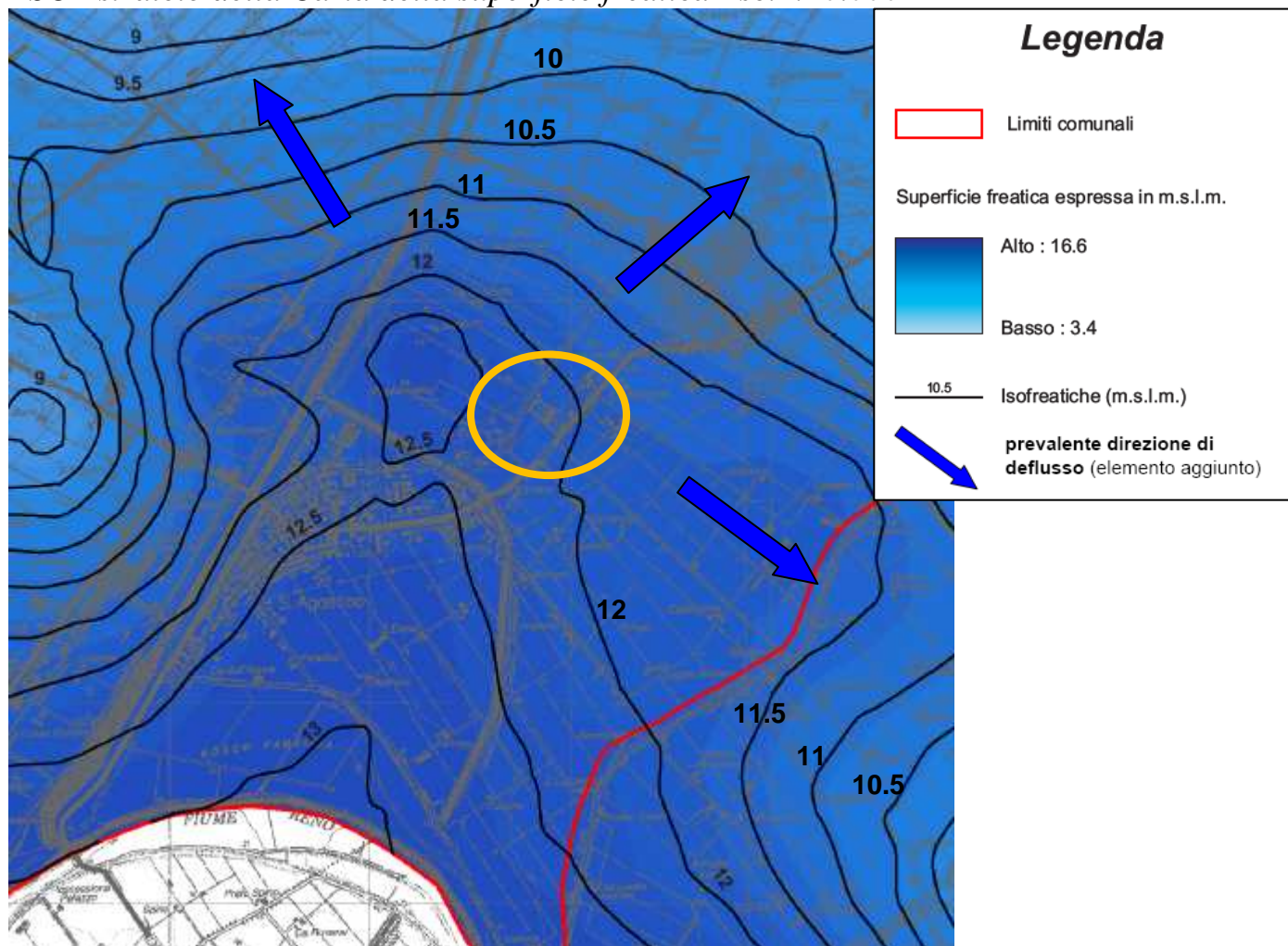
Di seguito si riporta uno stralcio a scala 1:40.000 della Carta della superficie freatica allegata al PSC Comunale di S.Agostino.

*L'analisi dello stralcio dell'elemento tematico evidenzia, per l'area in esame, una notevole complessità idrogeologica legata alla presenza di un "alto idrogeologico" ed allo spartiacque sotterraneo legata al paleoalveo di Reno; nel dettaglio si osserva la prevalente direzione della tavola d'acqua verso Nord Nord Ovest, in contrapposizione ad una diretta verso Sud Est ed una diretta verso Nord Est.*

*Il gradiente idraulico caratterizzante le varie tavole d'acqua risulta essere del 2% circa .*



*PSC - stralcio della Carta della superficie freatica - sc.1:40.000*



### 3.3. Quadro sismico locale

#### 3.3.1. Sismicità storica

La zona interessata dalla sequenza sismica è caratterizzata da una modesta sismicità storica, così come riportata dai Cataloghi.

In realtà la cronaca del tempo (Giacomo da Marano, XIV sec.) riporta di un forte terremoto a Ferrara nel 1346, quando il 22 Febbraio “*cascarono molte case, palazzi e torri...e nelle ville casamenti, fenili, pieze et altri edifitii*”. L’evento fu risentito anche a Modena l’8 Febbraio (Giovanni da Bazzano, XV sec.) e forse in altre città della pianura padana per cui si potrebbe trattare di una sequenza protrattasi per diversi giorni.

Così è stato anche per il terremoto del 1570 di magnitudo calcolata pari a 5.5 che non è dovuto alle medesime due strutture interessate attualmente ma ad una struttura più orientale. L’evento principale del 17 novembre diede comunque inizio ad una sequenza sismica lunga quattro anni. La documentazione storica, oltre agli effetti distruttivi su edifici e monumenti, ricorda, riguardo quegli eventi sismici, una brusca variazione nel livello del Po a Stellata e fenomeni di liquefazione dei terreni.

Si ricordano gli eventi successivi del 1695 (M=4), del 1743 (M=4.6) e del 1787 (M=4) a Ferrara e del 1908 e 1922 nella zona di Cento. Maggiormente interessata da eventi sismici è l’area modenese colpita dal terremoto dell’8 maggio 1987 di magnitudo M = 4.6.

Anno	Epicentro	Intensità epicentro
1234	FERRARA	7.0
1249	MODENA	6.5
1285	FERRARA	6.5
1346	FERRARA	7.5
1410	FERRARA	6.5
1425	FERRARA SUD	6.0
1474	MODENA	6.0
1508	FERRARA SUD	6.0
1561	FERRARA	5.5
1570	FERRARA	7.5
1574	FINALE EMILIA	7.0
1695	FERRARA	5.5
1743	FERRARA	6.5
1780	BOLOGNESE	5.5
1834	BOLOGNA	5.5
1922	CENTO	3.5
1928	CARPI	6.5
1967	CORREGGIO	5.5
1986	BONDENO	6.0
1996	CORREGGIO	7.0

*Dall’ elenco dei terremoti riportati nel catalogo parametrico dei terremoti italiani*



### 3.3.2 L'evento sismico del maggio 2012

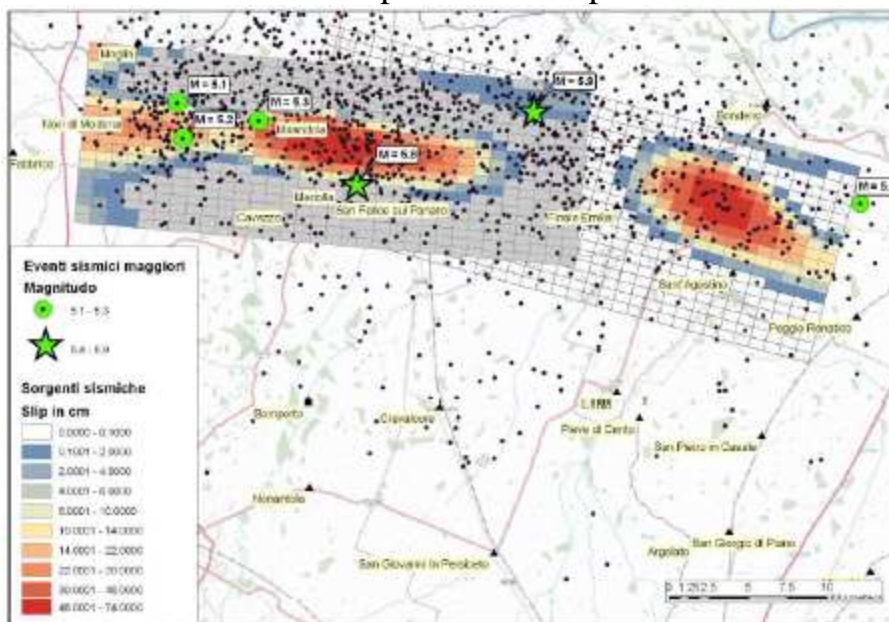
Un terremoto di Magnitudo  $M_L = 5.9$  secondo INGV, è avvenuto il giorno 20 maggio 2012 alle ore 4.03 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, Lat. 44,89°N, Long. 11,23°E, c.a 20 Km dall'area di Sant'Agostino, alla profondità di Km 6,3, preceduto da un episodio di  $M_L = 4.1$  alle ore 1.13.

Sono seguite numerose repliche fra cui una scossa di  $M_L = 4.9$  alle ore 7.30 e una di  $M_L 5.1$  alle ore 15.18. Le due scosse principali di magnitudo 5.9 e 5.1 hanno epicentri allineati NW-SE, distanti c.a 10 Km e la sismicità è distribuita lungo un'area allungata per c.a 40 Km con direzione simile.

Il 29 maggio alle ore 9.30 una scossa  $M_L = 5.8$  con epicentro alla profondità di Km 10,2 si è verificata in provincia di Modena nel comune di Medolla, Lat. 44.85°N, Long. 11.09°E, con replica alle ore 12.55 con  $M_L = 5.3$  ed epicentro alla profondità di 6,8 Km, seguita il 3 giugno alle ore 21.20 da una scossa  $M_L = 5.1$  con epicentro alla profondità di Km 9,2, Lat. 44.90°N, Long. 10.94°E, con spostamento quindi del fenomeno verso ovest.

tabella dei terremoti con M>5 (aggiornata al 13 luglio 2012)						
data	ora UTC (ora locale)	latitudine	longitudine	profondità	magnitudo	fonte
20/05/2012	02:03:52 (04:03:52)	44.889	11.228	6.3	5.9	iside.rm.ingv.it
20/05/2012	02:07:31 (04:07:31)	44.863	11.370	5.0	5.1	iside.rm.ingv.it
20/05/2012	13:18:02 (15:18:02)	44.831	11.490	4.7	5.1	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	07:00:03 (09:00:03)	44.851	11.086	10.2	5.8	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	10:55:57 (12:55:57)	44.888	11.008	6.8	5.3	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	11:00:25 (13:00:25)	44.879	10.947	5.4	5.2	iside.rm.ingv.it
03/06/2012	19:20:43 (21:20:43)	44.899	10.943	9.2	5.1	iside.rm.ingv.it

La sequenza sismica è continuata con più di 2000 repliche.



Le due sequenze sono legate a due strutture compressive del margine appenninico. Per ambedue le sequenze di eventi il meccanismo focale è di tipo compressivo con direzione di massima compressione NS e orientazione dei piani di faglia EW.

### *3.3.3 Analisi postsismica del territorio*

A seguito delle scosse sismiche del 20 maggio 2012 in una fascia di territorio dei comuni di Sant'Agostino, Mirabello e Vigarano corrispondente all'ambito del sistema paleofluviale del fiume Reno si sono riscontrati particolari effetti di sito.

Lungo tutto l'argine del paleoalveo del Reno, da Vigarano a Sant'Agostino, si sono aperte fratture con andamento parallelo e direzione NE-SW che, anche se non collegabili direttamente a discontinuità strutturali profonde, sono dovute verosimilmente a effetti legati alle sollecitazioni di trazione che si accompagnano alla propagazione delle onde sismiche.

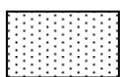
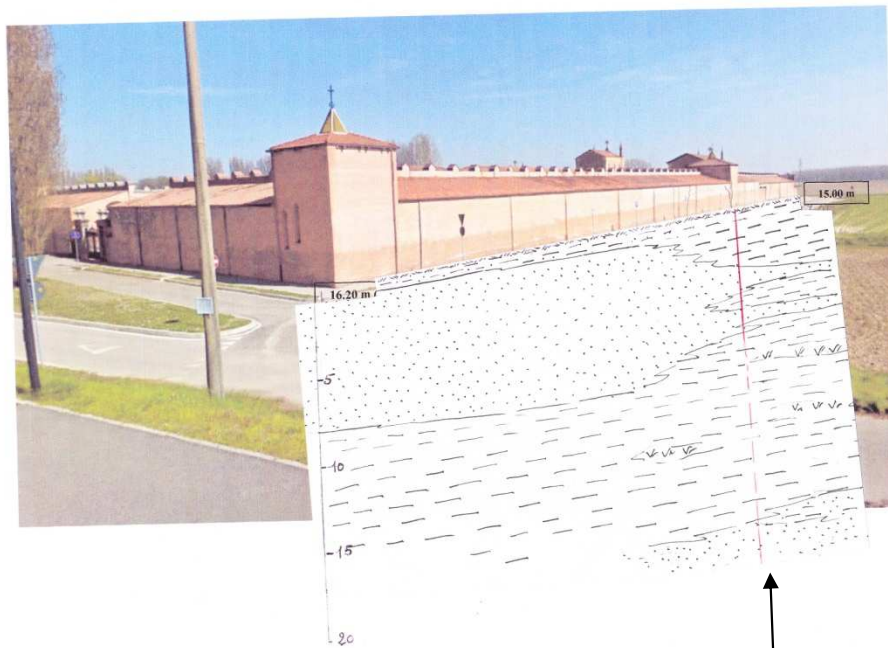
Dalla bibliografia specializzata si legge che osservazioni sperimentali hanno evidenziato che le fratture nel sottosuolo si ripropongono negli stessi posti dove si sono verificate in concomitanza di terremoti passati.

Altro evento accaduto è quello della liquefazione, fenomeno geotecnico per il quale terreni granulari in falda per le sovrappressioni indotte dall'evento sismico assumono un comportamento fluido. Nella zona si sono rilevate ampie zone di sabbie liquefatte, visibili nella campagna ed all'interno dell'area cimiteriale, a seguito della liquefazione dei sedimenti del banco superficiale in presenza di falda, e liquefazione di livelli sabbiosi intercalati nelle argille più o meno limose del banco sottostante, sede di piccole falde in pressione, localmente fuoriuscite attraverso le fessure sopracitate.

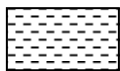
Altro fenomeno dovuto al sisma e alla presenza di una falda superficiale captata da pozzi, è stato quello del sifonamento attraverso questi pozzi con fuoriuscita abbondante di sabbia grigia e acqua.

Nella zona adiacente il Cimitero gli effetti sismici sopracitati sono stati studiati dal gruppo di ricerca del prof. Riccardo Caputo dell'Università di Ferrara, Dipartimento Scienze della Terra, attraverso l'analisi di una trincea avente orientamento SE-NW, perpendicolarmente all'argine destro del corso del fiume Reno, e che ha raggiunto una profondità di 5-6 metri. Il risultato interessante di tali osservazioni è la presenza di paleofratture riempite di sabbia, anche se non sempre arrivata fino alla superficie, testimonianze di fenomeni di fratturazione e liquefazione dovuti a eventi sismici del passato.

Il cimitero di Sant'Agostino è ubicato in parte sull'antico corso del fiume Reno per quanto riguarda l'ampliamento e, nella parte più vecchia dove è l'ingresso principale sulla strada provinciale, nella zona di piana alluvionale.

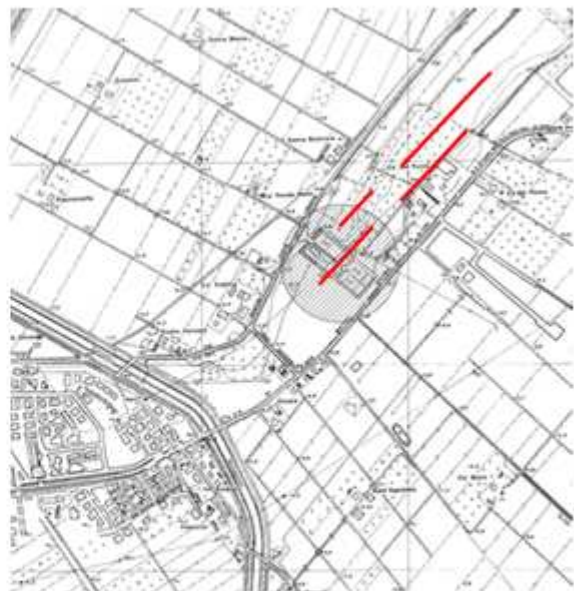


sabbia



argilla

frattura



Paleoalveo del Reno



fratture

Per l'area cimiteriale, gli effetti postsismici riscontrati sono stati sia di fratturazione che di liquefazione.



*effetti della fratturazione e liquefazione del 20 maggio*

Nella zona si sono verificate infatti una serie di fratture parallele ampiamente descritte nelle pubblicazioni del dopo terremoto e nella porzione che ha interessato il cimitero è fuoriuscita una gran quantità di sabbia grigia e acqua.

Il livello della falda nel luglio 2012, dato il forte periodo siccitoso, è stato misurato a profondità superiore ai quattro metri.

I terreni sabbiosi campionati nel sondaggio a m 3,20 e a m 7,00 rientrano nel fuso granulometrico soggetto alla liquefazione. Non si hanno analisi granulometriche e litologiche della sabbia fuoriuscita durante l'evento sismico per poter appurare a quale livello potesse essere correlata.



I segni della frattura sono ben visibili nel piazzale a lato sud ovest con gli effetti anche sulle costruzioni, muratura esterna e cappelle interne.



Considerando quindi il particolare effetto di sito riscontrato nell'area del Cimitero di Sant'Agostino si può concludere quanto segue:

- il cimitero è ubicato per la parte più recente sulle sabbie sedimentate nel letto del Reno e per la parte di prima costruzione sui terreni argilloso-limosi della piana alluvionale;
- il microrilievo pone in evidenza questo assetto geomorfologico con quote pari a +15,00 m. relative al piazzale di ingresso sulla strada provinciale (area di piana) e di +16,20 m. nella parte retrostante su via X Martiri (insistente sul corso del paleoalveo);
- il sisma del 20 marzo ha creato una serie di fratture parallele, visibili da Sant'Agostino a Mirabello, una delle quali ha interessato il Cimitero separando quasi nettamente la parte vecchia dalla nuova;
- i sedimenti granulari immersi in falda hanno subito per effetto del sisma il fenomeno della liquefazione con una ingente fuoriuscita di sabbia grigia e acqua; la grande quantità di materiale e la scarsa quantità di acqua dell'acquifero superficiale, farebbe pensare che siano stati interessati anche i livelli sabbiosi più profondi (da m. 15,00 dal p.c.) dato che in corrispondenza della zona di fratturazione in superficie non sono stati rilevati terreni granulari se non in modesti livelli di intercalazione;
- la fratturazione pare essere avvenuta al limite fra la zona arginale e la zona della piana alluvionale;
- la liquefazione dei livelli granulari e la fratturazione interessante i limi argillosi e le argille sovrastanti fa presumere possa verificarsi il fenomeno di *lateral-spread*.

#### **4. INDAGINI IN SITO E ANALISI DI LABORATORIO**

In osservanza alle NTC 2008, punto 6.6.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica, che specificano che “I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l’interpretazione dei risultati di prove e misure in sito”, si è definito un Piano delle Indagini che ha previsto l’esecuzione di una Indagine geognostica e una Indagine geofisica.

I campioni prelevati nel sondaggio geognostico sono stati esaminati dal Laboratorio Analisi Terre.

##### **4.1. Indagine geognostica**

E’ consistita nell’esecuzione di :

**- Ditta SILGEO Sas di Ferrara**

un sondaggio a carotaggio continuo spinto sino a 15.00 m. dal p.c., con sonda idraulica Atals Copco A30 munita di carotiere semplice di diametro 101 mm; la carota di terreno prelevata è stata posta in cassette portacampioni in PVC.

Durante l’esecuzione del sondaggio, sono stati prelevati n.6 campioni rimaneggiati di terreno; su 5 di tali campioni sono stati eseguite analisi fisico-meccaniche di Laboratorio Terre; i certificati delle prove sono riportati in *Appendice*.

All’interno del foro di sondaggio è stato infisso un piezometro in HDPE fenestrato sino alla profondità di 10.00 metri dal p.c.

**- Ditta Geplan Sas di Canaro (Rovigo)**

n.1 prova penetrometrica statica (CPT) utilizzando un penetrometro tipo Deep Drill SP100 montato su autocarro 4x4, munita di punta meccanica Begemann.

L’indagine geognostica è consistita inoltre nella rielaborazione di verifiche geotecniche già eseguite in precedenza:

**- Ditta SGM Srl di Ferrara**

n.4 prove penetrometriche statiche (CPT) utilizzando un penetrometro tipo Gouda da 120 kN, munita di punta meccanica Begemann.

**- Ditta Demetra Srl di S.Agostino (Ferrara)**

n.1 prova penetrometrica statica (CPT) utilizzando un penetrometro tipo Pagani da 100/200 kN, munita di punta meccanica Begemann.

L’ubicazione di tutte le prove è riportata in *Appendice* alla *Carta ubicazione prove e sondaggio*

Le caratteristiche tecniche delle strumentazioni utilizzate e le legende dei dati forniti sono riportate in *Appendice* in *Elaborati prove*

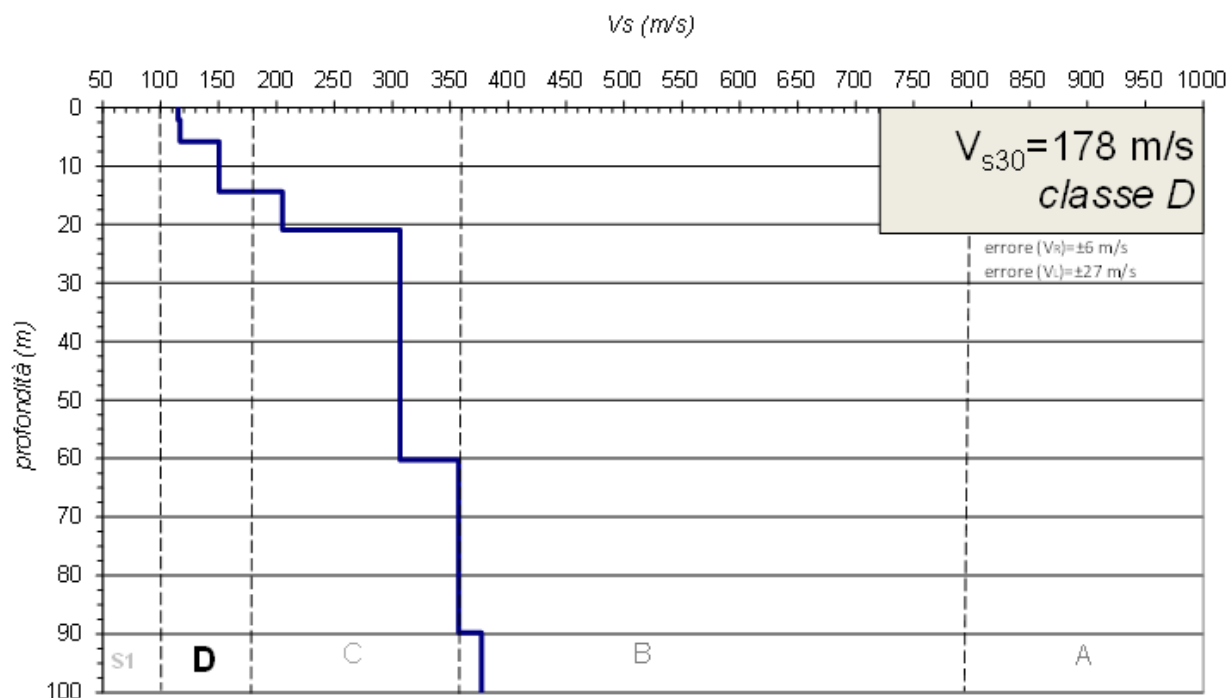


## 4.2. Indagine geofisica

E' stata eseguita dalla Ditta Te.Am.Geofisica srl una Indagine sismica con la tecnica dei microtremiti (SPAC) per la determinazione della  $V_{s30}$ , cioè della velocità delle onde secondarie fino alla profondità di 30 metri.

La Relazione del dr. geof. Nasser AbuZeid è riportata in allegato.

Lo stendimento di 24 geofoni è stato eseguito a L al margine del cimitero di Sant'Agostino.



*Profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico. In base al modello sismico è stata determinata la  $V_{s30}$  che risulta pari a  $178 \text{ m/s} \pm 6 \text{ m/s}$ .*

Il modello elaborato indica la presenza di otto sismo-strati.

Da tale modello sismico è stata ricavata la velocità  $V_{s30}$  risultata pari a 178 m/s; il che colloca il sottosuolo in CLASSE D dei terreni di fondazione (*"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s, ovvero  $N_{spt30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $Cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina"*).

La relazione su brevemente descritta è riportata integralmente in *Appendice - Indagine Geofisica*

#### 4.3. Analisi di laboratorio terre

I campioni prelevati nel sondaggio geognostico sono stati analizzati nel Laboratorio Geotecnico del Dott. A.Mucchi di Gualdo (Ferrara).

Su n.5 campioni sono state eseguite le analisi seguenti:

Campione	Granul. per setacciatura	Granul. per setacc. e aerom.	Limiti Atterberg	Taglio diretto
<b>S1 C1</b>			<b>X</b>	
<b>S1 C2</b>			<b>X</b>	
<b>S1 C3</b>		<b>X</b>		<b>X</b>
<b>S1 C5</b>	<b>X</b>			
<b>S1 C6</b>			<b>X</b>	

I risultati sono riportati nelle schede allegate in *Appendice - Analisi Laboratorio Terre*

Riguardo la classificazione dei terreni granulari, le schede ne riportano anche la collocazione nel fuso granulometrico indicante la possibilità di liquefazione.

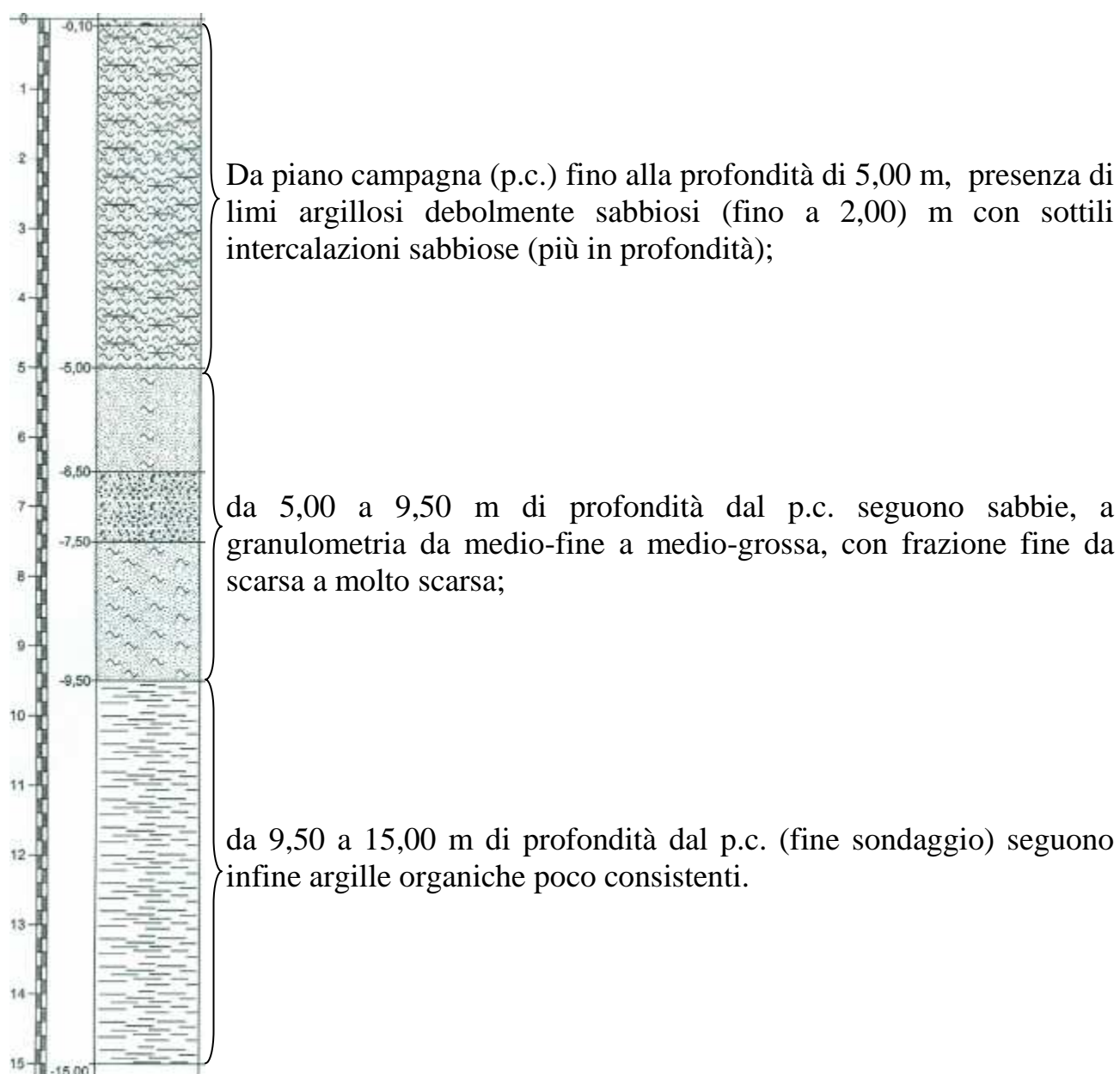
## 5. MODELLO GEOTECNICO

Riguarda la caratterizzazione e la modellazione geotecnica basata sui risultati delle indagini effettuate per rappresentare le condizioni stratigrafiche, il regime delle pressioni interstiziali e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo.

In *Appendice* la Relazione integrale dell'Ing. R. Zoppellaro di Villanova del Ghebbo (Rovigo).

### 5.1. Categoria di sottosuolo e parametri sismici e geotecnici

#### 5.1.1. Successione litologica



### 5.1.2. Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica basandosi sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento.

Questa classificazione si basa sui valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità. L'indagine sismica effettuata con la tecnica SPAC, ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (circa 100 m).

Il valore medio di  $V_{s30}$  risulta pari a 178 m/s per cui il sottosuolo è posto in Classe D *“Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s”*.

Questi terreni sono suscettibili di liquefazione, come è stato verificato sia dagli effetti del sisma che dalle analisi di laboratorio, per cui si classificano nelle categorie aggiuntive di sottosuolo come S2.

Per i sottosuoli appartenenti a queste categorie la Norma tecnica stabilisce la necessità di predisporre *“specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno”*.

### 5.1.3. Parametri sismici

Definizione delle forme spettrali definite dal DM 14.1.08 ( $a_g - F_0 - T_c^*$ )

Secondo le Norme Tecniche vigenti le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica di base si definisce con

- $a_g$       accelerazione orizzontale massima attesa
- $F_0$       valore del fattore di amplificazione
- $T_c^*$       periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Questi valori sono forniti per tutti i siti italiani in allegato alle Norme Tecniche. Essi si ricavano utilizzando le informazioni disponibili riguardo il reticolo di riferimento per il sito di progetto.



Dalla Mappa di Pericolosità Sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (di cui all'Ordinanza P.C.M. n. 3519/2006) risulta la seguente fascia di valori dell'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (valore riferito ad una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni – vedi **FIGG. 10-11**):

$$a_g = 0,150 - 0,175 \text{ g.}$$

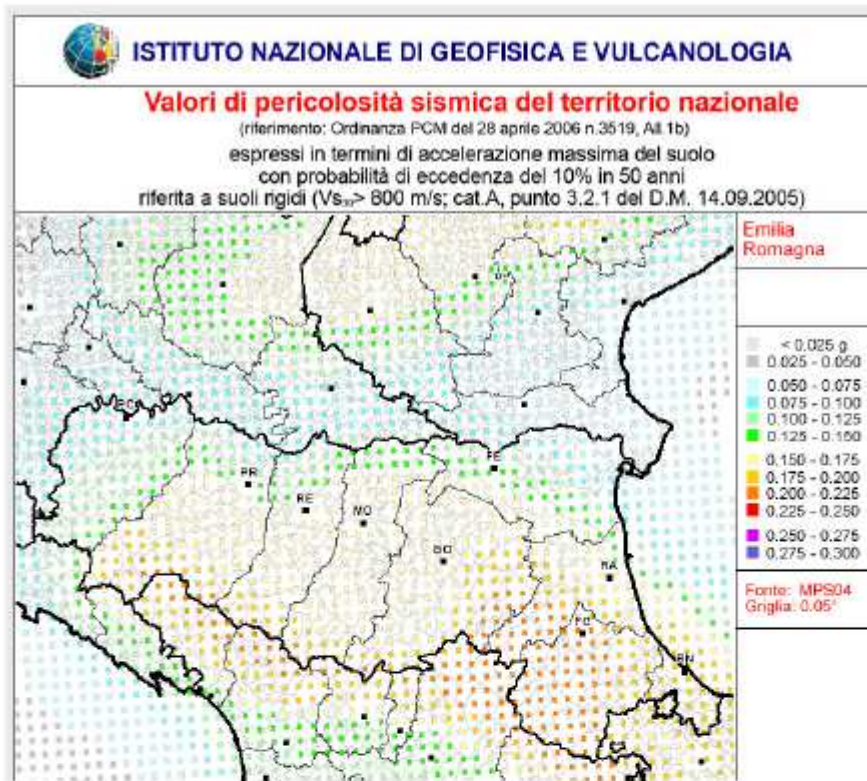


FIG. 10

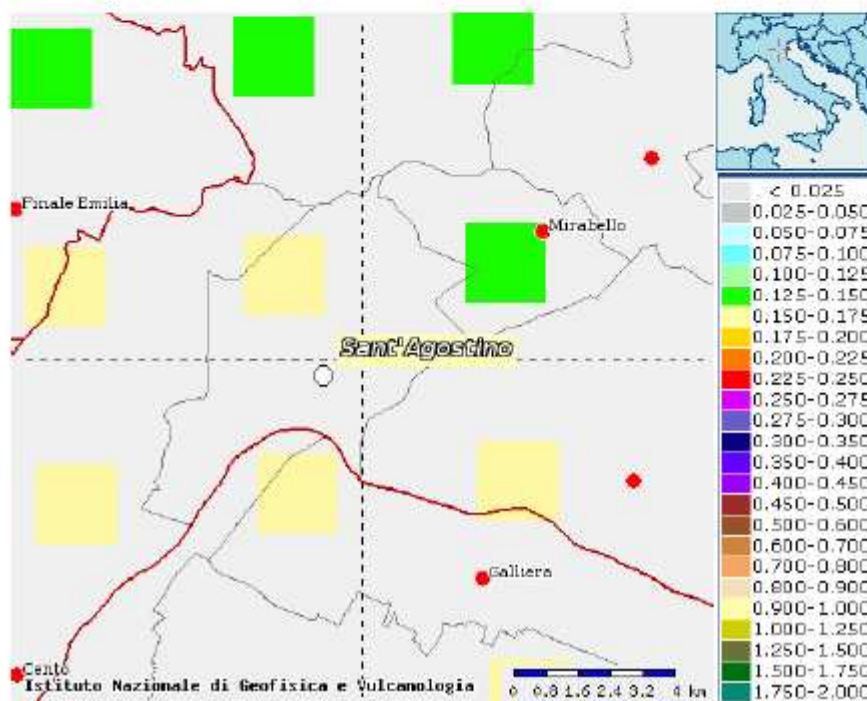


FIG. 11

Nella Tabella 1 della Relazione Geotecnica allegata vengono riportati i valori dei parametri per vari periodi di ritorno  $T_R$

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,040	2,547	0,255
50	0,053	2,461	0,269
72	0,062	2,498	0,276
101	0,075	2,531	0,268
140	0,088	2,605	0,262
201	0,105	2,584	0,269
475	0,152	2,589	0,271
975	0,204	2,538	0,278
2475	0,292	2,437	0,292

**TABELLA 1**

Nella Tabella 2, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_c$ ,  $T_c$  per alcuni periodi di ritorno vengono associati ai vari Stati Limite

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0,050	2,478	0,266
SLD	75	0,064	2,502	0,275
SLV	712	0,180	2,560	0,275
SLC	1462	0,239	2,494	0,284

**TABELLA 2**

In attesa di più precise valutazioni, l'intervento in esame rientra nelle "Categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso", punto B2.1.6 "Chiese ed edifici aperti al culto", di cui all'allegato B della Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1661 del 2 novembre 2009.

Per la Classe d'uso di riferimento viene scelta la *Classe d'uso III*, trattandosi di opera che rientra nelle "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi .....", di cui all'allegato A della Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n.1661 del 2 novembre 2009 con coefficiente d'uso  $C_U = 1,5$ .

In merito al tipo di costruzione, l'intervento viene classificato di tipo 2 ("Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"), per la quale si prevede una vita nominale  $VN \geq 50$  anni

Nelle suddette ipotesi il periodo di riferimento VR per le azioni sismiche risulta conseguentemente pari a:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (C_U = 1,5)$$

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad V_R = 75 \text{ anni.}$$

Ciò considerato, il D.M. 14-01-2008 prevede, in mancanza di espresse indicazioni in merito, verifiche relative allo *stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV*, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento (VR) pari a:

$$PVR = 10\%.$$

In tale ipotesi, il periodo di ritorno dell'azione sismica:  $TR = - VR / \ln (1-PVR)$  risulta pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad V_R = 75 \text{ anni} \quad TR = 712 \text{ anni.}$$

L'interpolazione condotta per lo *stato limite ultimo SLV di salvaguardia della vita* secondo le modalità previste dal D.M. 14-01-2008, conduce ai seguenti risultati (vedi TABELLA 2):

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad T_R = 712 \text{ anni} \quad a_g = 0,180 \text{ g} \quad F_O = 2,560 \quad T_C^* = 0,275.$$

Il D.M. 14-01-2008 prevede inoltre, con riferimento agli stati limite di esercizio (in mancanza di espresse indicazioni in merito), verifiche relative allo stato limite di danno SLD, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento (VR) pari a:

$$PVR = 63\%$$

e con periodo di ritorno dell'azione sismica:  $TR = - VR / \ln (1-PVR)$  pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad V_R = 75 \text{ anni} \quad TR = 75 \text{ anni.}$$

L'interpolazione condotta per lo *stato limite di esercizio SLD di danno* secondo le modalità previste dal D.M. 14-01-2008, conduce ai seguenti risultati (vedi TABELLA 2):

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad T_R = 75 \text{ anni} \quad a_g = 0,064 \text{ g} \quad F_O = 2,502 \quad T_C^* = 0,275.$$

Per quanto concerne la valutazione della categoria di sottosuolo, è stata condotta un'indagine geofisica, con la tecnica SPAC ("Spatial Autocorrelation" - Aki 1957), che ha fornito il seguente valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nell'ambito dei primi 30 m:

$$Vs_{30} = 178 \text{ m/s.}$$

Tale valore, inferiore al limite di 180 m/s, implicherebbe una categoria di sottosuolo tipo D.

Dal momento però che sottosuolo in esame è stato oggetto di fenomeni di liquefazione, il D.M. 14 gennaio 2008 classifica il **sottosuolo** medesimo di **categoria S2** (*“Depositi d'interreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti”*), per la quale categoria *“è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno”*.

In questa sede, in assenza delle specifiche analisi richieste, ai soli fini delle valutazioni dei parametri sismici, la categoria di appartenenza del sottosuolo in esame (tipo S2) viene per semplicità assimilata al tipo D.

In tale ipotesi, con riferimento allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV**, nell'ipotesi ulteriore di categoria topografica T1 (terreno pianeggiante), secondo le indicazioni fornite dal D.M. 14-01-2008 risultano i seguenti valori dei parametri:

**categoria sottosuolo S2 (assimilato a categoria D)**

**vita nominale : VN = 50 anni**

**tempo di ritorno: TR = 712 anni**

accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A:  $a_g = 0,180 \text{ g}$

coefficiente di amplificazione stratigrafica:  $SS = 1,710$

coefficiente di amplificazione topografica:  $ST = 1,000$

coefficiente (funzione categoria sottosuolo):  $C_c = 2,385$

coefficiente di amplificazione sismica:  $S = SS \times ST = 1,710$

**accelerazione orizzontale massima al suolo:**

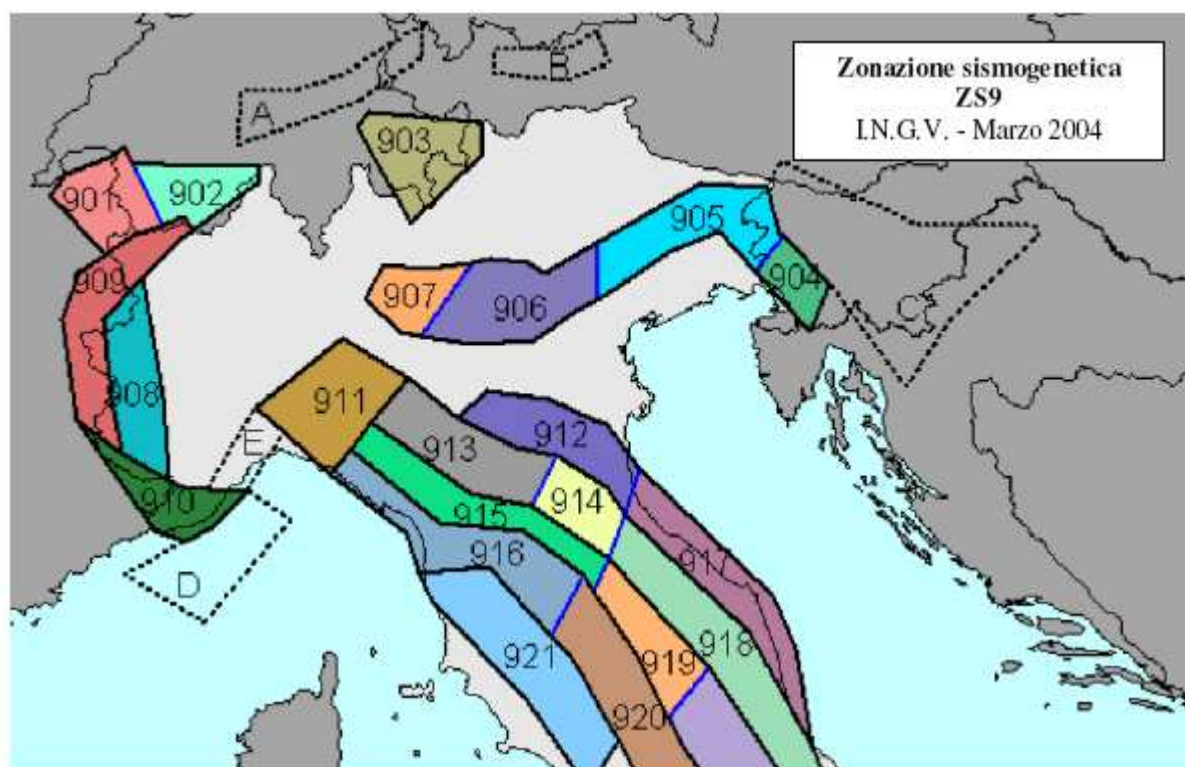
**$a_{max} = S \times a_g = 0,308 \text{ g}$ .**

Con riferimento al Rapporto Conclusivo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (aprile 2004 – vedi **FIG. 13**) il territorio in esame ricade all'interno della zona sismogenetica **ZS 912** (Dorsale Ferrarese) per la quale viene previsto il seguente valore massimo della Magnitudo Momento:

$$M_w = 6,14$$

dello stesso ordine di grandezza rispetto al valore registrato durante il sisma del 20 maggio 2012 (magnitudo momento  $M_w = 6,0$  – magnitudo locale  $ML = 5,9$ ).

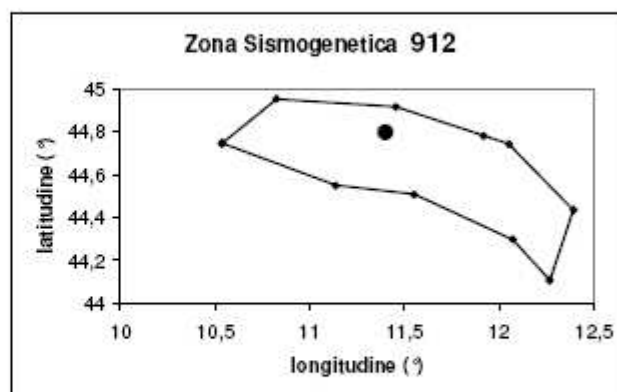




**ZONA SISMOGENETICA 912 DORSALE FERRARESE**

CORDINATE DEI VERTICI:

longitudine	latitudine	distanza (km)
10,537289	44,745728	68
10,824336	44,951595	48
11,457679	44,916168	14
11,919618	44,781052	41
12,052342	44,74168	52
12,395358	44,434109	88
12,270123	44,106453	103
12,07572	44,297394	77
11,553079	44,507702	34
11,13718	44,548515	35
10,537289	44,745728	68



PUNTO RICHIESTO: **Cimitero di S. Agostino (FE)**

longitudine	latitudine
<b>11,401</b>	<b>44,797</b>

**FIG. 13**

## 6. CONCLUSIONI

L'edificio del Cimitero comunale di S. Agostino è situato tra la strada provinciale n.66 (entrata principale) e Via Martiri della Libertà (entrata secondaria). Morfologicamente è ubicato al margine Sud-Est dell'antico letto del fiume Reno. La parte di nuova costruzione è addossata alla struttura arginale del paleoalveo del Reno, mentre la parte più vecchia, dove è situato l'ingresso principale, è ubicato nella zona di piana alluvionale.

L'indagine geognostica ha rilevato una variabilità litologica laterale con limi argillosi e argille con letti sabbiosi a sud est e il banco sabbioso della potenza di circa 8 metri sovrastante terreni argillosi nella parte nord ovest.

Le verifiche geotecniche eseguite evidenziano infatti che i terreni del sottosuolo sono costituiti da sedimenti sabbiosi passanti a limoso argillosi sino a 5.00 metri di profondità; più sotto i terreni sabbiosi a granulometria variabile sino a 9.50 metri sono caratterizzati da discrete caratteristiche geotecniche, ma suscettibili alla liquefazione in caso di azione sismica, come valutato in base alle analisi granulometriche eseguite.

Tale fenomeno è stato infatti riscontrato a seguito dell'evento sismico del 20 maggio 2012, con manifestazioni visibili all'interno di tutta l'area cimiteriale.

La falda freatica al momento dell'esecuzione dell'indagine è stata misurata alla profondità di 4,15 metri circa.

Riguardo l'azione sismica i terreni del sottosuolo sono classificati, relativamente alla velocità di propagazione delle onde secondarie S fino alla profondità di 30 metri, come appartenenti alla classe **D** *“Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s”* e alla classe **S2** *per la suscettibilità alla liquefazione.*

E' questa possibilità di liquefazione dei terreni dei primi otto metri in presenza di falda che genera una particolare pericolosità per l'edificio in caso di sisma; pericolosità accentuata ulteriormente dall'eventuale fuoriuscita della sabbia liquefatta attraverso fratture o altre discontinuità esistenti.

Sotto l'aspetto geologico risulta importante il controllo della profondità della falda e della variazione della pressione interstiziale, segnale di eventuali modifiche dello stato tensionale.

A questo proposito è stato posato al centro dell'area cimiteriale un piezometro che capta la prima falda fino a 8 metri di profondità; in tal modo sarà possibile eseguire misure stagionali della falda e studiare un programma di monitoraggio delle pressioni interstiziali.

Riguardo le opere di possibile consolidamento da mettere in atto, alcuni consigli preliminari sono riportati nella relazione geotecnica. Potranno essere fatte considerazioni più precise riguardo la scelta degli interventi, in base alle valutazioni operate del progettista ed alle eventuali indicazioni che saranno fornite dalle linee guida della Regione Emilia-Romagna.

Prima di progettare qualsiasi intervento di consolidamento del terreno dell'area cimiteriale, sarà importante verificarne accuratamente la natura e la presenza/evoluzione delle fratture in esso rilevate.

*S. Agostino, Novembre 2012*

Allegato 1 RELAZIONE GEOTECNICA : Ing.R.Zoppellaro - Villanova d. Ghebbo

Allegato 2 INDAGINI GEOTECNICHE: Carta ubicazione CPT e sondaggio

S.G.M. Srl - Ferrara

Demetra Srl - S.Agostino

Geplan Sas - Canaro

Allegato 3 ANALISI LABORATORIO TERRE: Dott. A. Mucchi - Gualdo

Allegato 4 INDAGINE GEOFISICA: TeAm Geofisica Srl - Ferrara

## ***APPENDICE***

- RELAZIONE GEOTECNICA : Ing. R. Zoppellaro - Villanova del Ghebbo
- ELABORATI PROVE *Carta ubicazione CPT e sondaggio*
  - : S.G.M. Srl - Ferrara
  - : Demetra Srl - S. Agostino
  - : Geplan Sas - Canaro
- ELABORATI SONDAGGIO : Silgeo Sas - Ferrara
- ANALISI LAB. TERRE : Dott. A. Mucchi - Gualdo
- INDAGINE GEOFISICA : Te.Am. Geofisica Srl - Ferrara



- **RELAZIONE GEOTECNICA**

*Ing. Riccardo Zoppellaro - Villanova del Ghebbo (Rovigo)*

**COMUNE DI SANT'AGOSTINO**  
**Provincia di Ferrara**

**INIZIATIVA DEI GEOLOGI FERRARESI CON IL  
PATROCINIO DELL'ORDINE DEI GEOLOGI  
DELL'EMILIA ROMAGNA RIVOLTO AI COMUNI  
COLPITI DAL SISMA DEL MAGGIO 2012**

**RISTRUTTURAZIONE DEL  
CIMITERO DI SANT'AGOSTINO**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

OTTOBRE 2012



## **CIMITERO DI S. AGOSTINO (FE)**

### **INDICE**

**INQUADRAMENTO GEOTECNICO**

**INQUADRAMENTO SISMICO**

**VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE**

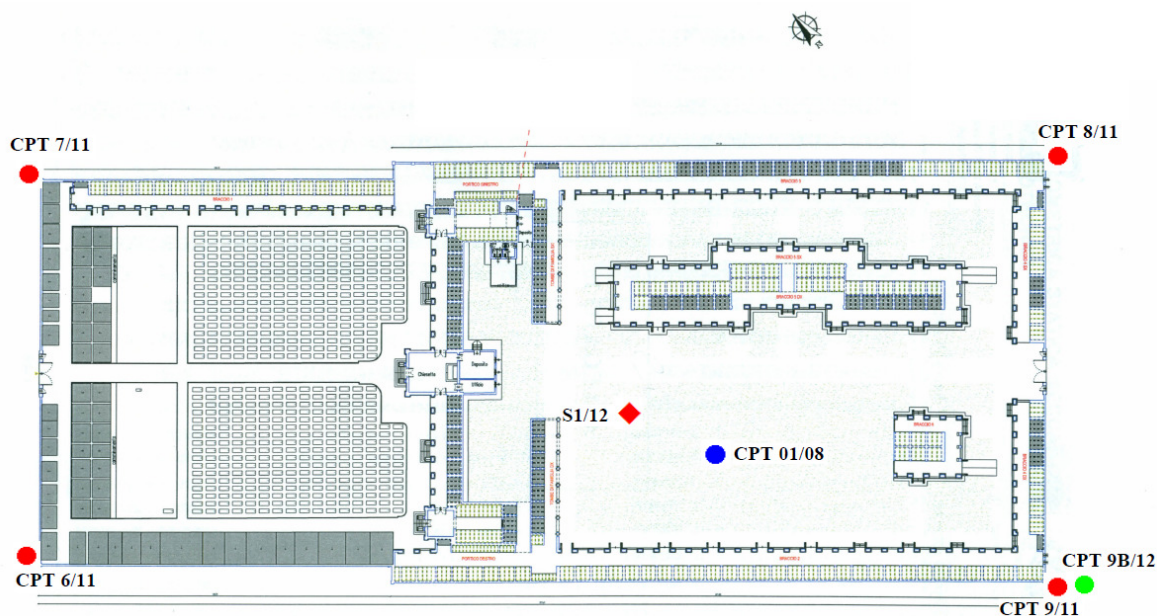
**VALUTAZIONI DI CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO**

**VALUTAZIONI GEOTECNICHE CONCLUSIVE**

## INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente studio si fa riferimento ai risultati relativi alle indagini geognostiche eseguite, in tempi diversi a partire dal 2008, e precisamente (vedi ubicazione di **FIG. 1**):

- n. 1 sondaggio a rotazione (S1/12 – luglio 2012), del tipo a carotaggio continuo, con prelievo di campioni rimaneggiati di terreno, spinto alla profondità di 15 m dal piano campagna p.c. (all'interno del cimitero);
- n. 1 prova penetrometrica statica CPT 01/08 (con punta meccanica Begemann – marzo 2008) spinta alla profondità di 25 m dal p.c. (eseguita all'interno del cimitero, nelle vicinanze del sondaggio);
- n. 4 prove penetrometriche statiche CPT 6/11 - 7/11 - 8/11 - 9/11 (con punta meccanica Begemann – maggio 2011) spinte alla profondità variabili fra 15 m e 30 m dal p.c. (prove eseguite ai vertici del rettangolo delimitante il cimitero, subito all'esterno);
- n. 1 prova penetrometrica statica CPT 9B/12 (con punta meccanica Begemann – luglio 2012) spinta alla profondità di 20 m dal p.c. (eseguita subito all'esterno del cimitero, nelle immediate vicinanze della prova CPT 9/11).



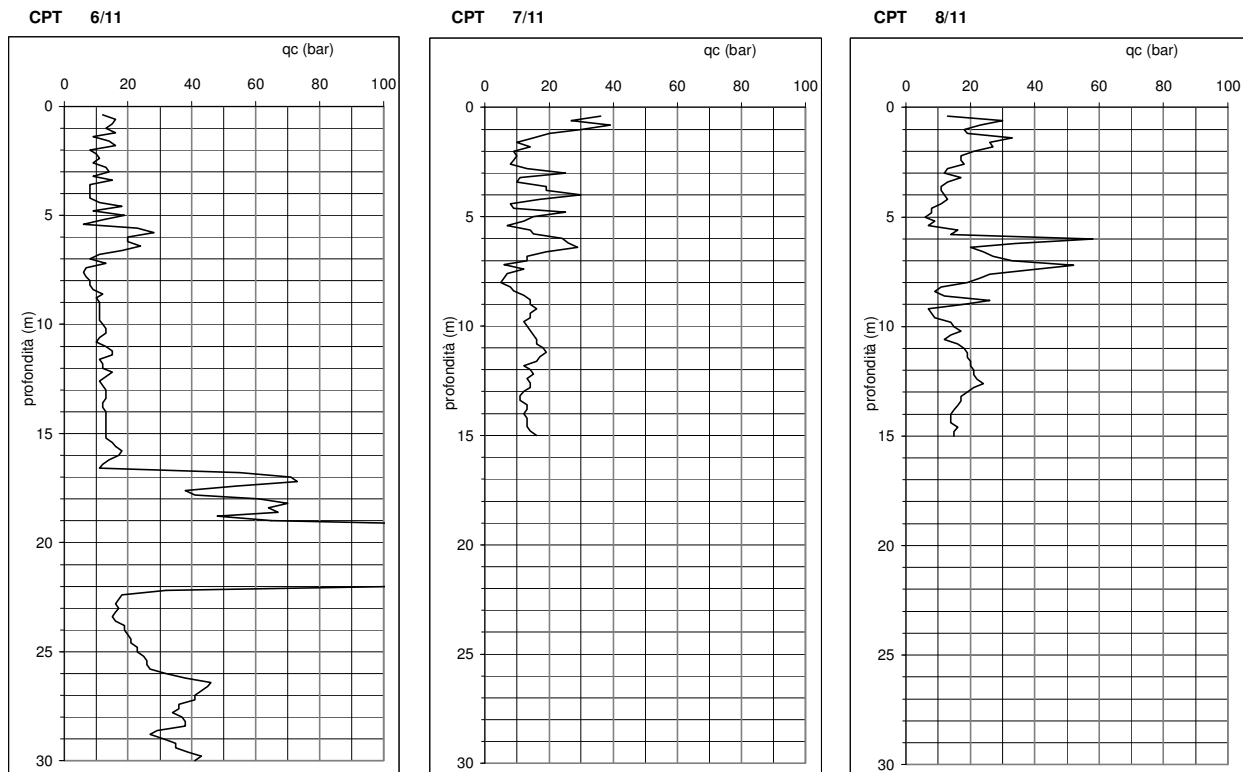
**FIG. 1**



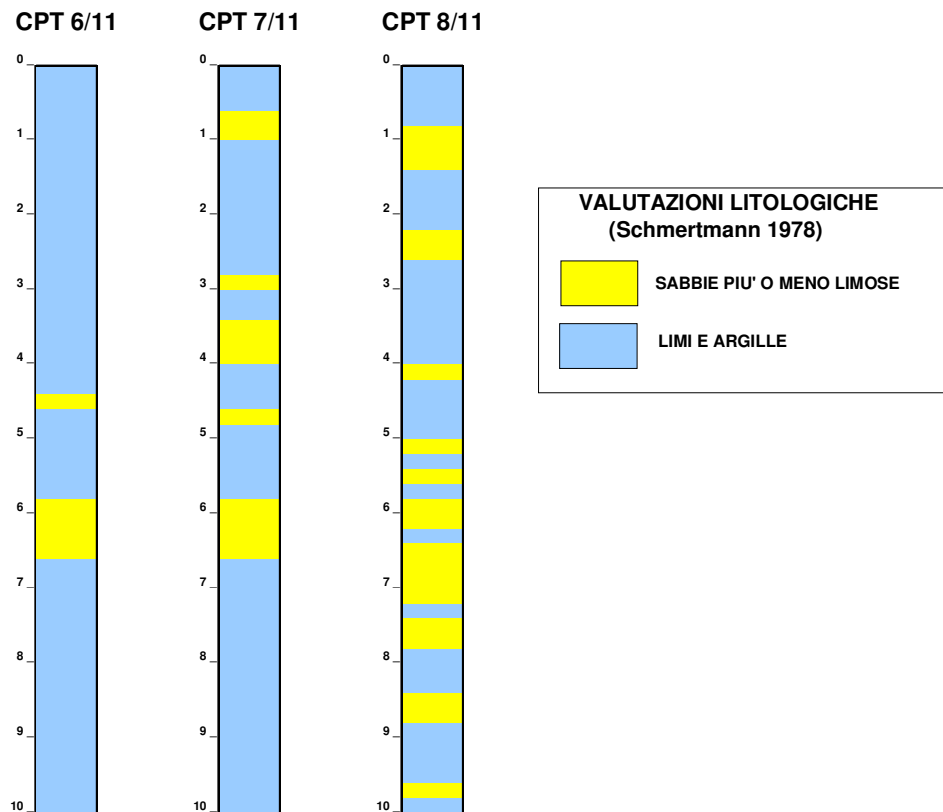
Mancano informazioni precise circa la situazione altimetrica, caratterizzata però da una marcata variabilità da un punto all'altro (dislivelli massimi dell'ordine di 2 m e oltre). In assenza di un adeguato rilievo plano-altimetrico dell'area, le valutazioni relative alla presente fase preliminare si riferiscono esclusivamente al piano campagna (p.c.), variabile da punto a punto.

Ciò premesso, da un primo esame dei profili di resistenza penetrometrica (vedi **FIGG. 2-3**) si registra una marcata variabilità da prova a prova. In particolare si rileva come i profili relativi alle CPT 6/11 - 7/11 - 8/11 (vedi **FIG. 2**) differiscano sensibilmente, nell'ambito dei primi 10 m di profondità dal p.c., dai profili relativi alle prove CPT 01/08 - 9/11 - 09B/12 (vedi **FIG. 3**).

Nel seguito vengono riportate informazioni derivanti dalle prove CPT. In assenza di rilievi stratigrafici diretti (limitati alla sola zona centrale del cimitero – vedi sondaggio S1/12) si fa riferimento alle valutazioni litologiche fornite da Schmertmann (1978).



**FIG. 2**

**FIG. 3**

Con riferimento al **primo gruppo di prove CPT 6/11 – 7/11 – 8/11** caratterizzate dalla presenza di terreni prevalentemente coesivi (limoso-argillosi) nell'ambito dei primi 5-10 m di profondità dal piano campagna p.c. (vedi **FIG. 2** e **FIG. 3**), risultano le seguenti informazioni di carattere geotecnico.

PROVE CPT 6/11 – 7/11 (zona entrata cimitero - lato Nord-Ovest)

Prova CPT 6/11

Da piano campagna (p.c.) fino alla profondità di 4,50 m dal p.c. presenza di terreni di natura presumibilmente limoso-argillosa, contraddistinti da valori della resistenza alla punta penetrometrica  $q_c$  frequentemente variabili fra 8 e 10-12 bar;

fra 4,50 e 6,50 m di profondità dal p.c. seguono stratificazioni di natura presumibilmente sabbioso-limosa, sciolte (qc dell'ordine di 20 bar), con intercalazioni argilloso-limose tenere;

segue in profondità, fino a 17 m dal p.c., un banco di natura presumibilmente limoso-argillosa, caratterizzato da valori della resistenza alla punta penetrometrica qc variabili di norma fra 10 e 12 bar (fa eccezione un sottile livello a contatto con le sabbie superiori, con qc = 6-7 bar) ;

segue fino alla profondità di 22 m dal p.c. un banco sabbioso, da moderatamente addensato ad addensato (qc crescente da 50 bar fino a oltre 150 bar);

seguono ancora in profondità (fino a 30 m – fine prova) terreni di natura presumibilmente limoso-argillosa, compatti (qc variabile da un minimo di 15 bar fino a un massimo di oltre 30 bar).

#### Prova CPT 7/11

Da piano campagna (p.c.) fino alla profondità di circa 7,00 m dal p.c. presenza di livelli di natura presumibilmente limoso-argillosa, moderatamente consistenti (qc = 8-10 bar) alternati a stratificazioni sabbioso-limose sciolte (qc = 20-30 bar);

fra 7,00 e 15 m di profondità dal p.c. (fine prova) seguono terreni di natura presumibilmente limoso-argillosa, consistenti (qc variabile di norma fra 10 e 15 bar, eccezion fatta per un sottile livello superiore a contatto con la sabbia, con qc = 6-8 bar).

#### PROVA CPT 8/11 (spigolo Est del cimitero)

#### Prova CPT 8/11

Da piano campagna (p.c.) fino alla profondità di circa 9,00 m dal p.c. presenza di stratificazioni di natura presumibilmente sabbioso limosa, piuttosto sciolte (qc = 20-40 bar) alternate a livelli limoso-argillosi moderatamente consistenti (punte minime: qc = 6-8 bar); fra 9,00 e 15 m di profondità dal p.c. (fine prova) seguono terreni di natura presumibilmente limoso-argillosa, piuttosto consistenti (qc variabile di norma fra 15 e 20 bar, eccezion fatta per un sottile livello superiore a contatto con la sabbia, con qc = 7-8 bar).

I rilievi di falda eseguiti in periodi diversi, hanno fornito i seguenti valori delle profondità della falda:

prova CPT 6/11      2,40 m   dal p.c.      (maggio 2011)

prova CPT 7/11      2,20 m   dal p.c.      (maggio 2011)

prova CPT 8/11      3,50 m   dal p.c.      (maggio 2011)

L'estrema variabilità dei valori può essere attribuibile ai periodi diversi di rilievo e ai gradienti di deflusso, ma soprattutto alla sopra citata variabilità del piano campagna.

Con riferimento alle prove CPT sopra descritte, pur in presenza di terreni di natura prevalentemente limoso-argillosa si fa presente che si sono verificati vistosi fenomeni di liquefazione, documentati ad esempio dalla foto sottostante (ingresso principale, lato Nord-Ovest, interessato dalle prove CPT 6/11 e 7/11).



Sul lato Nord-Est del cimitero (vedi CPT 7/11 e 8/11) sono invece presenti ampie fessurazioni in corrispondenza della strada, con direzione Sud-Nord, evidenziate dalla foto sottostante. Dette fessurazioni interessano i livelli superiori di natura prevalentemente coesiva.



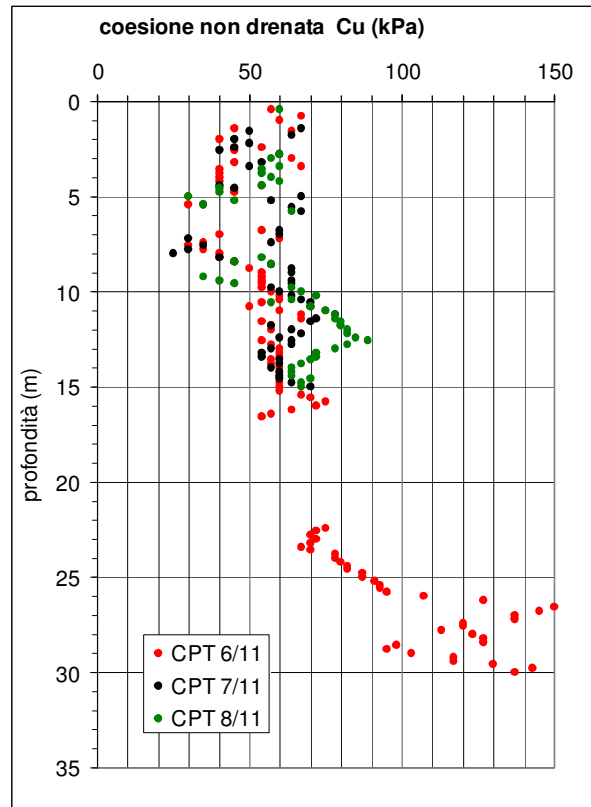
Sempre con riferimento al suddetto gruppo di prove **CPT 6/11 – 7/11 – 8/11**, nel diagramma di **FIG. 4** vengono rappresentati i valori della coesione non drenata (relativi naturalmente ai terreni di natura coesiva) ricavati in base a opportune correlazioni con i dati di resistenza penetrometrica ( $q_c$ ), del tipo:

$$C_u = q_c / \alpha$$



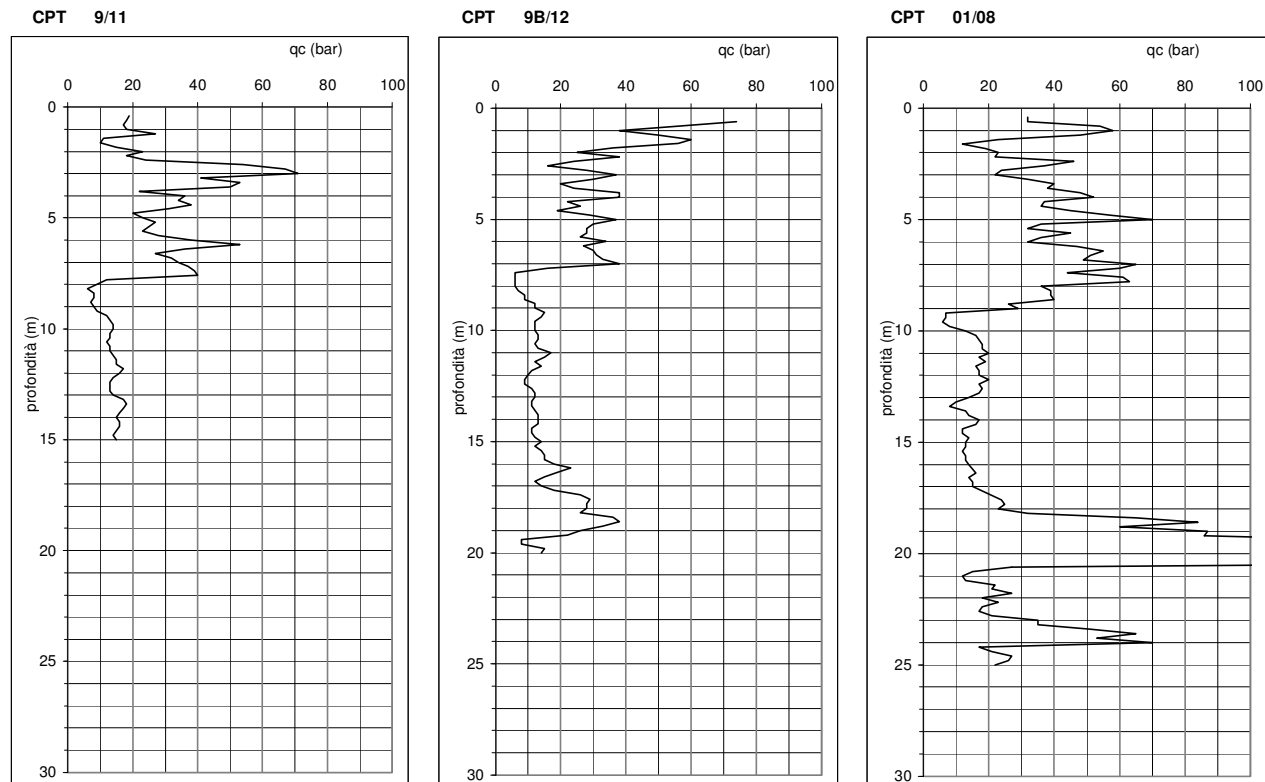
con  $\alpha$  variabile fra 20 e 30 (nell'ambito dei primi 10 m di profondità i dati sono stati opportunamente filtrati). Una stima prudentiale della coesione non drenata può essere rappresentata dal valore:

$$C_u = 40 \text{ kPa.}$$



**FIG. 4**

Con riferimento al **secondo gruppo di prove CPT 9/11 – 9B/12 – 01/08** caratterizzate dalla presenza di terreni di natura prevalentemente sabbioso-limosa nell'ambito dei primi 5-10 m di profondità dal piano campagna p.c. (vedi **FIG. 5**), risultano le seguenti informazioni di carattere geotecnico.

**FIG. 5**

PROVE CPT 9/11 – 9B/12 (spigolo Sud del cimitero)

#### Prova CPT 9/11

Da piano campagna (p.c.) fino alla profondità di circa 2,00 m dal p.c. presenza di in livello superiore di natura presumibilmente limoso-argillosa, caratterizzato da valori della resistenza alla punta penetrometrica  $q_c$  variabili nell'intervallo 10-20 bar (è possibile la presenza di rare, sottili intercalazioni sabbiose);

fra 2,00 e 7,50/8,00 m di profondità dal p.c. segue un banco di natura presumibilmente sabbioso-limoso, piuttosto sciolto ( $q_c = 20-40$  bar);

fra 7,50/8,00 m e 15 m di profondità dal p.c. (fine prova) seguono terreni di natura presumibilmente limoso-argillosa, piuttosto consistenti ( $q_c$  mediamente dell'ordine di 15 bar, eccezion fatta per un livello superiore a contatto con la sabbia, con  $q_c = 6-8$  bar).

#### Prova CPT 9B/12

La prova in esame (eseguita nel mese di luglio 2012, successivamente al sisma del 20 maggio) è stata effettuata nelle immediate vicinanze della precedente prova CPT 9/11 (eseguita nel maggio 2001, prima del sisma).

In questo caso (CPT 9B/12) risulterebbe la presenza di sabbia subito a partire dal piano campagna; il banco sabbioso, che si estende fino a 7,00/7,50 m di profondità dal piano campagna (p.c.), presenta più o meno le stesse caratteristiche di resistenza riscontrate nel corso della CPT 9/11 ( $q_c = 20-30$  bar), a testimonianza del fatto che i fenomeni di liquefazione delle sabbie, che si sono verificati nell'area cimiteriale a seguito del sisma del maggio 2012, sembra non abbiano prodotto variazioni significative del grado di addensamento del banco sabbioso superiore in esame;

fra 7,00/7,50 m e 17,00 m di profondità dal p.c. seguono terreni di natura presumibilmente limoso-argillosa, piuttosto consistenti ( $q_c = 10-15$  bar, eccezion fatta per un livello superiore a contatto con la sabbia, con  $q_c = 6-9$  bar);

fra 17,00 e 20,00 m di profondità dal p.c. (fine prova) seguono infine stratificazioni limoso-argillose consistenti con intercalazioni sabbiose.

#### PROVA CPT 01/08 (zona interno cimitero)

##### Prova CPT 01/08

Da piano campagna (p.c.) fino alla profondità di circa 2,00 m dal p.c. presenza di in livello superiore di natura presumibilmente limoso-argillosa, caratterizzato da valori della resistenza alla punta penetrometrica  $q_c$  generalmente superiori a 20 bar (è possibile la presenza di intercalazioni sabbiose);

fra 2,00 e 9,00 m di profondità dal p.c. segue un banco di natura presumibilmente sabbioso-limosa, piuttosto sciolto ( $q_c = 20-50$  bar);

fra 9,00 e 18,00 m di profondità dal p.c. seguono terreni di natura presumibilmente limoso-argillosa, piuttosto consistenti ( $q_c$  generalmente variabile fra 15 e 20 bar, eccezion fatta per un livello superiore a contatto con la sabbia, con  $q_c = 6-8$  bar);

fra 18,00 e 20,50 m di profondità dal p.c. segue un banco sabbioso, da moderatamente addensato ad addensato con  $q_c$  variabile da 60 fino a oltre 150 bar;

fra 20,50 e 25,00 m di profondità dal p.c. (fine prova) è presente un'alternanza di livelli coesivi generalmente consistenti (di norma  $q_c = 15-20$  bar) e di stratificazioni sabbiose.

I rilievi di falda eseguiti in periodi diversi, hanno fornito i seguenti valori delle profondità della falda:

prova CPT 9/11 2,55 m dal p.c. (maggio 2011)

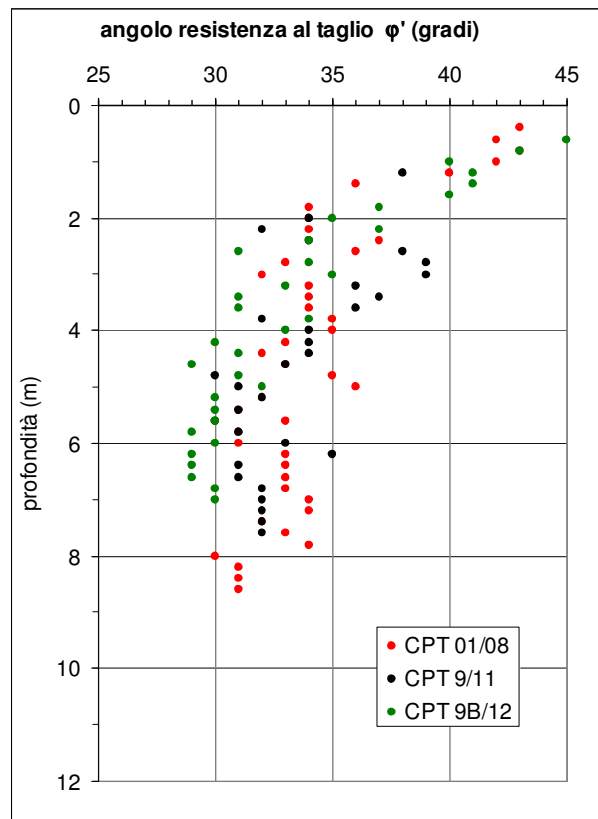
prova CPT 9B/12 non rilevata (luglio 2012)

prova CPT 01/08 4,85 m dal p.c. (marzo 2008)

L'estrema variabilità dei valori può essere attribuibile (come visto) ai periodi diversi di rilievo e ai gradienti di deflusso, ma soprattutto alla sopra citata variabilità del piano campagna.

Nella figura sottostante (**FIG. 6**) si riportano le valutazioni secondo Durgunoglu & Mitchell (1976), ricavate in base ai valori della resistenza alla punta  $q_c$ , in base alle quali si rilevano valori di  $\phi'$  per lo più variabili nell'intervallo  $30-35^\circ$  (valori medi compresi fra  $33$  e  $34^\circ$ ). In via prudenziale si potrà assumere:

$$\phi' = 31^\circ \quad c' = 0.$$



**FIG. 6**

Nel seguito si riportano i risultati del sondaggio geognostico S1/12 eseguito all'interno dell'area cimiteriale, in una posizione prossima alla prova CPT 01/08.

#### Sondaggio S1/12

Da piano campagna (p.c.) fino alla profondità di 5,00 m dal p.c. presenza di limi argillosi debolmente sabbiosi (fino a 2,00) m con sottili intercalazioni sabbiose (più in profondità); fra 5,00 e 9,50 m di profondità dal p.c. seguono sabbie, a granulometria da medio-fine a medio-grossa, con frazione fine da scarsa a molto scarsa; fra 9,50 e 15,00 m di profondità dal p.c. (fine sondaggio) seguono infine argille organiche poco consistenti.

Il rilievo di falda eseguito al termine del sondaggio (luglio 2012) ha fornito una profondità pari a 4,15 m dal p.c..

Sui campioni di terreno prelevati nel corso del sondaggio S1/12 sono state eseguite le seguenti prove geotecniche di laboratorio:

- analisi granulometriche su n. 2 campioni di sabbia
- prova di taglio diretto su n. 1 campione di sabbia
- analisi di classifica (Limiti di Atterberg, umidità naturale) su n. 3 campioni indisturbati di natura coesiva.

Con riferimento al banco limoso-argilloso superiore (fra 0,00 e 3,20 m dal p.c.) le analisi di laboratorio hanno fornito i seguenti risultati:

- valori del limite di liquidità  $WL\%$  variabili fra il 32 e il 39% e valori dell'indice di plasticità  $IP\%$  variabili fra il 13 e il 17% (argille inorganiche di bassa plasticità, simbolo CL, vedi diagramma di **FIG. 7**);
- valori del contenuto d'acqua naturale  $W\%$  variabili fra il 17 e il 27%, con indice di consistenza  $IC > 0,7$  (vedi **FIG. 8**).



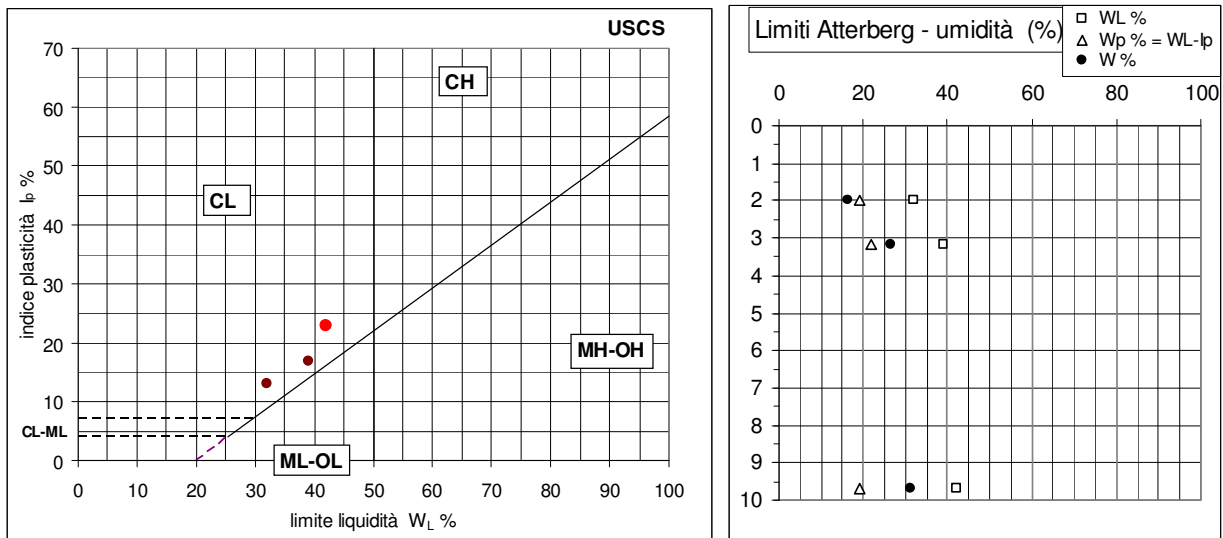


FIG.7

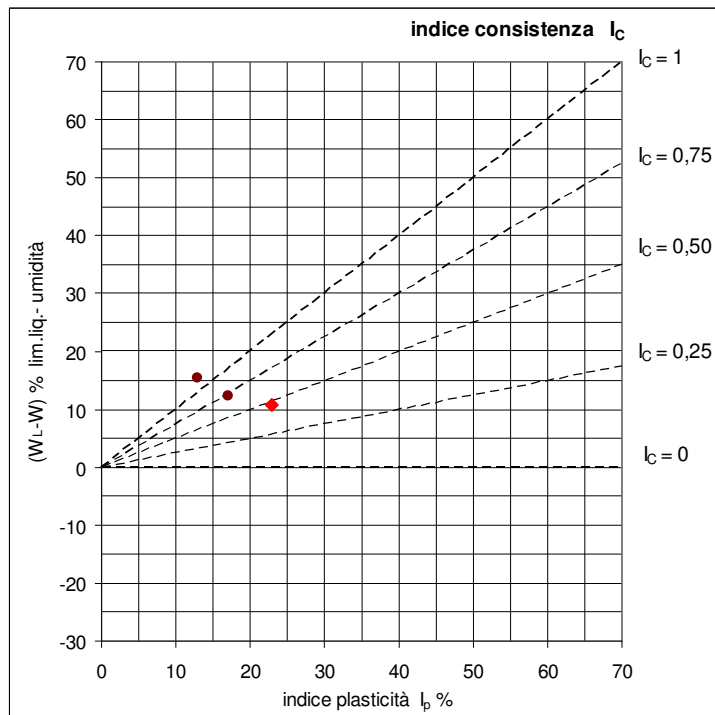
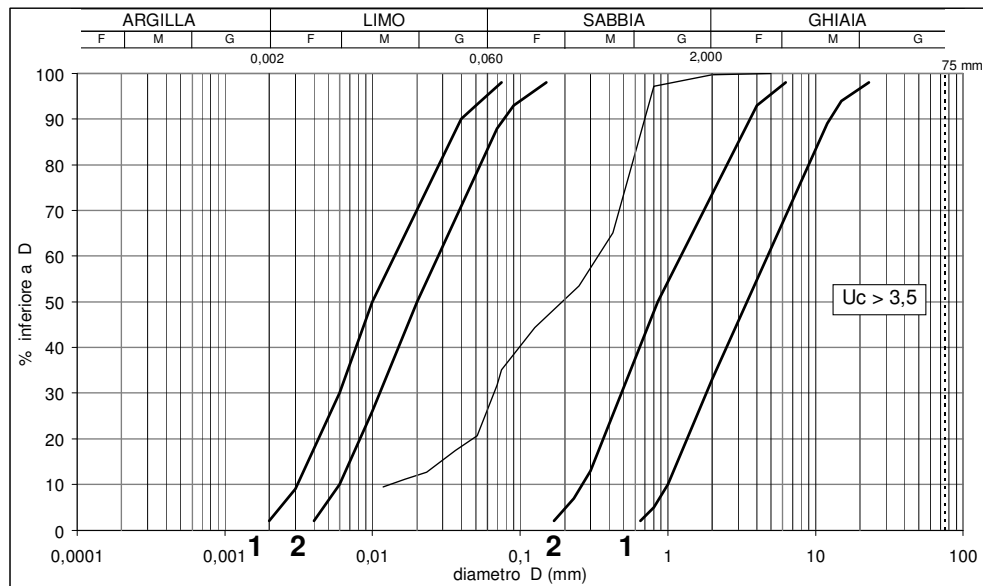


FIG. 8

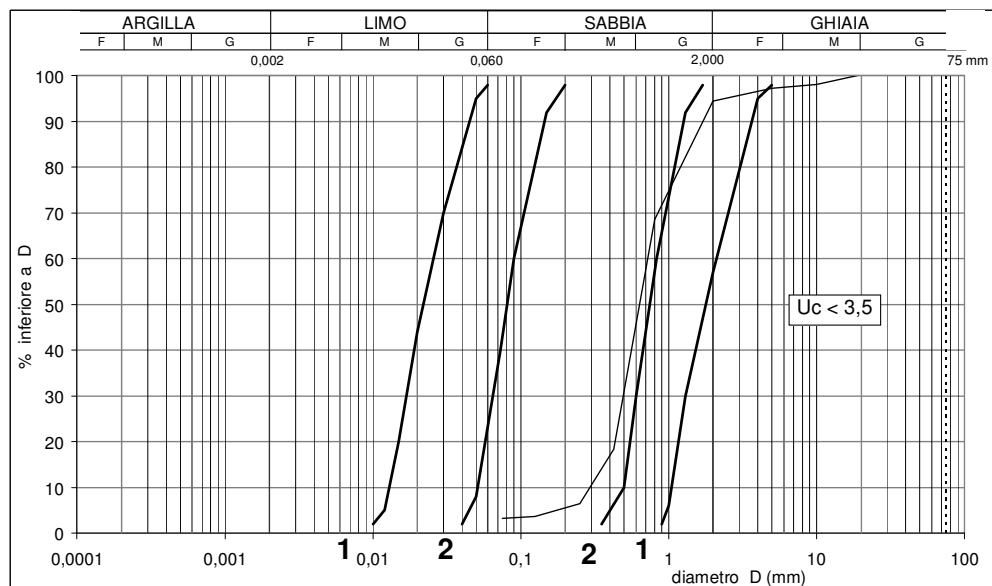
Con riferimento al banco sabbioso intermedio (compreso fra 3,20 e 9,50 m dal p.c.) risultano i seguenti valori della frazione fine FC (% passante al setaccio 200 ASTM) e del coefficiente di uniformità  $U_c$ :

prof. dal p.c.	$FC = \%<\#200$	$U_c = D_{60}/D_{10}$
3,20-3,40 m	35,1%	23,85
7,00-7,10 m	3,3%	2,41

Con riferimento alla **FIG. 9** si rileva come le sabbie in questione rientrino all'interno delle curve 2 (con elevata probabilità di liquefazione).



**FIG. 9**



Si fa presente che il primo campione sabbioso (profondità 3,20-3,40 m) registra un'elevata percentuale di limo. Considerata la descrizione stratigrafica, tale campione si riferisce evidentemente a una miscela di sabbia e limo sabbioso argilloso.

Per le sabbie comprese fra 5 e 9,50 m dal p.c. è stato analizzato un unico campione (profondità 7,00-7,10 m) che ha registrato una frazione fine praticamente assente. Nelle valutazioni che seguono, considerate le descrizioni stratigrafiche, si fa riferimento a percentuali di frazione fine FC variabili nell'intervallo 0-15%.

Sempre con riferimento al banco sabbioso intermedio, in corrispondenza del campione C1 prelevato alla profondità di 3,20-3,40 m dal p.c., è stata condotta una prova di taglio diretto, ottenendo i seguenti valori dei parametri di resistenza al taglio: (tensioni di consolidazione variabili fra 100 e 300 kPa):

angolo di resistenza al taglio efficace:  $\varphi' = 37^\circ$

coesione efficace:  $c' = 3,43 \text{ kPa}$ .

Valori più prudentziali si ottengono da correlazioni dirette fra  $\varphi'$  e  $q_c$ . Con riferimento ai valori riportati in **FIG. 6** per la prova CPT 01/08 (prossima al sondaggio), si rilevano secondo Durgunoglu & Mitchell (1976) valori di  $\varphi'$  per lo più variabili nell'intervallo 31-34°.

Con riferimento al **banco coesivo inferiore** (oltre la profondità di 9,50 m dal p.c.), dalle prove geotecniche di laboratorio condotte sul campione C6 (9,60-9,80 m dal p.c.), registrano le seguenti informazioni (vedi **FIGG. 7-8**):

limite di liquidità  $WL = 42\%$

indice di plasticità  $IP = 23\%$

contenuto d'acqua naturale:  $W = 31,2$

indice di consistenza  $IC = 0,48$ .

Risulta pertanto una consistenza piuttosto scarsa. In realtà, dall'esame del profilo di resistenza relativo alla prova CPT 01/08, al tetto del banco coesivo inferiore (al contatto con le sabbie sovrastanti) si rilevano valori di  $q_c$  piuttosto bassi, dell'ordine di 6-8 bar (coesione non drenata  $C_u$  dell'ordine di 30-40 kPa), che però raggiungono rapidamente valori ben più elevati (dell'ordine di 15-20 bar).

## INQUADRAMENTO SISMICO

Con riferimento alla normativa sismica vigente (Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1677 del 24 ottobre 2005), l'intervento in esame (in Comune di S. Agostino - FE) rientra in **zona sismica 3** di bassa sismicità.

Dalla Mappa di Pericolosità Sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (di cui all'Ordinanza P.C.M. n. 3519/2006) risulta la seguente fascia di valori dell'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (valore riferito ad una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni – vedi **FIGG. 10-11**):

$$a_g = 0,150 \div 0,175 \text{ g.}$$

L'intervento in esame risulta identificato dai seguenti valori di latitudine e longitudine :

LATITUDINE      44,797°

LONGITUDINE    11,401°.

Nei grafici di **FIG. 12** e nella **TABELLA 1**, relativamente a diversi periodi di ritorno  $T_R$  , vengono riportati i seguenti valori dei parametri sismici:

- accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A ( $a_g$ ), in funzione del tempo di ritorno ( $T_R$ ),
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale ( $F_0$ ),
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale ( $T_C^*$ ).

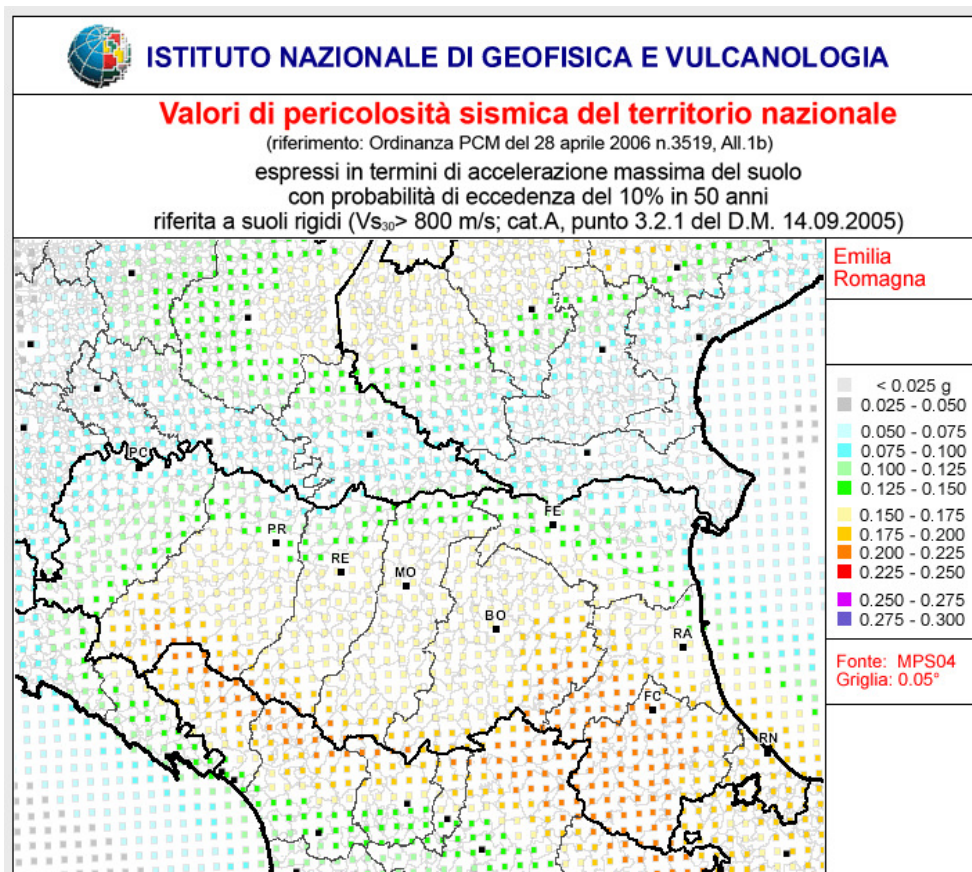


FIG. 10

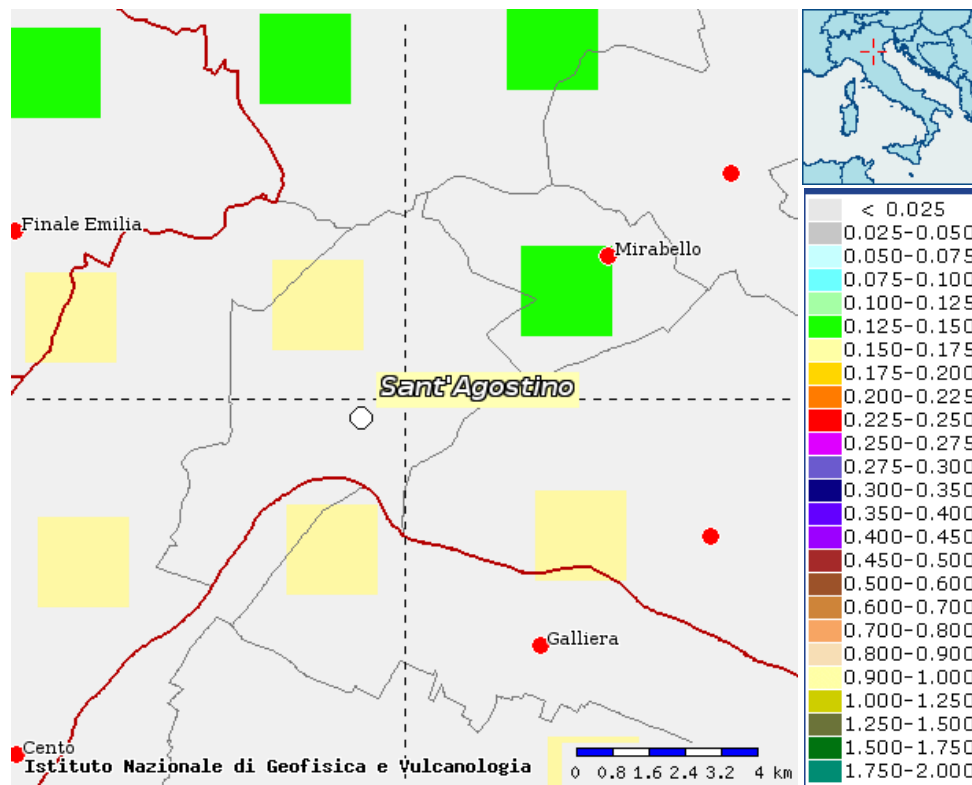
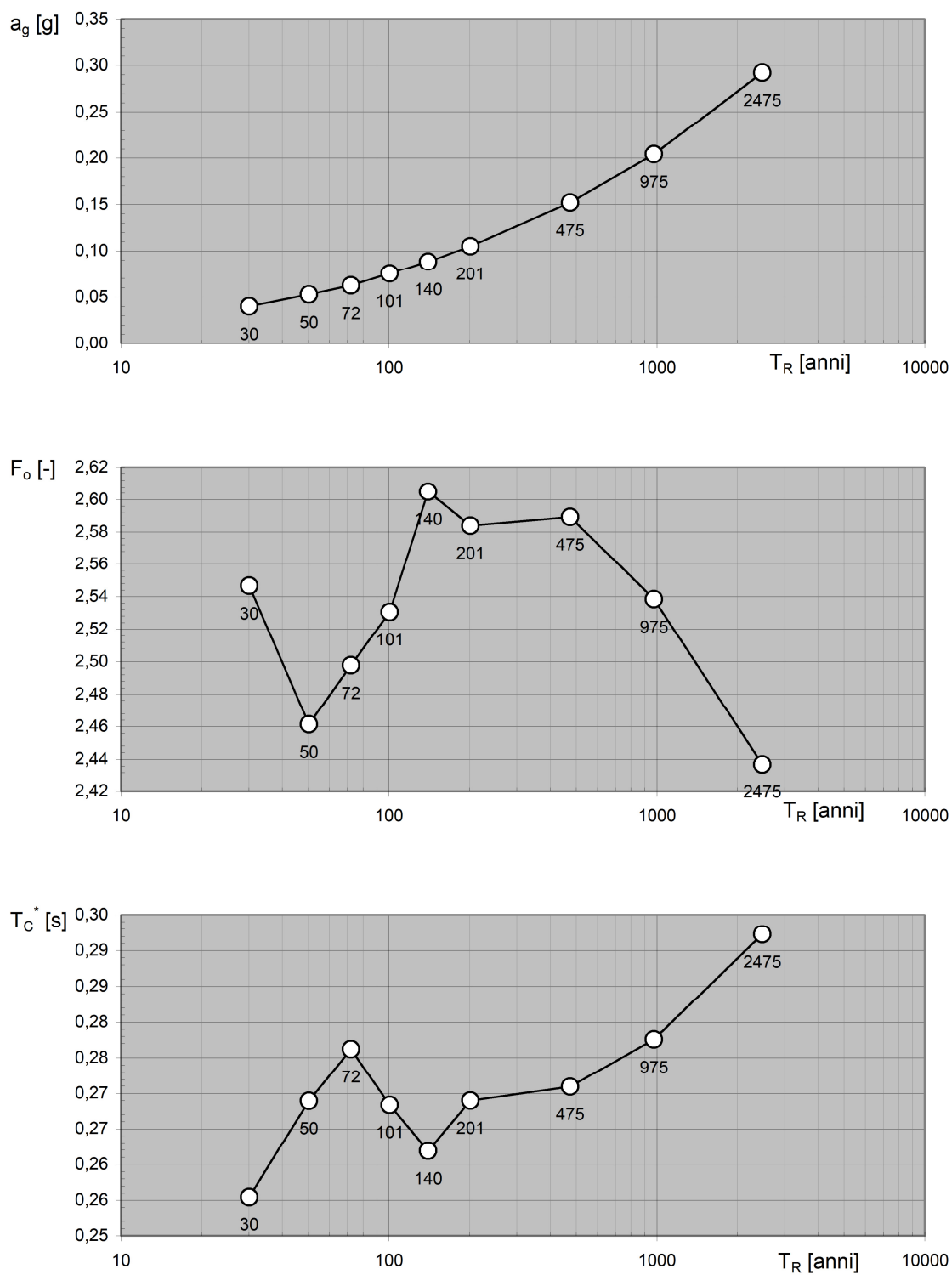


FIG. 11



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**



**FIG. 12**

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,040	2,547	0,255
50	0,053	2,461	0,269
72	0,062	2,498	0,276
101	0,075	2,531	0,268
140	0,088	2,605	0,262
201	0,105	2,584	0,269
475	0,152	2,589	0,271
975	0,204	2,538	0,278
2475	0,292	2,437	0,292

TABELLA 1

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0,050	2,478	0,266
SLD	75	0,064	2,502	0,275
SLV	712	0,180	2,560	0,275
SLC	1462	0,239	2,494	0,284

TABELLA 2

Ciò premesso, in attesa di più precise valutazioni, l'intervento in esame rientra nelle "Categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso", punto B2.1.6 "Chiese ed edifici aperti al culto", di cui all'allegato B della Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1661 del 2 novembre 2009.

Ciò considerato, per quanto concerne vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento di cui al D.M. 14 gennaio 2008, l'intervento in esame potrà far riferimento alla Classe d'uso III (*"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi ....."*), coefficiente d'uso  $C_U = 1,5$ . In merito al tipo di costruzione, l'intervento viene classificato di tipo 2 (*"Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"*), per la quale si prevede una vita nominale  $V_N \geq 50$  anni.

Nelle suddette ipotesi il periodo di riferimento  $V_R$  per le azioni sismiche risulta conseguentemente pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (C_U = 1,5)$$

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad V_R = 75 \text{ anni.}$$

Ciò considerato, il D.M. 14-01-2008 prevede, in mancanza di espresse indicazioni in merito, verifiche relative allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV**, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari a:

$$P_{VR} = 10\%.$$

In tale ipotesi, il periodo di ritorno dell'azione sismica:  
risulta pari a:

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR})$$

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad V_R = 75 \text{ anni} \quad T_R = 712 \text{ anni.}$$

L'interpolazione condotta per lo **stato limite ultimo SLV di salvaguardia della vita** secondo le modalità previste dal D.M. 14-01-2008, conduce ai seguenti risultati (vedi **TABELLA 2**):

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad T_R = 712 \text{ anni} \quad a_g = 0,180 \text{ g} \quad F_O = 2,560 \quad T_C^* = 0,275.$$

Il D.M. 14-01-2008 prevede inoltre, con riferimento agli stati limite di esercizio (in mancanza di espresse indicazioni in merito), verifiche relative allo stato limite di danno SLD, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari a:

$$P_{VR} = 63\%$$

e con periodo di ritorno dell'azione sismica:  $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$  pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad V_R = 75 \text{ anni} \quad T_R = 75 \text{ anni}.$$

L'interpolazione condotta per lo **stato limite di esercizio SLD di danno** secondo le modalità previste dal D.M. 14-01-2008, conduce ai seguenti risultati (vedi **TABELLA 2**):

$$V_N = 50 \text{ anni} \quad T_R = 75 \text{ anni} \quad a_g = 0,064 \text{ g} \quad F_O = 2,502 \quad T_C^* = 0,275.$$

Per quanto concerne la valutazione della categoria di sottosuolo, è stata condotta un'indagine geofisica, con la tecnica SPAC ("Spatial Autocorrelation" – Aki 1957), che ha fornito il seguente valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nell'ambito dei primi 30 m:

$$V_{s,30} = 178 \text{ m/s}.$$

Tale valore, inferiore al limite di 180 m/s, implicherebbe una categoria di sottosuolo tipo D.

Dal momento però che sottosuolo in esame è stato oggetto di fenomeni di liquefazione, il D.M. 14 gennaio 2008 classifica il **sottosuolo** medesimo di **categoria S2** (*“Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti”*), per la quale categoria *“è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o argille d’elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno”*.

In questa sede, in assenza delle specifiche analisi richieste, ai soli fini delle valutazioni dei parametri sismici, la categoria di appartenenza del sottosuolo in esame (tipo S2) viene per semplicità assimilata al tipo D.

In tale ipotesi, con riferimento allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV**, nell’ipotesi ulteriore di categoria topografica T1 (terreno pianeggiante), secondo le indicazioni fornite dal D.M. 14-01-2008 risultano i seguenti valori dei parametri:

**categoria sottosuolo S2 (assimilato a categoria D)**

**vita nominale:**  $V_N = 50$  anni                      **tempo di ritorno:**  $TR = 712$  anni

accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A:  $a_g = 0,180$  g

coefficiente di amplificazione stratigrafica:  $S_S = 1,710$

coefficiente di amplificazione topografica:  $S_T = 1,000$

coefficiente (funzione categoria sottosuolo):  $C_c = 2,385$

coefficiente di amplificazione sismica:  $S = S_S \cdot S_T = 1,710$

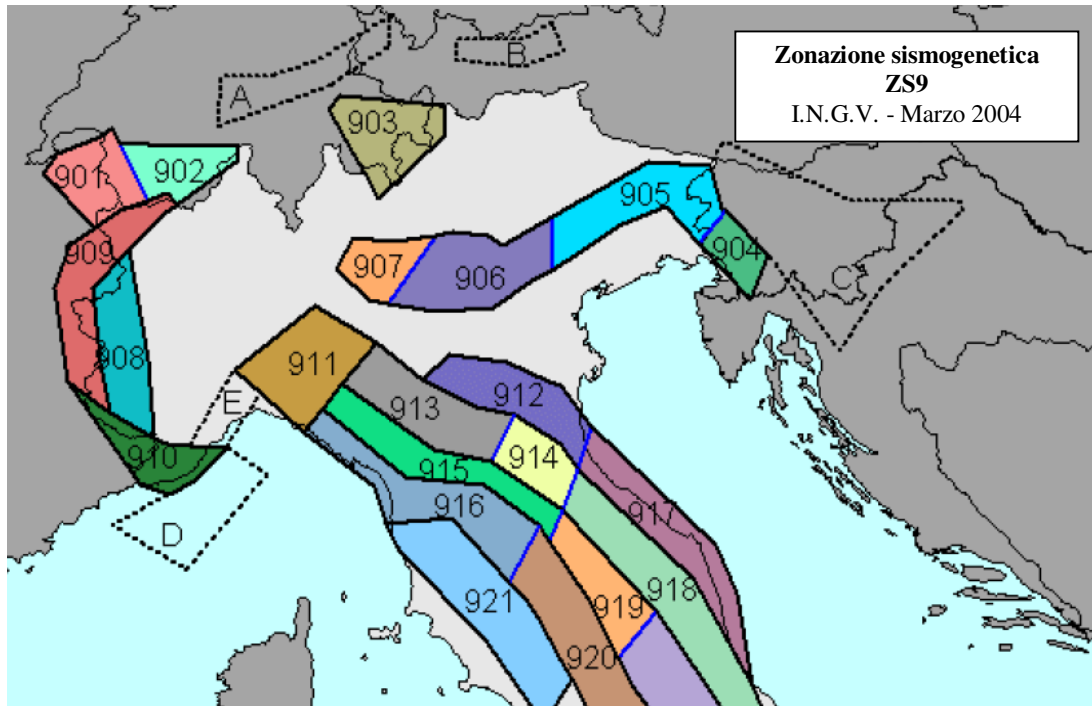
**accelerazione orizzontale massima al suolo:**  $a_{max} = S \cdot a_g = 0,308$  g.

Con riferimento al Rapporto Conclusivo dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (aprile 2004 – vedi **FIG. 13**) il territorio in esame ricade all’interno della zona sismogenetica ZS **912** (Dorsale Ferrarese) per la quale viene previsto il seguente valore massimo della Magnitudo Momento:

$$M_w = 6,14$$



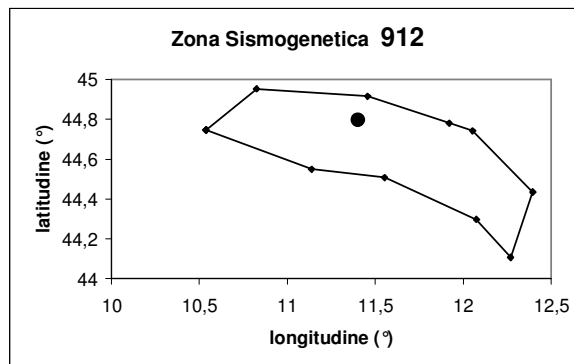
dello stesso ordine di grandezza rispetto al valore registrato durante il sisma del 20 maggio 2012 (magnitudo momento  $M_w = 6,0$  – magnitudo locale  $ML = 5,9$ ).



## ZONA SISMOGENETICA 912 DORSALE FERRARESE

CORDINATE DEI VERTICI:

longitudine	latitudine	distanza (km)
10,537289	44,745728	68
10,824336	44,951595	48
11,457679	44,916168	14
11,919618	44,781052	41
12,052342	44,74168	52
12,395358	44,434109	88
12,270123	44,106453	103
12,07572	44,297394	77
11,553079	44,507702	34
11,13718	44,548515	35
10,537289	44,745728	68



PUNTO RICHIESTO:

Cimitero di S. Agostino (FE)

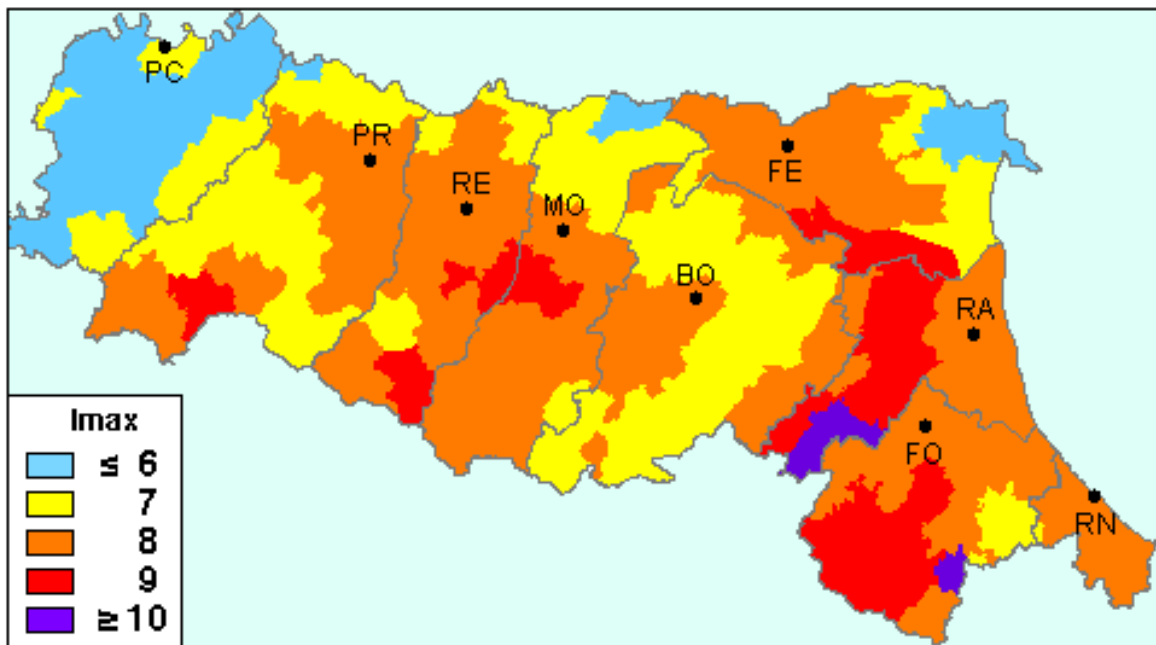
longitudine	latitudine
11,401	44,797

FIG. 13

Con riferimento alle massime intensità macrosismiche osservate, di cui al rapporto del Dipartimento Protezione Civile aprile 1999 (vedi **FIG. 14**), risulta per il Comune di S. Agostino un valore massimo dell'intensità (scala MCS Mercalli-Cancani-Sieberg) pari a:

$$I_{\max} = 8.$$

## Emilia-Romagna



**FIG. 14**

## Massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Ferrara

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ARGENTA	8	38	1	44.61459	11.83658	9
BERRA	8	38	2	44.97604	11.97729	7
BONDENO	8	38	3	44.88857	11.41666	8
CENTO	8	38	4	44.72685	11.28937	7
CODIGORO	8	38	5	44.83096	12.10568	<= 6
COMACCHIO	8	38	6	44.69444	12.18290	7
COPPARO	8	38	7	44.89391	11.82986	8
FERRARA	8	38	8	44.83559	11.61842	8
FORMIGNANA	8	38	9	44.84187	11.85894	8
JOLANDA DI SAVOIA	8	38	10	44.88518	11.97726	7
LAGOSANTO	8	38	11	44.76249	12.13965	7
MASI TORELLO	8	38	12	44.79369	11.79704	8
MASSA FISCAGLIA	8	38	13	44.80818	12.01334	7
MESOLA	8	38	14	44.92060	12.23033	<= 6
MIGLIARINO	8	38	15	44.77058	11.93149	8
MIRABELLO	8	38	16	44.82534	11.46031	8
OSTELLATO	8	38	17	44.74516	11.94085	8
POGGIO RENATICO	8	38	18	44.76571	11.48392	8
PORTOMAGGIORE	8	38	19	44.69759	11.80509	8
RO	8	38	20	44.94634	11.76146	8
<b>SANT' AGOSTINO</b>	<b>8</b>	<b>38</b>	<b>21</b>	<b>44.79258</b>	<b>11.38519</b>	<b>8</b>
VIGARANO MAINARDA	8	38	22	44.84191	11.49759	8
VOGHIERA	8	38	23	44.75737	11.75011	8
TRESIGALLO	8	38	24	44.81771	11.89393	8
GORO	8	38	25	44.85334	12.30076	<= 6
MIGLIARO	8	38	26	44.79835	11.97311	7

## VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE

Nell'ipotesi di magnitudo momento:

$$M_w = 6,14$$

in presenza di sottosuolo di categoria S2 (assimilata alla categoria D), risulta come visto:

**vita nominale:**  $V_N = 50$  anni                      **tempo di ritorno:**  $TR = 712$  anni  
**accelerazione orizzontale massima al suolo:**                       $a_{max} = S \cdot a_g = 0,308$  g.

Ai fini della verifica alla liquefazione, si fa riferimento alla situazione peggiore rappresentata dalle prove CPT 9/11 e 9B/12 (spigolo Sud del cimitero), per le quali è stata registrata la presenza di sabbie nell'ambito dei primi 7-8 m di profondità dal p.c. (resistenza alla punta  $q_c = 10-30$  bar, frazione fine  $FC = 0-10\%$ ), con falda alla profondità di 2,55 m dal p.c..

Lo schema geotecnico assunto è il seguente:

terreno sabbioso:      prof. falda = 1,50 m dal p.c. (risalita 1,00 m)  
 peso di volume sopra falda:  $\gamma = 18,0$  kN/m<sup>3</sup> (umido)  
 peso di volume sopra falda:  $\gamma = 19,5$  kN/m<sup>3</sup> (saturo)       $\gamma' = 9,5$  kN/m<sup>3</sup> (immerso)  

profondità (m) dal p.c.	$q_c$ (bar)	FC%
0,00 – 6,00	20	0-15%
6,00 – 8,00	30	0-15%.

Ciò premesso, si sono valutati i valori dello sforzo tangenziale medio ciclico di progetto e di CSR (Cyclic Stress Ratio) in base alle note espressioni:

$$\tau_{av} = 0,65 (a_{max} / g) p_{vo} r_d$$

$$CSR = \tau_{av} / p'_{vo}$$

ove:

$r_d$  = coefficiente funzione della profondità

$p_{vo}$  = pressione geostatica totale

$p'_{vo}$  = pressione geostatica efficace.

Con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, secondo le indicazioni di Robertson & Wride (1998), partendo da prefissati valori della resistenza alla punta penetrometrica ( $q_c$ ) vengono calcolati i valori del rapporto di resistenza ciclica  $(CRR)_{7,5}$  relativi a una magnitudo  $M_w = 7,5$ . Nell'ipotesi di magnitudo diversa i valori della resistenza ciclica vanno moltiplicati per un coefficiente correttivo MSF (nel caso in esame si ha  $MSF = 2,04$  per una magnitudo delle onde superficiali  $M_s \cong M_w = 6,14$  – vedi Eurocodice EC8).

Con riferimento a valori della frazione fine  $FC = 0$  ( $< 5\%$ ) e  $FC = 10\%$ , il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione viene determinato in base alla seguente espressione:

$$FS = CRR / CSR = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / CSR.$$

I risultati delle elaborazioni condotte sono riportati nelle **TABELLE 3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16** in calce alla presente relazione.

Il diagramma di **FIG. 15** riporta l'andamento di FS, relativamente alle ipotesi assunte.

Si registrano valori di FS marcatamente inferiori all'unità, a testimonianza di un reale pericolo di liquefazione (si rammenta che il valore minimo previsto dall'Eurocodice EC8 risulta pari a  $FS = 1,25$ ).

L'indice di liquefazione  $I_L$  (Iwasaki et al. 1984) risulta nei due casi suddetti pari a:

$$I_L = 22,8 \quad FC < 5\%$$

$$I_L = 19,1 \quad FC = 10\%$$

con rischio di liquefazione molto alto.

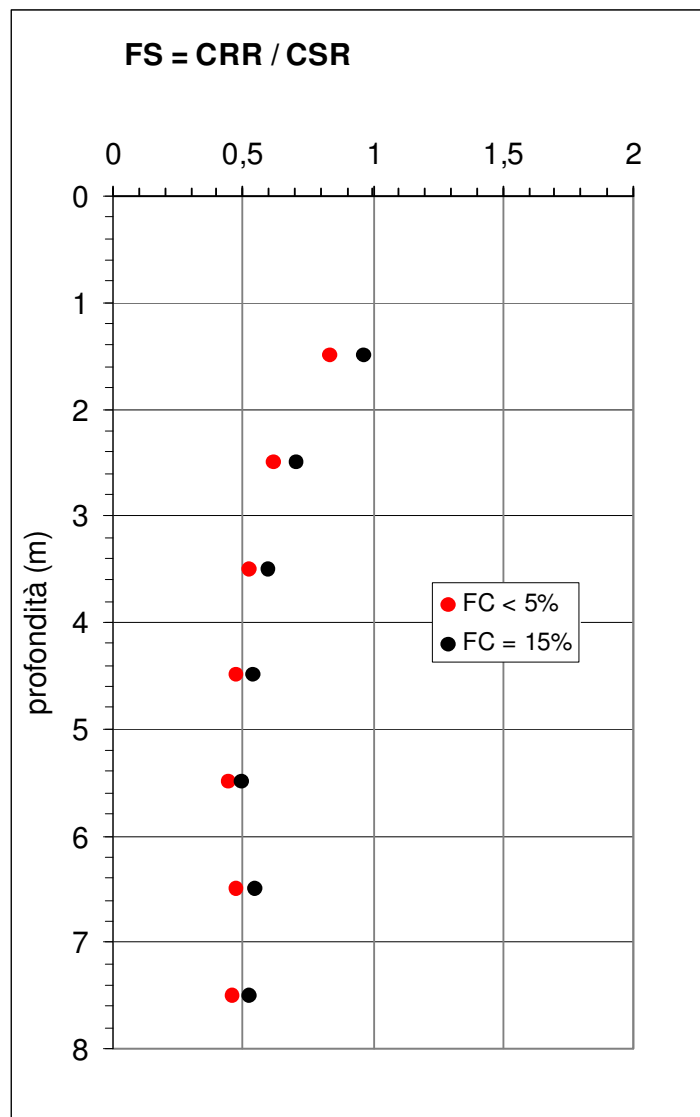


FIG. 15



**VALUTAZIONI DI CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO**

Alla luce di quanto sopra espresso, in presenza di possibili fenomeni di liquefazione, risultano prive di significato le valutazioni concernenti la capacità portante del terreno di fondazione, in presenza di sabbie superficiali.

Vengono comunque nel seguito condotte alcune valutazioni di capacità portante in condizioni sismiche, nell'ipotesi di assenza di liquefazione e assimilando il sottosuolo alla categoria D.

Si fa riferimento a un sottosuolo sabbioso con falda superficiale, caratterizzato dai seguenti valori dei parametri geotecnici:

$$\begin{aligned}\varphi' &= 31^\circ & c' &= 0 \\ \gamma' &= 9,5 \text{ kN/m}^3.\end{aligned}$$

Rimandando le valutazioni all'Eurocodice EC7, la resistenza di progetto risulta espressa da:

$$R/A' = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5\gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma.$$

Nel caso in esame, in condizioni statiche (in assenza di sisma) si ha:

$$N_c = 0$$

$$N_q = 20,6$$

$$N_\gamma = 23,6.$$

In presenza di sisma (in assenza però di liquefazione), la Circolare NTC 2 febbraio 2009 si limita a considerare la sola componente orizzontale dell'azione sismica, prendendo in considerazione nell'analisi pseudostatica i seguenti parametri:

coefficiente sismico (effetto inerziale):  $K_{hi} = H / V$

(rapporto fra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione)

coefficiente sismico (effetto cinematico):  $K_{hk} = \beta_s \cdot S \cdot a_g / g = 0,24 \cdot S \cdot a_g / g$

(per  $S \cdot a_g = 0,324 g$   $K_{hk} = 0,078$  per  $S \cdot a_g = 0,372 g$   $K_{hk} = 0,089$ ).

Il coefficiente sismico  $K_{hk}$  modifica il solo coefficiente  $N_\gamma$  che assume il seguente valore ridotto per effetto del sisma (Cascone et al 2004):

$$N_{\gamma E} \equiv 0,9 \cdot N_\gamma = 21.$$

La resistenza di progetto risulta in definitiva espressa da:

$$R/A' = q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_{\gamma E} b_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma}.$$

In presenza di terreni coesivi superficiali è da valutare la possibilità di decadimento dei valori della resistenza al taglio a seguito di eventi sismici. Una valutazione potrà essere condotta ad esempio secondo le indicazioni di Matsui et al. (1980), tenendo conto dell'incremento delle pressioni interstiziali (in termini di tensioni efficaci), ovvero secondo le indicazioni di Matasovic (1993), tenendo conto del decremento di  $C_u$  (in termini di tensioni totali).

In entrambi i casi (sia in presenza di sabbie superficiali, sia in presenza di terreni coesivi), si ravvisa la necessità di effettuare adeguati interventi di consolidamento del terreno.

## VALUTAZIONI GEOTECNICHE CONCLUSIVE

Alla luce dei risultati dell'indagine risulta chiara la suscettibilità del sottosuolo in esame nei confronti del fenomeno della liquefazione. Altro situazione di pericolo deriva dagli ampi lesionamenti superficiali del terreno, verificatisi a seguito del sisma del maggio 2012. Premessa la necessità di un accurato controllo delle strutture di fondazione, in merito alle possibili scelte da adottare, in attesa di ulteriori indagini, si ritiene in questa sede che la misura minima possa essere rappresentata dal collegamento delle strutture di fondazione esistenti.

Sempre a titolo di esempio, potranno essere presi in considerazione eventuali interventi di consolidamento del sottosuolo, del tipo Jet Grouting, pali di contrasto infissi a pressione, o altro ancora, prestando attenzione a non ingenerare fenomeni di vibrazione.

Si suggerisce infine di prendere in considerazione la tecnica delle iniezioni, mediante resine espandenti ad alta pressione di rigonfiamento, che nello specifico permetterebbe di migliorare le caratteristiche geotecniche dei volumi di terreno definiti nel progetto e di limitare al massimo le vibrazioni che potrebbero compromettere la precaria condizione del terreno. In merito a tale tipologia di interventi, si vogliono citare interessanti esperienze effettuate dall'Università di Ankara (Turchia), a seguito del devastante terremoto di Adapazari nell'agosto 1999 (magnitudo momento  $M_w = 7,4$ ), mediante iniezioni di resine espandenti al di sotto di fondazioni esistenti (tecnologia italiana, resine Geoplus – Uretek VR),

## TABELLA 3

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 1,50$	$r_d = 0,989$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 27$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 27$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,925$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 0$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 1,259$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 38$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,000$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 38$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,082$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,200$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,84$	

## TABELLA 4

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 1,50$	$r_d = 0,989$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 27$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 27$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,925$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 15$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 2,073$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 38$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,408$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 54$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,095$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,200$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,97$	

## TABELLA 5

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 2,50$	$r_d = 0,981$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 36,5$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 46,5$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,655$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 0$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 1,259$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 33$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,000$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 33$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,078$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,255$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,62$	



## TABELLA 6

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 2,50$	$r_d = 0,981$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 36,5$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 46,5$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,655$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 15$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 2,073$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 33$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,408$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 47$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,089$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,255$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,71$	

## TABELLA 7

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 3,50$	$r_d = 0,973$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 46$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 66$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,474$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 0$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 1,259$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 29$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,000$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 29$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,075$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,287$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,53$	

TABELLA 8

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 3,50$	$r_d = 0,973$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 46$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 66$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,474$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 15$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 2,073$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 29$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,408$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 42$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,085$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,287$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,60$	

## TABELLA 9

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 4,50$	$r_d = 0,966$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 55,5$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 85,5$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,342$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 0$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 1,259$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 27$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,000$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 27$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,072$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,308$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,48$	

TABELLA 10

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 4,50$	$r_d = 0,966$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 55,5$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 85,5$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,342$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 15$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 2,073$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 27$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,408$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 38$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,081$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,308$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,54$	

TABELLA 11

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 5,50$	$r_d = 0,958$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 65$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 105$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,240$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 0$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 1,259$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 25$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,000$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 25$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,071$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,323$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,45$	



TABELLA 12

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 5,50$	$r_d = 0,958$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 65$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 105$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,240$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 15$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 2,073$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 2,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 25$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,408$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 35$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,079$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,323$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,50$	

## TABELLA 13

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 6,50$	$r_d = 0,950$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 74,5$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 124,5$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,159$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 0$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 1,259$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 3,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 35$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,000$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 35$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,079$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,335$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,48$	

## TABELLA 14

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 6,50$	$r_d = 0,950$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 74,5$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 124,5$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,159$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 15$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 2,073$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 3,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 35$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,408$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 49$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,091$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,335$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,55$	

## TABELLA 15

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 7,50$	$r_d = 0,943$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 84$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 144$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,091$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 0$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 1,259$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 3,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 33$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,000$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 33$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,077$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,343$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,46$	

## TABELLA 16

**LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT**

(ROBERTSON - WRIDE 1998)

magnitudo attesa:	$M = 6,14$	
coeff. magnitudo:	$MSF = 2,04$	(Eurocodice EC8)
profondità:	$z \text{ (m)} = 7,50$	$r_d = 0,943$ (Youd-Idriss 1997)
coeff. profondità assunto:	$r_d = 1,000$	$r_d = 1,000$ (Eurocodice EC8)
prex verticale efficace:	$\sigma'_{vo} \text{ (kPa)} = 84$	
prex verticale totale:	$\sigma_{vo} \text{ (kPa)} = 144$	
coeff. normalizzazione:	$C_Q = 1,091$	
frazione fine (% < # 200):	$FC \text{ (%) } = 15$	indice comportamento tipo di suolo: $I_c = 2,073$
resistenza alla punta (prova CPT):	$q_c \text{ (MPa)} = 3,0$	
valore normalizzato:	$q_{c1N} = (q_c/p_a) \cdot C_Q = 33$	fattore correzione granul.: $K_c = 1,408$
valore equivalente (clean sand):	$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} \cdot K_c = 46$	
Cyclic Resistance Ratio:	$(CRR)_{7,5} = 0,088$	
azione sismica di progetto:		
accelerazione max al suolo:	$S a_g / g = 0,308$	
Cyclic Stress Ratio:	$CSR = 0,343$	
COEFFICIENTE SICUREZZA LIQUEFAZIONE:	$FS = MSF \cdot (CRR)_{7,5} / (CSR) = 0,53$	

- **CARTA UBICAZIONE CPT E SONDAGGIO**

*Legende dati CPT*

CPT 7/11

CPT 8/11

CPT 6/11

CPT 9B/12

CPT 9/11

S1/12

CPT 01/08

CARTA UBICAZIONE CPT E SONDAGGIO scala 1:700

LEGENDA

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| ● CPT SGM Srl     | ● CPT Geplan Sas   |
| ● CPT Demetra Srl | ◆ SOND. Silgeo Sas |



## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**DDSP150C -**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_1 ) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = [( L_2 ) - ( L_1 )] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_t ) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

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

N.B. : nonostante la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata alla stessa quota della punta .

### CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:**  $F = (q_c / f_s)$

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

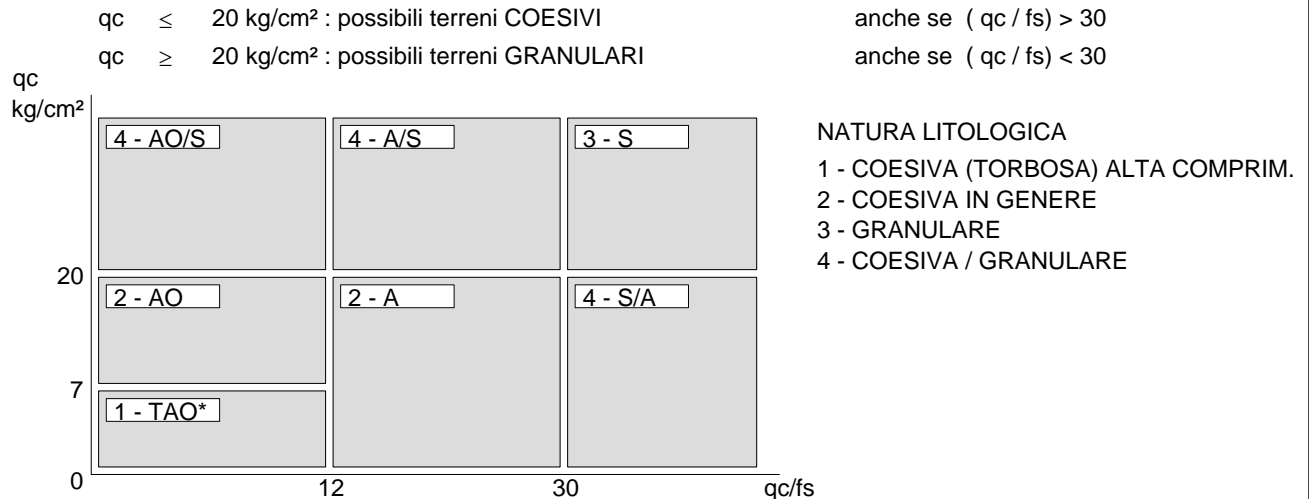
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia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

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

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

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $q_c$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $q_c$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $q_c$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $q_c$  - natura]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 )]
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $D_r$  -  $q_c$  -  $\sigma'_{vo}$  )  
 $\phi'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\phi'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\phi'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\phi'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\phi'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\phi'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g)$  -  $D_r$ ]
- $V_s$  = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Yoshida Motonori 1988 )

- **ELABORATI CPT**

*S.G.M. Srl - Ferrara*

**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>				<b>CPT</b>	<b>6/11</b>
				riferimento	<b>SAGO12</b>
Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>				U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>				Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>				Elaborato:	Falda: <b>-2,40 m</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00			15,20	13,0	26,0		13,00	0,87	15	6,7
0,40	12,0	39,0		12,00	1,80	7	15,0	15,40	15,0	28,0		15,00	0,87	17	5,8
0,60	16,0	31,0		16,00	1,00	16	6,3	15,60	16,0	28,0		16,00	0,80	20	5,0
0,80	15,0	28,0		15,00	0,87	17	5,8	15,80	18,0	31,0		18,00	0,87	21	4,8
<b>1,00</b>	<b>13,0</b>	<b>26,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,87</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>	<b>16,00</b>	<b>17,0</b>	<b>31,0</b>		<b>17,00</b>	<b>0,93</b>	<b>18</b>	<b>5,5</b>
1,20	16,0	28,0		16,00	0,80	20	5,0	16,20	14,0	26,0		14,00	0,80	18	5,7
1,40	9,0	19,0		9,00	0,67	13	7,4	16,40	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6
1,60	14,0	21,0		14,00	0,47	30	3,4	16,60	11,0	18,0		11,00	0,47	23	4,3
1,80	16,0	31,0		16,00	1,00	16	6,3	16,80	55,0	86,0		55,00	2,07	27	3,8
<b>2,00</b>	<b>8,0</b>	<b>17,0</b>		<b>8,00</b>	<b>0,60</b>	<b>13</b>	<b>7,5</b>	<b>17,00</b>	<b>71,0</b>	<b>87,0</b>		<b>71,00</b>	<b>1,07</b>	<b>66</b>	<b>1,5</b>
2,20	10,0	17,0		10,00	0,47	21	4,7	17,20	73,0	94,0		73,00	1,40	52	1,9
2,40	11,0	18,0		11,00	0,47	23	4,3	17,40	54,0	82,0		54,00	1,87	29	3,5
2,60	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4	17,60	38,0	60,0		38,00	1,47	26	3,9
2,80	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6	17,80	41,0	72,0		41,00	2,07	20	5,0
<b>3,00</b>	<b>14,0</b>	<b>23,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,60</b>	<b>23</b>	<b>4,3</b>	<b>18,00</b>	<b>61,0</b>	<b>93,0</b>		<b>61,00</b>	<b>2,13</b>	<b>29</b>	<b>3,5</b>
3,20	9,0	14,0		9,00	0,33	27	3,7	18,20	70,0	101,0		70,00	2,07	34	3,0
3,40	15,0	24,0		15,00	0,60	25	4,0	18,40	64,0	94,0		64,00	2,00	32	3,1
3,60	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9	18,60	67,0	84,0		67,00	1,13	59	1,7
3,80	8,0	13,0		8,00	0,33	24	4,1	18,80	48,0	123,0		48,00	5,00	10	10,4
<b>4,00</b>	<b>8,0</b>	<b>15,0</b>		<b>8,00</b>	<b>0,47</b>	<b>17</b>	<b>5,9</b>	<b>19,00</b>	<b>65,0</b>	<b>143,0</b>		<b>65,00</b>	<b>5,20</b>	<b>13</b>	<b>8,0</b>
4,20	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9	19,20	130,0	171,0		130,00	2,73	48	2,1
4,40	11,0	18,0		11,00	0,47	23	4,3	19,40	145,0	179,0		145,00	2,27	64	1,6
4,60	18,0	26,0		18,00	0,53	34	2,9	19,60	158,0	183,0		158,00	1,67	95	1,1
4,80	9,0	17,0		9,00	0,53	17	5,9	19,80	105,0	142,0		105,00	2,47	43	2,4
<b>5,00</b>	<b>19,0</b>	<b>30,0</b>		<b>19,00</b>	<b>0,73</b>	<b>26</b>	<b>3,8</b>	<b>20,00</b>	<b>110,0</b>	<b>147,0</b>		<b>110,00</b>	<b>2,47</b>	<b>45</b>	<b>2,2</b>
5,20	12,0	18,0		12,00	0,40	30	3,3	20,20	245,0	339,0		245,00	6,27	39	2,6
5,40	6,0	12,0		6,00	0,40	15	6,7	20,40	211,0	293,0		211,00	5,47	39	2,6
5,60	23,0	41,0		23,00	1,20	19	5,2	20,60	188,0	241,0		188,00	3,53	53	1,9
5,80	28,0	45,0		28,00	1,13	25	4,0	20,80	163,0	214,0		163,00	3,40	48	2,1
<b>6,00</b>	<b>20,0</b>	<b>27,0</b>		<b>20,00</b>	<b>0,47</b>	<b>43</b>	<b>2,4</b>	<b>21,00</b>	<b>150,0</b>	<b>209,0</b>		<b>150,00</b>	<b>3,93</b>	<b>38</b>	<b>2,6</b>
6,20	20,0	29,0		20,00	0,60	33	3,0	21,20	143,0	197,0		143,00	3,60	40	2,5
6,40	24,0	35,0		24,00	0,73	33	3,0	21,40	165,0	211,0		165,00	3,07	54	1,9
6,60	18,0	25,0		18,00	0,47	38	2,6	21,60	183,0	229,0		183,00	3,07	60	1,7
6,80	11,0	18,0		11,00	0,47	23	4,3	21,80	150,0	187,0		150,00	2,47	61	1,6
<b>7,00</b>	<b>8,0</b>	<b>14,0</b>		<b>8,00</b>	<b>0,40</b>	<b>20</b>	<b>5,0</b>	<b>22,00</b>	<b>102,0</b>	<b>138,0</b>		<b>102,00</b>	<b>2,40</b>	<b>43</b>	<b>2,4</b>
7,20	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6	22,20	32,0	58,0		32,00	1,73	18	5,4
7,40	7,0	14,0		7,00	0,47	15	6,7	22,40	18,0	35,0		18,00	1,13	16	6,3
7,60	6,0	10,0		6,00	0,27	22	4,5	22,60	17,0	39,0		17,00	1,47	12	8,6
7,80	7,0	11,0		7,00	0,27	26	3,9	22,80	16,0	27,0		16,00	0,73	22	4,6
<b>8,00</b>	<b>8,0</b>	<b>12,0</b>		<b>8,00</b>	<b>0,27</b>	<b>30</b>	<b>3,4</b>	<b>23,00</b>	<b>17,0</b>	<b>28,0</b>		<b>17,00</b>	<b>0,73</b>	<b>23</b>	<b>4,3</b>
8,20	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9	23,20	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4
8,40	9,0	18,0		9,00	0,60	15	6,7	23,40	15,0	29,0		15,00	0,93	16	6,2
8,60	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6	23,60	16,0	30,0		16,00	0,93	17	5,8
8,80	10,0	21,0		10,00	0,73	14	7,3	23,80	19,0	34,0		19,00	1,00	19	5,3
<b>9,00</b>	<b>11,0</b>	<b>21,0</b>		<b>11,00</b>	<b>0,67</b>	<b>16</b>	<b>6,1</b>	<b>24,00</b>	<b>19,0</b>	<b>34,0</b>		<b>19,00</b>	<b>1,00</b>	<b>19</b>	<b>5,3</b>
9,20	11,0	20,0		11,00	0,60	18	5,5	24,20	20,0	36,0		20,00	1,07	19	5,4
9,40	11,0	21,0		11,00	0,67	16	6,1	24,40	21,0	37,0		21,00	1,07	20	5,1
9,60	11,0	22,0		11,00	0,73	15	6,6	24,60	21,0	40,0		21,00	1,27	17	6,0
9,80	11,0	21,0		11,00	0,67	16	6,1	24,80	23,0	42,0		23,00	1,27	18	5,5
<b>10,00</b>	<b>12,0</b>	<b>21,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,60</b>	<b>20</b>	<b>5,0</b>	<b>25,00</b>	<b>23,0</b>	<b>43,0</b>		<b>23,00</b>	<b>1,33</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>
10,20	13,0	22,0		13,00	0,60	22	4,6	25,20	25,0	47,0		25,00	1,47	17	5,9
10,40	13,0	21,0		13,00	0,53	25	4,1	25,40	26,0	48,0		26,00	1,47	18	5,7
10,60	11,0	21,0		11,00	0,67	16	6,1	25,60	26,0	50,0		26,00	1,60	16	6,2
10,80	10,0	20,0		10,00	0,67	15	6,7	25,80	27,0	50,0		27,00	1,53	18	5,7
<b>11,00</b>	<b>13,0</b>	<b>21,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,53</b>	<b>25</b>	<b>4,1</b>	<b>26,00</b>	<b>32,0</b>	<b>63,0</b>		<b>32,00</b>	<b>2,07</b>	<b>15</b>	<b>6,5</b>
11,20	15,0	23,0		15,00	0,53	28	3,5	26,20	38,0	78,0		38,00	2,67	14	7,0
11,40	15,0	23,0		15,00	0,53	28	3,5	26,40	46,0	90,0		46,00	2,93	16	6,4
11,60	11,0	23,0		11,00	0,80	14	7,3	26,60	45,0	93,0		45,00	3,20	14	7,1
11,80	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6	26,80	43,0	100,0		43,00	3,80	11	8,8
<b>12,00</b>	<b>12,0</b>	<b>24,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,80</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>	<b>27,00</b>	<b>41,0</b>	<b>98,0</b>		<b>41,00</b>	<b>3,80</b>	<b>11</b>	<b>9,3</b>
12,20	15,0	29,0		15,00	0,93	16	6,2	27,20	41,0	95,0		41,00	3,60	11	8,8
12,40	13,0	28,0		13,00	1,00	13	7,7	27,40	36,0	93,0		36,00	3,80	9	10,6
12,60	11,0	23,0		11,00	0,80	14	7,3	27,60	36,0	88,0		36,00	3,47	10	9,6
12,80	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6	27,80	34,0	76,0		34,00	2,80	12	8,2
<b>13,00</b>	<b>13,0</b>	<b>23,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,67</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>	<b>28,00</b>	<b>37,0</b>	<b>88,0</b>		<b>37,00</b>	<b>3,40</b>	<b>11</b>	<b>9,2</b>
13,20	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6	28,20	38,0	88,0		38,00	3,33	11	8,8
13,40	13,0	25,0		13,00	0,80	16	6,2	28,40	38,0	90,0		38,00	3,47	11	9,1
13,60	12,0	25,0		12,00	0,87	14	7,3	28,60	29,0	74,0		29,00	3,00	10	10,3
13,80	12,0	24,0		12,00	0,80	15	6,7	28,80	27,0	61,0		27,00	2,27	12	8,4
<b>14,00</b>	<b>13,0</b>	<b>25,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,80</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>	<b>29,00</b>	<b>31,0</b>	<b>63,0</b>		<b>31,00</b>	<b>2,13</b>	<b>15</b>	<b>6,9</b>
14,20	13,0	25,0		13,00	0,80	16	6,2	29,20	35,0	69,0		35,00	2,27	15	6,5
14,40	13,0	25,0		13,00	0,80	16	6,2	29,40	35,0	69,0		35,00	2,27	15	6,5
14,60	13,0	25,0		13,00	0,80	16	6,2	29,60	39,0	78,0		39,00	2,60	15	6,7
14,80	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6	29,80	43,0	79,0		43,00	2,40	18	5,6
<b>15,00</b>	<b>13,0</b>	<b>24,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,73</b>	<b>18</b>	<b>5,6</b>	<b>30,00</b>	<b>41,0</b>	<b>80,0</b>		<b>41,00</b>	<b>2,60</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON000

**SAGO12**

Falda: -2,40 m



pag. 92

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

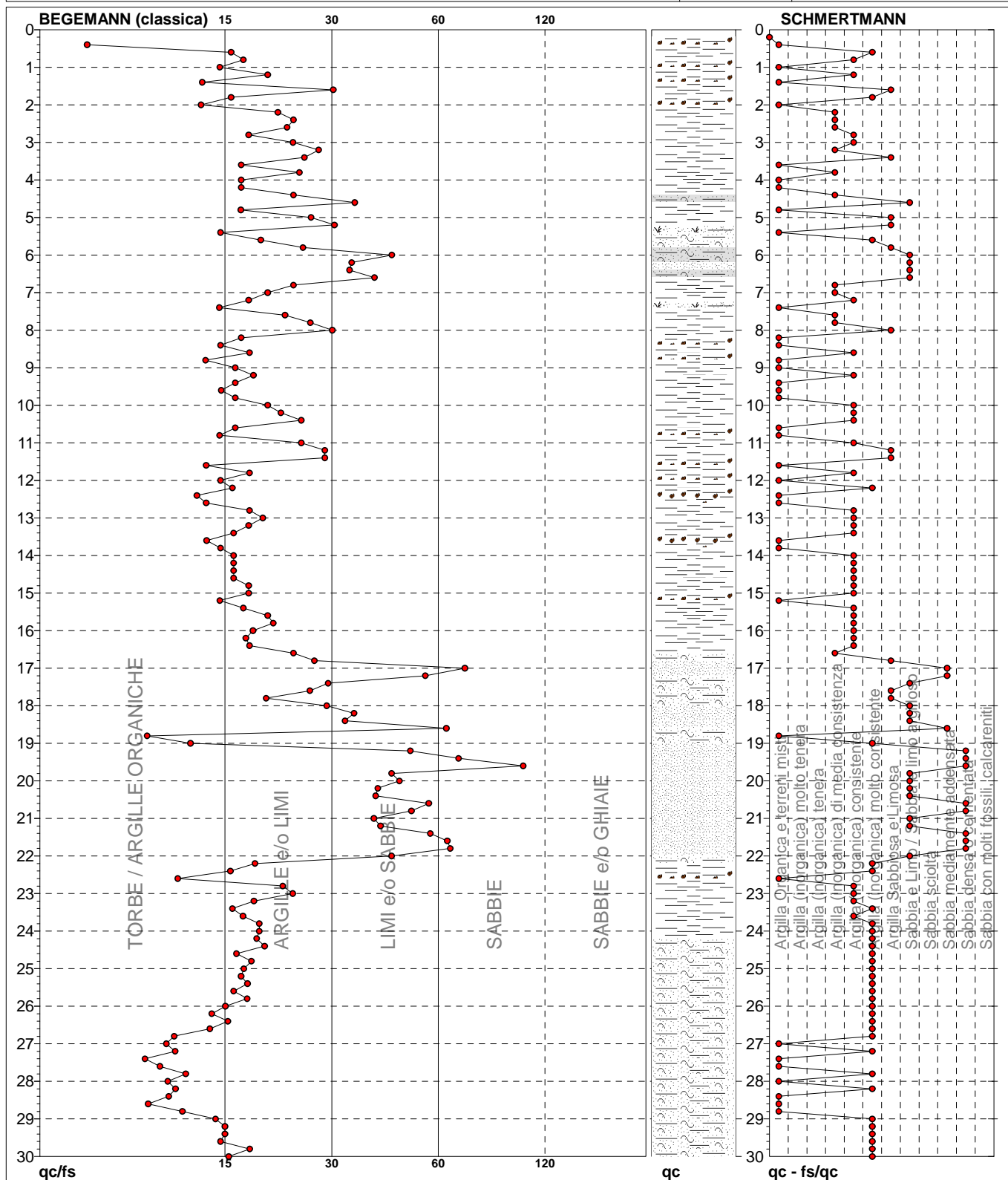
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**6/11****SAGO12**Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **05/05/2011**Falda: **-2,40 m**

Torbe / Argille org. :

35 punti, 23,49%

Argille e/o Limi :

90 punti, 60,40%

Limi e/o Sabbie :

21 punti, 14,09%

Sabbie:

4 punti, 2,68%

Argilla Organica e terreni misti:

35 punti,

23,49%

Argilla (inorganica) media consist.:

11 punti,

7,38%

Argilla (inorganica) consistente:

32 punti,

21,48%

Argilla (inorganica) molto consist.:

33 punti,

22,15%

Argilla Sabbiosa e Limosa:

11 punti,

7,38%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:

16 punti,

10,74%

Sabbia mediamente addensata:

3 punti,

2,01%

Sabbia densa o cementata:

8 punti,

5,37%

FON000



## GEOHYDRODATA SAS

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI						CPT		6/11
						riferimento		SAGO12
Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>						U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>	
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>						Pagina: <b>1</b>		
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>						Elaborato:	Falda: <b>-2,40 m</b>	

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE													
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\phi$ Sc (°)	$\phi$ Ca (°)	$\phi$ Ko (°)	$\phi$ DB (°)	$\phi$ DM (°)	$\phi$ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.			
0,20	--	--	2	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	12,00	6,67	2	1,85	0,07	141	0,57	80,8	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	16,00	16,00	2	1,85	0,11	157	0,70	62,3	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	15,00	17,24	2	1,85	0,15	154	0,67	41,2	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	13,00	14,94	2	1,85	0,19	145	0,60	27,6	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	16,00	20,00	2	1,85	0,22	157	0,70	26,2	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	9,00	13,43	2	1,85	0,26	127	0,45	12,5	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	14,00	29,79	2	1,85	0,30	150	0,64	16,3	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	16,00	16,00	2	1,85	0,33	157	0,70	15,8	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	8,00	13,33	2	1,85	0,37	121	0,40	6,9	93,2	139,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	10,00	21,28	2	1,85	0,41	132	0,50	8,1	97,4	146,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	11,00	23,40	2	0,91	0,43	137	0,54	8,4	101,1	151,6	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	9,00	22,50	2	0,88	0,44	127	0,45	6,4	114,7	172,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	13,00	17,81	2	0,93	0,46	145	0,60	8,8	109,3	163,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	14,00	23,33	2	0,94	0,48	150	0,64	8,9	113,8	170,7	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	9,00	27,27	2	0,88	0,50	127	0,45	5,5	134,7	202,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	15,00	25,00	2	0,95	0,52	154	0,67	8,6	122,5	183,7	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	8,00	17,02	2	0,86	0,53	121	0,40	4,4	149,1	223,6	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	8,00	24,24	2	0,86	0,55	121	0,40	4,2	153,9	230,9	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	8,00	17,02	2	0,86	0,57	121	0,40	4,0	158,6	237,9	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	8,00	17,02	2	0,86	0,59	121	0,40	3,9	164,3	246,4	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	11,00	23,40	2	0,91	0,60	137	0,54	5,4	164,2	246,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	18,00	33,96	4	0,91	0,62	164	0,75	7,9	149,7	224,6	56,2	25	34	26	23	22	30	27	--	30,0	45,0	54,0	--	--	
4,80	9,00	16,98	2	0,88	0,64	127	0,45	4,0	178,5	267,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	19,00	26,03	2	0,99	0,66	168	0,78	7,7	160,2	240,2	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	12,00	30,00	4	0,88	0,68	141	0,57	5,1	186,4	279,6	44,6	9	32	24	21	20	27	26	--	20,0	30,0	36,0	--	--	
5,40	6,00	15,00	1	0,46	0,69	109	0,30	2,2	34,9	52,3	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	23,00	19,17	4	0,94	0,70	180	0,87	8,1	168,5	252,8	69,0	30	35	27	24	22	31	28	--	38,3	57,5	69,0	--	--	
5,80	28,00	24,78	4	0,96	0,72	194	0,97	9,0	171,7	257,5	84,0	36	36	28	25	23	32	28	--	46,7	70,0	84,0	--	--	
6,00	20,00	42,55	4	0,93	0,74	171	0,80	6,9	187,4	281,1	60,0	24	34	26	23	22	30	27	--	33,3	50,0	60,0	--	--	
6,20	20,00	33,33	4	0,93	0,76	171	0,80	6,7	194,2	291,3	60,0	23	34	26	23	21	30	27	--	33,3	50,0	60,0	--	--	
6,40	24,00	32,88	3	0,86	0,78	183	--	--	--	--	--	--	29	35	27	24	22	30	28	--	40,0	60,0	72,0	--	--
6,60	18,00	38,30	4	0,91	0,80	164	0,75	5,8	212,7	319,0	56,2	19	33	25	22	21	29	27	--	30,0	45,0	54,0	--	--	
6,80	11,00	23,40	2	0,91	0,81	137	0,54	3,7	229,8	344,7	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	8,00	20,00	2	0,86	0,83	121	0,40	2,5	211,6	317,4	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	13,00	17,81	2	0,93	0,85	145	0,60	4,1	237,4	356,1	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	7,00	14,89	1	0,46	0,86	115	0,35	2,0	41,8	62,7	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	6,00	22,22	2	0,82	0,88	109	0,30	1,6	173,2	259,8	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	7,00	25,93	2	0,84	0,89	115	0,35	1,9	197,0	295,5	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	8,00	29,63	2	0,86	0,91	121	0,40	2,2	218,4	327,6	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	8,00	17,02	2	0,86	0,93	121	0,40	2,2	219,6	329,5	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	9,00	15,00	2	0,88	0,94	127	0,45	2,5	239,0	358,5	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	12,00	17,91	2	0,92	0,96	141	0,57	3,3	269,1	403,6	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	10,00	13,70	2	0,90	0,98	132	0,50	2,7	258,0	387,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	11,00	16,42	2	0,91	1,00	137	0,54	2,9	269,6	404,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	11,00	18,33	2	0,91	1,02	137	0,54	2,8	272,2	408,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	11,00	16,42	2	0,91	1,04	137	0,54	2,8	274,6	412,0	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	11,00	15,07	2	0,91	1,05	137	0,54	2,7	277,0	415,5	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	11,00	16,42	2	0,91	1,07	137	0,54	2,6	279,2	418,7	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	12,00	20,00	2	0,92	1,09	141	0,57	2,8	290,8	436,2	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	13,00	21,67	2	0,93	1,11	145	0,60	2,9	301,1	451,7	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	13,00	24,53	2	0,93	1,13	145	0,60	2,9	304,0	456,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	11,00	16,42	2	0,91	1,15	137	0,54	2,4	286,8	430,2	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	10,00	14,93	2	0,90	1,16	132	0,50	2,2	274,9	412,3	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	13,00	24,53	2	0,93	1,18	145	0,60	2,7	311,5	467,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	15,00	28,30	2	0,95	1,20	154	0,67	3,0	328,6	492,9	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	15,00	28,30	2	0,95	1,22	154	0,67	2,9	331,7	497,5	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	11,00	13,75	2	0,91	1,24	137	0,54	2,2	29																

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	<b>CPT</b>	<b>6/11</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>2</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,40 m</b>

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr (°)	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20,00	110,00	44,53	3	1,02	2,07	325	--	--	--	--	58	38	30	26	25	33	34	--	183,3	275,0	330,0	
20,20	245,00	39,08	3	1,15	2,09	440	--	--	--	--	85	41	33	31	29	38	39	--	408,3	612,5	735,0	
20,40	211,00	38,57	3	1,15	2,11	416	--	--	--	--	79	41	33	30	28	37	38	--	351,7	527,5	633,0	
20,60	188,00	53,26	3	1,13	2,13	398	--	--	--	--	75	40	32	29	27	36	37	--	313,3	470,0	564,0	
20,80	163,00	47,94	3	1,09	2,16	377	--	--	--	--	70	40	31	28	26	35	36	--	271,7	407,5	489,0	
21,00	150,00	38,17	3	1,08	2,18	366	--	--	--	--	67	39	31	28	26	35	36	--	250,0	375,0	450,0	
21,20	143,00	39,72	3	1,06	2,20	359	--	--	--	--	65	39	31	28	26	35	36	--	238,3	357,5	429,0	
21,40	165,00	53,75	3	1,10	2,22	379	--	--	--	--	70	40	31	28	26	35	37	--	275,0	412,5	495,0	
21,60	183,00	59,61	3	1,12	2,24	394	--	--	--	--	73	40	32	29	27	36	37	--	305,0	457,5	549,0	
21,80	150,00	60,73	3	1,08	2,27	366	--	--	--	--	66	39	31	28	26	35	36	--	250,0	375,0	450,0	
22,00	102,00	42,50	3	1,00	2,29	316	--	--	--	--	52	38	29	26	24	32	34	--	170,0	255,0	306,0	
22,20	32,00	18,50	4	0,97	2,30	204	1,07	2,4	572,5	858,8	96,0	12	33	23	19	18	26	29	--	53,3	80,0	96,0
22,40	18,00	15,93	2	0,98	2,32	164	0,75	1,5	436,7	655,0	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,60	17,00	11,56	2	0,97	2,34	161	0,72	1,4	423,6	635,4	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,80	16,00	21,92	2	0,96	2,36	157	0,70	1,4	409,5	614,2	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,00	17,00	23,29	2	0,97	2,38	161	0,72	1,4	424,4	636,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,20	16,00	18,39	2	0,96	2,40	157	0,70	1,3	410,2	615,2	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,40	15,00	16,13	2	0,95	2,42	154	0,67	1,3	394,9	592,4	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,60	16,00	17,20	2	0,96	2,44	157	0,70	1,3	410,8	616,2	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,80	19,00	19,00	2	0,99	2,46	168	0,78	1,5	452,9	679,3	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24,00	19,00	19,00	2	0,99	2,48	168	0,78	1,5	453,3	680,0	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24,20	20,00	18,69	4	0,93	2,50	171	0,80	1,5	466,3	699,4	60,0	--	31	20	17	16	25	27	--	33,3	50,0	60,0
24,40	21,00	19,63	4	0,93	2,52	174	0,82	1,6	478,6	717,9	63,0	--	31	20	17	16	25	27	--	35,0	52,5	63,0
24,60	21,00	16,54	4	0,93	2,54	174	0,82	1,5	479,1	718,6	63,0	--	31	20	17	16	25	27	--	35,0	52,5	63,0
24,80	23,00	18,11	4	0,94	2,55	180	0,87	1,6	501,6	752,4	69,0	--	31	21	17	16	25	28	--	38,3	57,5	69,0
25,00	23,00	17,29	4	0,94	2,57	180	0,87	1,6	502,2	753,3	69,0	--	31	21	17	16	25	28	--	38,3	57,5	69,0
25,20	25,00	17,01	4	0,94	2,59	186	0,91	1,7	522,8	784,1	75,0	1	31	21	18	17	25	28	--	41,7	62,5	75,0
25,40	26,00	17,69	4	0,95	2,61	189	0,93	1,7	532,7	799,0	78,0	2	32	21	18	17	25	28	--	43,3	65,0	78,0
25,60	26,00	16,25	4	0,95	2,63	189	0,93	1,7	533,4	800,0	78,0	2	32	21	18	17	25	28	--	43,3	65,0	78,0
25,80	27,00	17,65	4	0,95	2,65	192	0,95	1,7	543,0	814,4	81,0	3	32	21	18	17	25	28	--	45,0	67,5	81,0
26,00	32,00	15,46	4	0,97	2,67	204	1,07	2,0	597,6	896,3	96,0	9	32	22	19	18	25	29	--	53,3	80,0	96,0
26,20	38,00	14,23	4	0,99	2,69	218	1,27	2,5	675,4	1013,1	114,0	15	33	23	20	19	26	30	--	63,3	95,0	114,0
26,40	46,00	15,70	4	1,01	2,71	234	1,53	3,1	746,0	1119,0	138,0	21	34	24	21	19	27	31	--	76,7	115,0	138,0
26,60	45,00	14,06	4	1,00	2,73	232	1,50	3,0	743,2	1114,9	135,0	20	34	24	20	19	27	31	--	75,0	112,5	135,0
26,80	43,00	11,32	4	1,00	2,75	228	1,43	2,8	731,1	1096,6	129,0	18	33	23	20	19	27	30	--	71,7	107,5	129,0
27,00	41,00	10,79	4	1,00	2,77	224	1,37	2,6	715,2	1072,8	123,0	17	33	23	20	19	26	30	--	68,3	102,5	123,0
27,20	41,00	11,39	4	1,00	2,79	224	1,37	2,6	717,4	1076,1	123,0	16	33	23	20	19	26	30	--	68,3	102,5	123,0
27,40	36,00	9,47	4	0,99	2,81	214	1,20	2,2	660,7	991,0	108,0	12	33	22	19	18	26	30	--	60,0	90,0	108,0
27,60	36,00	10,37	4	0,99	2,83	214	1,20	2,2	662,0	993,0	108,0	12	33	22	19	18	25	30	--	60,0	90,0	108,0
27,80	34,00	12,14	4	0,98	2,85	209	1,13	2,0	635,6	953,3	102,0	9	32	22	19	18	25	29	--	56,7	85,0	102,0
28,00	37,00	10,88	4	0,99	2,87	216	1,23	2,2	677,7	1016,6	111,0	12	33	22	19	18	26	30	--	61,7	92,5	111,0
28,20	38,00	11,41	4	0,99	2,89	218	1,27	2,2	692,0	1038,0	114,0	13	33	23	19	18	26	30	--	63,3	95,0	114,0
28,40	38,00	10,95	4	0,99	2,91	218	1,27	2,2	693,4	1040,1	114,0	13	33	23	19	18	26	30	--	63,3	95,0	114,0
28,60	29,00	9,67	4	0,96	2,93	197	0,98	1,6	569,1	853,7	87,0	3	32	21	18	17	25	29	--	48,3	72,5	87,0
28,80	27,00	11,89	4	0,95	2,94	192	0,95	1,5	551,8	827,7	81,0	1	31	21	17	16	25	28	--	45,0	67,5	81,0
29,00	31,00	14,55	4	0,97	2,96	202	1,03	1,7	594,8	892,2	93,0	5	32	21	18	17	25	29	--	51,7	77,5	93,0
29,20	35,00	15,42	4	0,98	2,98	211	1,17	1,9	656,9	985,4	105,0	9	32	22	19	18	25	29	--	58,3	87,5	105,0
29,40	35,00	15,42	4	0,98	3,00	211	1,17	1,9	657,9	986,8	105,0	9	32	22	19	18	25	29	--	58,3	87,5	105,0
29,60	39,00	15,00	4	1,00	3,02	220	1,30	2,2	714,5	1071,7	117,0	13	33	22	19	18	26	30	--	65,0	97,5	117,0
29,80	43,00	17,92	4	1,00	3,04	228	1,43	2,4	764,4	1146,6	129,0	16	33	23	20	19	26	30	--	71,7	107,5	129,0
30,00	41,00	15,77	4	1,00	3,06	224	1,37	2,3	742,7	1114,0	123,0	14	33	23	19	18	26	30	--	68,3	102,5	123,0

**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>7/11</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,20 m</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	36,0	61,0		36,00	1,67	22	4,6								
0,60	27,0	53,0		27,00	1,73	16	6,4								
0,80	39,0	50,0		39,00	0,73	53	1,9								
<b>1,00</b>	<b>30,0</b>	<b>43,0</b>		<b>30,00</b>	<b>0,87</b>	<b>34</b>	<b>2,9</b>								
1,20	20,0	35,0		20,00	1,00	20	5,0								
1,40	15,0	31,0		15,00	1,07	14	7,1								
1,60	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3								
1,80	14,0	21,0		14,00	0,47	30	3,4								
<b>2,00</b>	<b>9,0</b>	<b>16,0</b>		<b>9,00</b>	<b>0,47</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>								
2,20	10,0	20,0		10,00	0,67	15	6,7								
2,40	9,0	14,0		9,00	0,33	27	3,7								
2,60	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9								
2,80	13,0	21,0		13,00	0,53	25	4,1								
<b>3,00</b>	<b>25,0</b>	<b>35,0</b>		<b>25,00</b>	<b>0,67</b>	<b>37</b>	<b>2,7</b>								
3,20	11,0	22,0		11,00	0,73	15	6,6								
3,40	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3								
3,60	19,0	25,0		19,00	0,40	48	2,1								
3,80	19,0	24,0		19,00	0,33	58	1,7								
<b>4,00</b>	<b>30,0</b>	<b>39,0</b>		<b>30,00</b>	<b>0,60</b>	<b>50</b>	<b>2,0</b>								
4,20	17,0	25,0		17,00	0,53	32	3,1								
4,40	8,0	16,0		8,00	0,53	15	6,6								
4,60	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2								
4,80	25,0	34,0		25,00	0,60	42	2,4								
<b>5,00</b>	<b>15,0</b>	<b>24,0</b>		<b>15,00</b>	<b>0,60</b>	<b>25</b>	<b>4,0</b>								
5,20	12,0	19,0		12,00	0,47	26	3,9								
5,40	7,0	15,0		7,00	0,53	13	7,6								
5,60	14,0	21,0		14,00	0,47	30	3,4								
5,80	15,0	26,0		15,00	0,73	21	4,9								
<b>6,00</b>	<b>24,0</b>	<b>30,0</b>		<b>24,00</b>	<b>0,40</b>	<b>60</b>	<b>1,7</b>								
6,20	26,0	38,0		26,00	0,80	33	3,1								
6,40	29,0	36,0		29,00	0,47	62	1,6								
6,60	19,0	25,0		19,00	0,40	48	2,1								
6,80	13,0	27,0		13,00	0,93	14	7,2								
<b>7,00</b>	<b>13,0</b>	<b>23,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,67</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>								
7,20	6,0	12,0		6,00	0,40	15	6,7								
7,40	12,0	21,0		12,00	0,60	20	5,0								
7,60	7,0	12,0		7,00	0,33	21	4,7								
7,80	6,0	10,0		6,00	0,27	22	4,5								
<b>8,00</b>	<b>5,0</b>	<b>9,0</b>		<b>5,00</b>	<b>0,27</b>	<b>19</b>	<b>5,4</b>								
8,20	8,0	12,0		8,00	0,27	30	3,4								
8,40	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2								
8,60	12,0	20,0		12,00	0,53	23	4,4								
8,80	14,0	28,0		14,00	0,93	15	6,6								
<b>9,00</b>	<b>14,0</b>	<b>29,0</b>		<b>14,00</b>	<b>1,00</b>	<b>14</b>	<b>7,1</b>								
9,20	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4								
9,40	14,0	25,0		14,00	0,73	19	5,2								
9,60	14,0	23,0		14,00	0,60	23	4,3								
9,80	12,0	26,0		12,00	0,93	13	7,8								
<b>10,00</b>	<b>13,0</b>	<b>25,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,80</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>								
10,20	14,0	26,0		14,00	0,80	18	5,7								
10,40	15,0	27,0		15,00	0,80	19	5,3								
10,60	16,0	30,0		16,00	0,93	17	5,8								
10,80	16,0	31,0		16,00	1,00	16	6,3								
<b>11,00</b>	<b>18,0</b>	<b>31,0</b>		<b>18,00</b>	<b>0,87</b>	<b>21</b>	<b>4,8</b>								
11,20	19,0	33,0		19,00	0,93	20	4,9								
11,40	17,0	30,0		17,00	0,87	20	5,1								
11,60	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4								
11,80	12,0	26,0		12,00	0,93	13	7,8								
<b>12,00</b>	<b>14,0</b>	<b>27,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,87</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>								
12,20	15,0	29,0		15,00	0,93	16	6,2								
12,40	13,0	28,0		13,00	1,00	13	7,7								
12,60	14,0	29,0		14,00	1,00	14	7,1								
12,80	14,0	30,0		14,00	1,07	13	7,6								
<b>13,00</b>	<b>12,0</b>	<b>26,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,93</b>	<b>13</b>	<b>7,8</b>								
13,20	11,0	21,0		11,00	0,67	16	6,1								
13,40	11,0	21,0		11,00	0,67	16	6,1								
13,60	13,0	22,0		13,00	0,60	22	4,6								
13,80	13,0	22,0		13,00	0,60	22	4,6								
<b>14,00</b>	<b>12,0</b>	<b>23,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,73</b>	<b>16</b>	<b>6,1</b>								
14,20	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6								
14,40	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6								
14,60	13,0	23,0		13,00	0,67	19	5,2								
14,80	14,0	27,0		14,00	0,87	16	6,2								
<b>15,00</b>	<b>16,0</b>	<b>31,0</b>		<b>16,00</b>	<b>1,00</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
 alla stessa quota di qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**7/11****SAGO12**

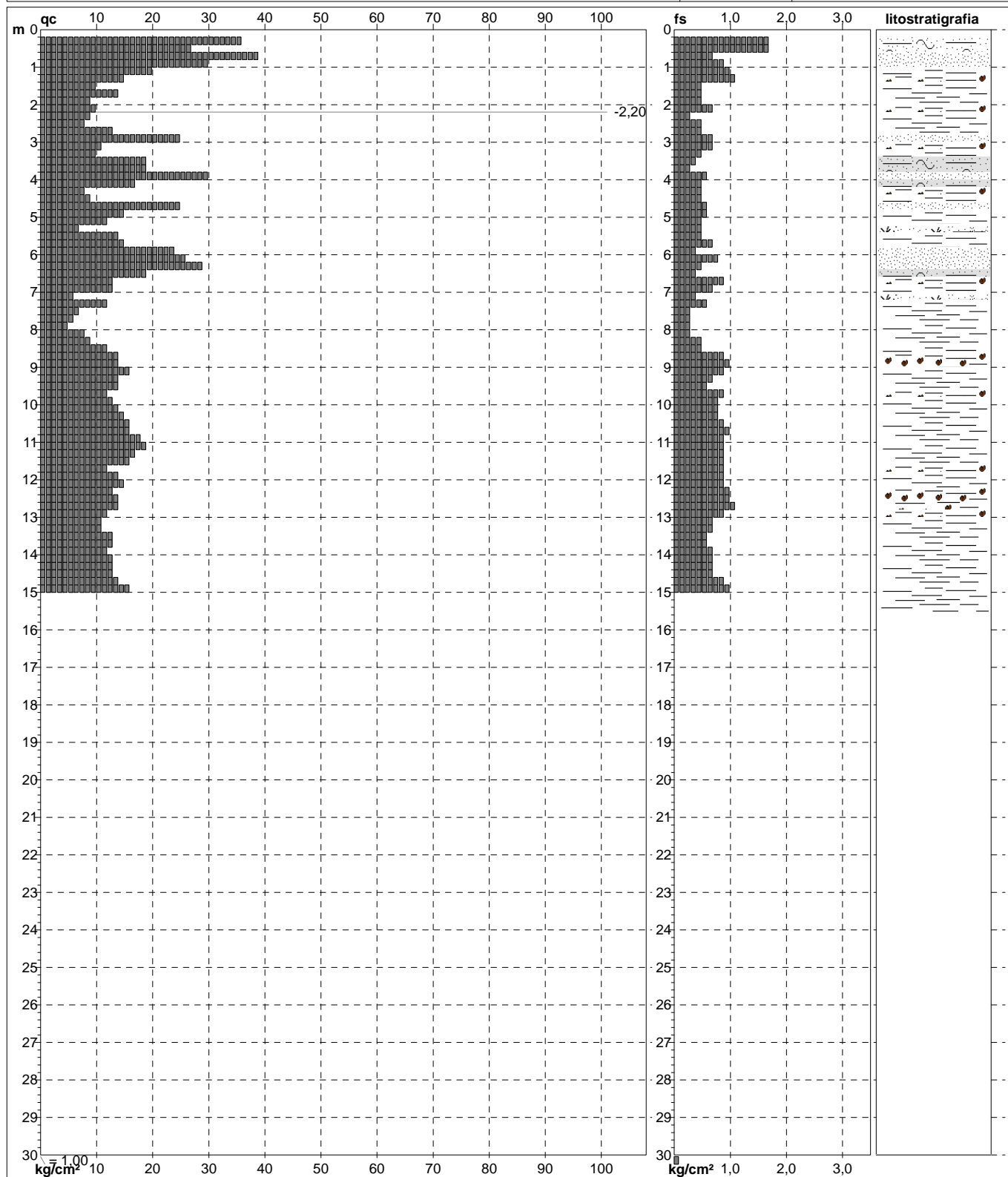
Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**  
 Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**  
 Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **05/05/2011**

Quota inizio: p.c.

Falda: **-2,20 m****Coord. Relative**

Xr: m

Yr: m

Zr: m

**Coord. Geografiche**

Xg:

Yg:

Zg:

Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

Penetrometro:

Responsabile: **SGM Srl - Ferrara**

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

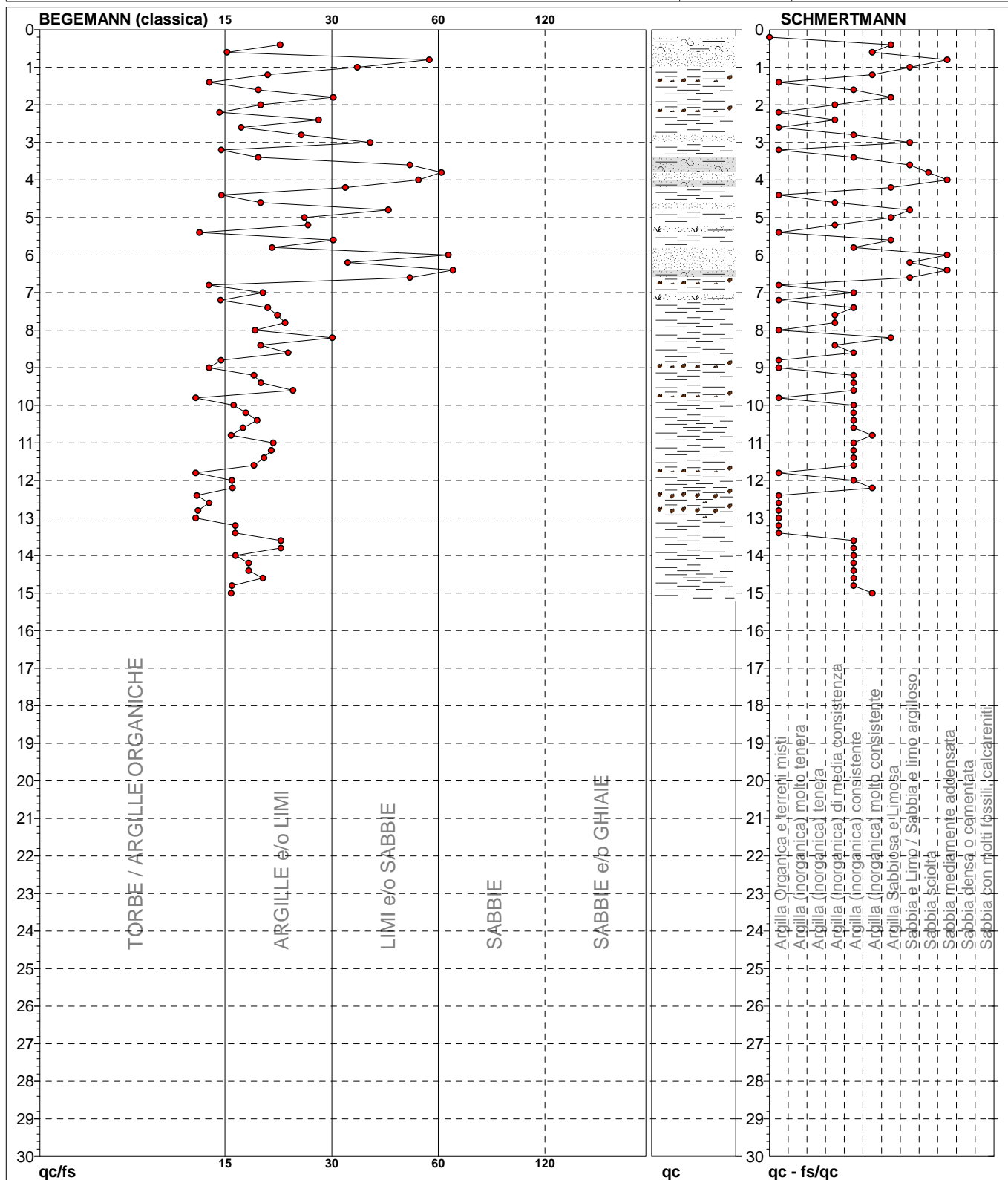
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**7/11****SAGO12**Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **05/05/2011**Falda: **-2,20 m**

Torbe / Argille org. :

88 punti, 59,06%

Argille e/o Limi :

50 punti, 33,56%

Limi e/o Sabbie :

11 punti, 7,38%

Sabbie:

1 punti, 0,67%

Argilla Organica e terreni misti:

19 punti,

12,75%

Argilla (inorganica) media consist.:

7 punti,

4,70%

Argilla (inorganica) consistente:

26 punti,

17,45%

Argilla (inorganica) molto consist.:

5 punti,

3,36%

Argilla Sabbiosa e Limosa:

6 punti,

4,03%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:

6 punti,

4,03%

Sabbia sciolta:

1 punti,

0,67%

Sabbia mediamente addensata:

4 punti,

2,68%

FON000

GEOHYDRODATA SAS

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo  
45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	7/11
	riferimento	SAGO12

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,20 m</b>

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE															
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	øSc (°)	øCa (°)	øKo (°)	øDB (°)	øDM (°)	øMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.					
0,20	--	--	?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	36,00	21,56	4	1,85	0,07	214	1,20	99,9	204,0	306,0	108,0	100	43	40	38	35	44	30	--	--	--	60,0	90,0	108,0	--	--	
0,60	27,00	15,61	4	1,85	0,11	192	0,95	91,6	161,1	241,6	81,0	81	41	37	34	32	41	28	--	--	--	45,0	67,5	81,0	--	--	
0,80	39,00	53,42	3	1,85	0,15	220	--	--	--	--	--	86	42	37	35	32	41	30	2,00	2,00	65,0	97,5	117,0	--	--		
1,00	30,00	34,48	3	1,85	0,19	199	--	--	--	--	--	72	40	35	32	30	39	29	2,00	50,0	75,0	90,0	--	--	--	--	
1,20	20,00	20,00	4	1,85	0,22	171	0,80	31,2	136,0	204,0	60,0	53	38	32	29	27	36	27	--	--	--	33,3	50,0	60,0	--	--	
1,40	15,00	14,02	2	1,85	0,26	154	0,67	20,5	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	10,00	18,87	2	1,85	0,30	132	0,50	12,1	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	14,00	29,79	2	1,85	0,33	150	0,64	14,1	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,00	9,00	19,15	2	1,85	0,37	127	0,45	8,0	88,8	133,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	10,00	14,93	2	0,90	0,39	132	0,50	8,6	92,0	138,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	9,00	27,27	2	0,88	0,41	127	0,45	7,1	101,0	151,5	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	8,00	17,02	2	0,86	0,42	121	0,40	5,9	112,7	169,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	13,00	24,53	2	0,93	0,44	145	0,60	9,3	105,3	157,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	25,00	37,31	3	0,86	0,46	186	--	--	--	--	--	43	36	30	27	25	34	28	--	--	41,7	62,5	75,0	--	--		
3,20	11,00	15,07	2	0,91	0,48	137	0,54	7,3	118,0	176,9	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	10,00	18,87	2	0,90	0,49	132	0,50	6,4	128,5	192,7	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	19,00	47,50	4	0,92	0,51	168	0,78	10,5	131,8	197,8	58,1	31	35	28	25	23	31	27	--	--	31,7	47,5	57,0	--	--		
3,80	19,00	57,58	4	0,92	0,53	168	0,78	10,1	131,8	197,8	58,1	30	35	28	24	23	31	27	--	--	31,7	47,5	57,0	--	--		
4,00	30,00	50,00	3	0,88	0,55	199	--	--	--	--	--	45	37	30	27	25	34	29	--	--	50,0	75,0	90,0	--	--		
4,20	17,00	32,08	4	0,91	0,57	161	0,72	8,5	134,6	201,9	54,1	25	34	27	23	22	30	27	--	--	28,3	42,5	51,0	--	--		
4,40	8,00	15,09	2	0,86	0,58	121	0,40	3,9	163,9	245,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	9,00	19,15	2	0,88	0,60	127	0,45	4,4	168,1	252,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	25,00	41,67	3	0,86	0,62	186	--	--	--	--	--	36	36	28	25	24	32	28	--	--	41,7	62,5	75,0	--	--		
5,00	15,00	25,00	2	0,95	0,64	154	0,67	6,6	163,3	245,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,20	12,00	25,53	2	0,92	0,66	141	0,57	5,3	179,5	269,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	7,00	13,21	1	0,46	0,67	115	0,35	2,8	36,6	54,9	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	14,00	29,79	2	0,94	0,68	150	0,64	5,7	183,6	275,4	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	15,00	20,55	2	0,95	0,70	154	0,67	5,9	187,4	281,2	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	24,00	60,00	3	0,86	0,72	183	--	--	--	--	--	31	35	27	24	23	31	28	--	--	40,0	60,0	72,0	--	--		
6,20	26,00	32,50	3	0,87	0,74	189	--	--	--	--	--	33	35	27	24	23	31	28	--	--	43,3	65,0	78,0	--	--		
6,40	29,00	61,70	3	0,87	0,76	197	--	--	--	--	--	36	36	28	25	23	32	29	--	--	48,3	72,5	87,0	--	--		
6,60	19,00	47,50	4	0,92	0,77	168	0,78	6,3	201,7	302,6	58,1	21	34	26	22	21	29	27	--	--	31,7	47,5	57,0	--	--		
6,80	13,00	13,98	2	0,93	0,79	145	0,60	4,5	221,1	331,7	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	13,00	19,40	2	0,93	0,81	145	0,60	4,3	226,5	339,8	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	6,00	15,00	1	0,46	0,82	109	0,30	1,8	36,9	55,3	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	12,00	20,00	2	0,92	0,84	141	0,57	3,9	235,4	353,2	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	7,00	21,21	2	0,84	0,86	115	0,35	2,1	195,0	292,5	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	6,00	22,22	2	0,82	0,87	109	0,30	1,7	173,1	259,6	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	5,00	18,52	2	0,80	0,89	101	0,25	1,3	147,8	221,7	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	8,00	29,63	2	0,86	0,91	121	0,40	2,3	218,0	327,1	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	9,00	19,15	2	0,88	0,92	127	0,45	2,6	236,7	355,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	12,00	22,64	2	0,92	0,94	141	0,57	3,4	264,2	396,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	14,00	15,05	2	0,94	0,96	150	0,64	3,8	270,7	406,0	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	14,00	14,00	2	0,94	0,98	150	0,64	3,7	276,3	414,5	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,20	16,00	18,39	2	0,96	1,00	157	0,70	4,0	278,4	417,5	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,40	14,00	19,18	2	0,94	1,02	150	0,64	3,5	286,7	430,0	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,60	14,00	23,33	2	0,94	1,04	150	0,64	3,4	291,3	437,0	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,80	12,00	12,90	2	0,92	1,05	141	0,57	2,9	285,5	428,2	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,00	13,00	16,25	2	0,93	1,07	145	0,60	3,1	295,0	442,5	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,20	14,00	17,50	2	0,94	1,09	150	0,64	3,2	303,5	455,2	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,40	15,00	18,75	2	0,95	1,11	154	0,67	3,3	311,0	466,5	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,60	16,00	17,20	2	0,96	1,13	157	0,70	3,4	317,9	476,8	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,80	16,00	16,00	2	0,96	1,15	157	0,70	3,4	322,3	483,5	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,00	18,00	20,69	2	0,98	1,17	164	0,75	3,6	329,9	494,8	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,20	19,00	20,43	2	0,99	1,19	168	0,78	3,7	335,4	503,1	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,40	17,00	19,54	2	0,97	1,21	161	0,72	3,3	338,1	507,1	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,60	16,00	18,39	2	0,96	1,23	15																					

**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>8/11</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-3,50 m</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	13,0	22,0		13,00	0,60	22	4,6								
0,60	30,0	46,0		30,00	1,07	28	3,6								
0,80	23,0	34,0		23,00	0,73	32	3,2								
<b>1,00</b>	<b>18,0</b>	<b>25,0</b>		<b>18,00</b>	<b>0,47</b>	<b>38</b>	<b>2,6</b>								
1,20	19,0	23,0		19,00	0,27	70	1,4								
1,40	33,0	44,0		33,00	0,73	45	2,2								
1,60	26,0	39,0		26,00	0,87	30	3,3								
1,80	27,0	40,0		27,00	0,87	31	3,2								
<b>2,00</b>	<b>21,0</b>	<b>33,0</b>		<b>21,00</b>	<b>0,80</b>	<b>26</b>	<b>3,8</b>								
2,20	17,0	31,0		17,00	0,93	18	5,5								
2,40	17,0	23,0		17,00	0,40	43	2,4								
2,60	18,0	26,0		18,00	0,53	34	2,9								
2,80	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6								
<b>3,00</b>	<b>12,0</b>	<b>22,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,67</b>	<b>18</b>	<b>5,6</b>								
3,20	17,0	25,0		17,00	0,53	32	3,1								
3,40	13,0	21,0		13,00	0,53	25	4,1								
3,60	11,0	19,0		11,00	0,53	21	4,8								
3,80	11,0	19,0		11,00	0,53	21	4,8								
<b>4,00</b>	<b>12,0</b>	<b>21,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,60</b>	<b>20</b>	<b>5,0</b>								
4,20	13,0	18,0		13,00	0,33	39	2,5								
4,40	11,0	16,0		11,00	0,33	33	3,0								
4,60	8,0	16,0		8,00	0,53	15	6,6								
4,80	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9								
<b>5,00</b>	<b>6,0</b>	<b>13,0</b>		<b>6,00</b>	<b>0,47</b>	<b>13</b>	<b>7,8</b>								
5,20	9,0	12,0		9,00	0,20	45	2,2								
5,40	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7								
5,60	16,0	20,0		16,00	0,27	59	1,7								
5,80	14,0	23,0		14,00	0,60	23	4,3								
<b>6,00</b>	<b>58,0</b>	<b>74,0</b>		<b>58,00</b>	<b>1,07</b>	<b>54</b>	<b>1,8</b>								
6,20	34,0	47,0		34,00	0,87	39	2,6								
6,40	20,0	30,0		20,00	0,67	30	3,4								
6,60	24,0	32,0		24,00	0,53	45	2,2								
6,80	27,0	36,0		27,00	0,60	45	2,2								
<b>7,00</b>	<b>33,0</b>	<b>48,0</b>		<b>33,00</b>	<b>1,00</b>	<b>33</b>	<b>3,0</b>								
7,20	52,0	68,0		52,00	1,07	49	2,1								
7,40	39,0	59,0		39,00	1,33	29	3,4								
7,60	26,0	37,0		26,00	0,73	36	2,8								
7,80	23,0	32,0		23,00	0,60	38	2,6								
<b>8,00</b>	<b>19,0</b>	<b>30,0</b>		<b>19,00</b>	<b>0,73</b>	<b>26</b>	<b>3,8</b>								
8,20	11,0	19,0		11,00	0,53	21	4,8								
8,40	9,0	17,0		9,00	0,53	17	5,9								
8,60	12,0	16,0		12,00	0,27	44	2,3								
8,80	26,0	36,0		26,00	0,67	39	2,6								
<b>9,00</b>	<b>18,0</b>	<b>27,0</b>		<b>18,00</b>	<b>0,60</b>	<b>30</b>	<b>3,3</b>								
9,20	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7								
9,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0								
9,60	9,0	14,0		9,00	0,33	27	3,7								
9,80	14,0	20,0		14,00	0,40	35	2,9								
<b>10,00</b>	<b>15,0</b>	<b>22,0</b>		<b>15,00</b>	<b>0,47</b>	<b>32</b>	<b>3,1</b>								
10,20	17,0	28,0		17,00	0,73	23	4,3								
10,40	14,0	27,0		14,00	0,87	16	6,2								
10,60	12,0	25,0		12,00	0,87	14	7,3								
10,80	16,0	26,0		16,00	0,67	24	4,2								
<b>11,00</b>	<b>18,0</b>	<b>29,0</b>		<b>18,00</b>	<b>0,73</b>	<b>25</b>	<b>4,1</b>								
11,20	19,0	30,0		19,00	0,73	26	3,8								
11,40	19,0	33,0		19,00	0,93	20	4,9								
11,60	20,0	37,0		20,00	1,13	18	5,7								
11,80	20,0	38,0		20,00	1,20	17	6,0								
<b>12,00</b>	<b>21,0</b>	<b>38,0</b>		<b>21,00</b>	<b>1,13</b>	<b>19</b>	<b>5,4</b>								
12,20	21,0	37,0		21,00	1,07	20	5,1								
12,40	22,0	40,0		22,00	1,20	18	5,5								
12,60	24,0	42,0		24,00	1,20	20	5,0								
12,80	21,0	41,0		21,00	1,33	16	6,3								
<b>13,00</b>	<b>19,0</b>	<b>31,0</b>		<b>19,00</b>	<b>0,80</b>	<b>24</b>	<b>4,2</b>								
13,20	17,0	29,0		17,00	0,80	21	4,7								
13,40	17,0	28,0		17,00	0,73	23	4,3								
13,60	16,0	26,0		16,00	0,67	24	4,2								
13,80	15,0	29,0		15,00	0,93	16	6,2								
<b>14,00</b>	<b>14,0</b>	<b>27,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,87</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>								
14,20	14,0	27,0		14,00	0,87	16	6,2								
14,40	14,0	27,0		14,00	0,87	16	6,2								
14,60	16,0	28,0		16,00	0,80	20	5,0								
14,80	15,0	26,0		15,00	0,73	21	4,9								
<b>15,00</b>	<b>15,0</b>	<b>27,0</b>		<b>15,00</b>	<b>0,80</b>	<b>19</b>	<b>5,3</b>								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**8/11****SAGO12**

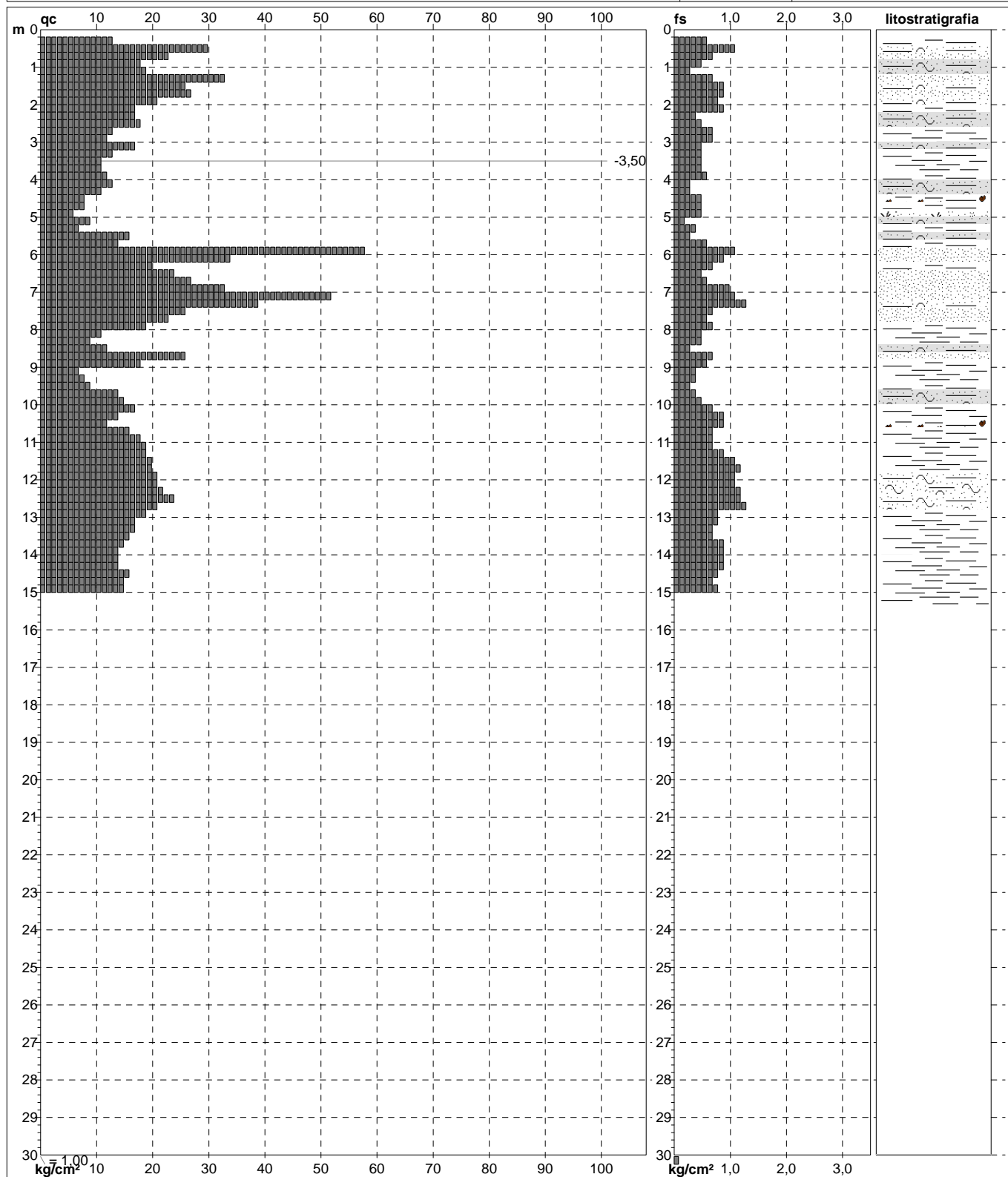
Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**  
 Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**  
 Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **05/05/2011**

Quota inizio: p.c.

Falda: **-3,50 m****Coord. Relative**

Xr: m

Yr: m

Zr: m

**Coord. Geografiche**

Xg:

Yg:

Zg:

Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

Penetrometro:

Responsabile: **SGM Srl - Ferrara**

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

FON000



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

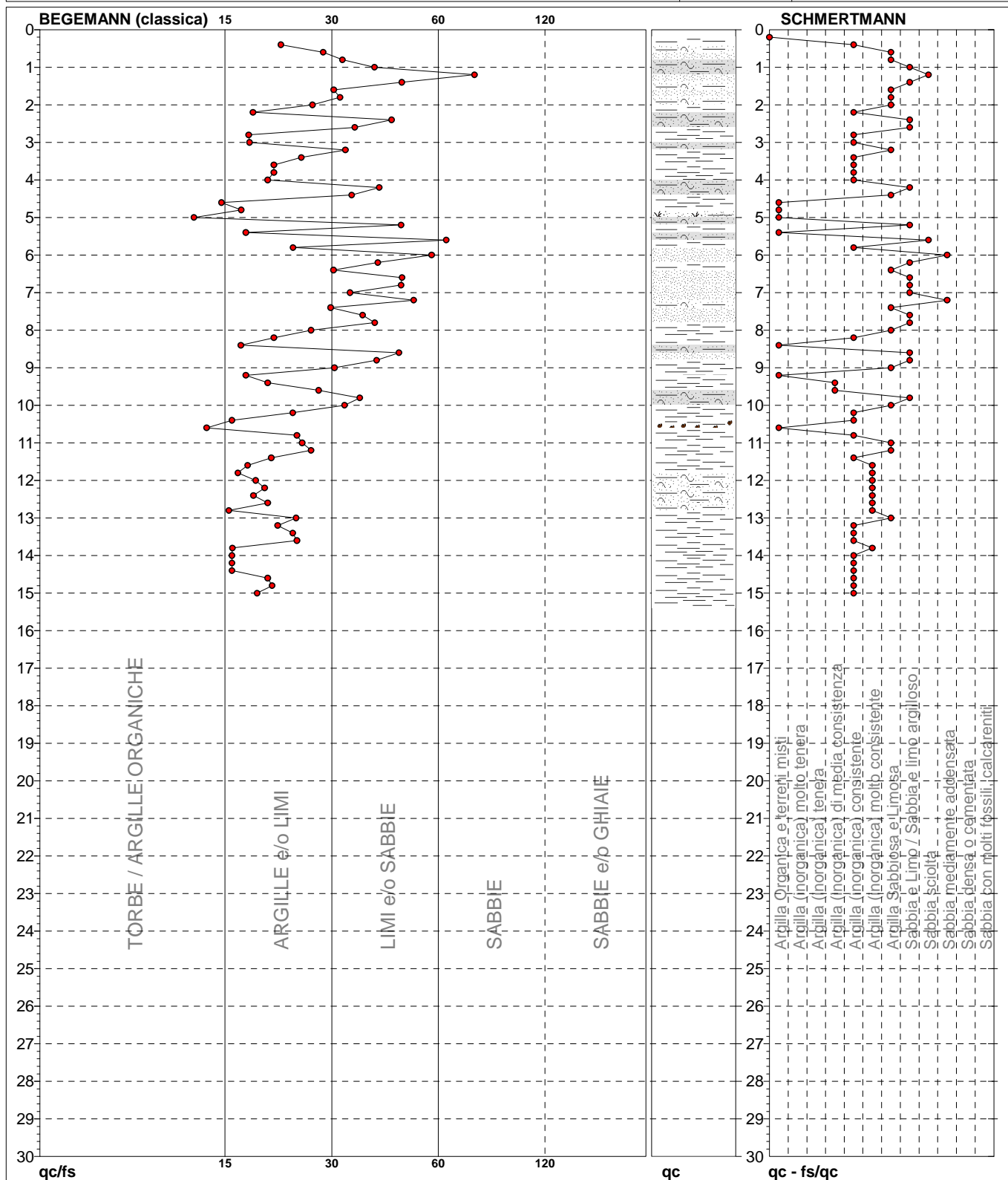
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**8/11****SAGO12**Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data eseg.: **05/05/2011**Falda: **-3,50 m**

Torbe / Argille org. :

78 punti, 52,35%

Argille e/o Limi :

48 punti, 32,21%

Limi e/o Sabbie :

23 punti, 15,44%

Sabbie:

1 punti, 0,67%

Argilla Organica e terreni misti:

7 punti, 4,70%

Argilla (inorganica) media consist.:

2 punti, 1,34%

Argilla (inorganica) consistente:

23 punti, 15,44%

Argilla (inorganica) molto consist.:

8 punti, 5,37%

Argilla Sabbiosa e Limosa:

15 punti, 10,07%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:

15 punti, 10,07%

Sabbia sciolta:

2 punti, 1,34%

Sabbia mediamente addensata:

2 punti, 1,34%

FON000

**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>CPT</b>	<b>8/11</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-3,50 m</b>

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\phi_{Sc}$ (°)	$\phi_{Ca}$ (°)	$\phi_{Ko}$ (°)	$\phi_{DB}$ (°)	$\phi_{DM}$ (°)	$\phi_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	--	--	2	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	13,00	21,67	2	1,85	0,07	145	0,60	86,7	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	30,00	28,04	4	1,85	0,11	199	1,00	98,0	170,0	255,0	90,0	84	41	38	35	33	41	29	--	50,0	75,0	90,0	
0,80	23,00	31,51	3	1,85	0,15	180	--	--	--	--	--	68	39	35	32	30	39	28	2,00	38,3	57,5	69,0	
1,00	18,00	38,30	4	1,85	0,19	164	0,75	36,1	127,5	191,3	56,2	54	38	33	30	28	37	27	--	30,0	45,0	54,0	
1,20	19,00	70,37	4	1,85	0,22	168	0,78	30,0	131,8	197,8	58,1	52	37	32	29	27	36	27	--	31,7	47,5	57,0	
1,40	33,00	45,21	3	1,85	0,26	207	--	--	--	--	--	67	39	34	31	29	38	29	2,00	55,0	82,5	99,0	
1,60	26,00	29,89	4	1,85	0,30	189	0,93	26,2	157,9	236,8	78,0	55	38	32	29	27	36	28	--	43,3	65,0	78,0	
1,80	27,00	31,03	3	1,85	0,33	192	--	--	--	--	--	54	38	32	29	27	36	28	2,00	45,0	67,5	81,0	
2,00	21,00	26,25	4	1,85	0,37	174	0,82	17,1	140,0	210,0	63,0	43	36	30	27	25	34	27	--	35,0	52,5	63,0	
2,20	17,00	18,28	2	1,85	0,41	161	0,72	12,9	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	17,00	42,50	4	1,85	0,44	161	0,72	11,6	123,0	184,5	54,1	31	35	28	25	23	32	27	--	28,3	42,5	51,0	
2,60	18,00	33,96	4	1,85	0,48	164	0,75	10,9	127,5	191,3	56,2	31	35	28	25	23	31	27	--	30,0	45,0	54,0	
2,80	13,00	17,81	2	1,85	0,52	145	0,60	7,6	126,2	189,3	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	12,00	17,91	2	1,85	0,56	141	0,57	6,5	143,0	214,4	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	17,00	32,08	4	1,85	0,59	161	0,72	8,1	141,8	212,8	54,1	24	34	26	23	22	30	27	--	28,3	42,5	51,0	
3,40	13,00	24,53	2	1,85	0,63	145	0,60	6,0	166,7	250,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	11,00	20,75	2	0,91	0,65	137	0,54	5,0	178,8	268,2	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	11,00	20,75	2	0,91	0,67	137	0,54	4,8	184,6	276,9	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	12,00	20,00	2	0,92	0,68	141	0,57	5,0	188,6	282,9	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	13,00	39,39	4	0,88	0,70	145	0,60	5,2	192,2	288,3	46,5	11	33	24	21	20	28	26	--	21,7	32,5	39,0	
4,40	11,00	33,33	4	0,87	0,72	137	0,54	4,4	200,7	301,1	42,5	4	32	23	20	19	26	26	--	18,3	27,5	33,0	
4,60	8,00	15,09	2	0,86	0,74	121	0,40	2,9	199,6	299,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	8,00	17,02	2	0,86	0,75	121	0,40	2,8	202,1	303,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	6,00	12,77	1	0,46	0,76	109	0,30	2,0	36,2	54,3	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,20	9,00	45,00	4	0,85	0,78	127	0,45	3,2	216,1	324,1	37,8	--	31	22	19	18	25	26	--	15,0	22,5	27,0	
5,40	7,00	17,50	2	0,84	0,80	115	0,35	2,2	191,1	286,6	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	16,00	59,26	4	0,90	0,81	157	0,70	5,2	223,6	335,4	51,8	14	33	25	21	20	28	27	--	26,7	40,0	48,0	
5,80	14,00	23,33	2	0,94	0,83	150	0,64	4,5	232,4	348,5	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	58,00	54,21	3	0,93	0,85	256	--	--	--	--	--	57	38	31	28	26	35	31	--	96,7	145,0	174,0	
6,20	34,00	39,08	3	0,89	0,87	209	--	--	--	--	--	38	36	28	25	23	32	29	--	56,7	85,0	102,0	
6,40	20,00	29,85	4	0,93	0,89	171	0,80	5,5	240,5	360,7	60,0	20	34	25	22	21	29	27	--	33,3	50,0	60,0	
6,60	24,00	45,28	3	0,86	0,91	183	--	--	--	--	--	25	34	26	23	22	30	28	--	40,0	60,0	72,0	
6,80	27,00	45,00	3	0,87	0,92	192	--	--	--	--	--	29	35	27	23	22	30	28	--	45,0	67,5	81,0	
7,00	33,00	33,00	3	0,88	0,94	207	--	--	--	--	--	35	35	27	24	23	31	29	--	55,0	82,5	99,0	
7,20	52,00	48,60	3	0,92	0,96	245	--	--	--	--	--	51	37	30	27	25	34	31	--	86,7	130,0	156,0	
7,40	39,00	29,32	4	1,00	0,98	220	1,30	9,0	231,9	347,8	117,0	40	36	28	25	23	32	30	--	65,0	97,5	117,0	
7,60	26,00	35,62	3	0,87	1,00	189	--	--	--	--	--	26	34	26	23	21	29	28	--	43,3	65,0	78,0	
7,80	23,00	38,33	3	0,86	1,01	180	--	--	--	--	--	21	34	25	22	21	29	28	--	38,3	57,5	69,0	
8,00	19,00	26,03	2	0,99	1,03	168	0,78	4,4	288,2	432,4	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	11,00	20,75	2	0,91	1,05	137	0,54	2,7	276,5	414,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	9,00	16,98	2	0,88	1,07	127	0,45	2,1	248,8	373,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	12,00	44,44	4	0,88	1,09	141	0,57	2,8	290,1	435,2	44,6	--	31	22	18	17	25	26	--	20,0	30,0	36,0	
8,80	26,00	38,81	3	0,87	1,10	189	--	--	--	--	--	23	34	25	22	21	29	28	--	43,3	65,0	78,0	
9,00	18,00	30,00	4	0,91	1,12	164	0,75	3,8	315,8	473,7	56,2	10	32	24	20	19	27	27	--	30,0	45,0	54,0	
9,20	7,00	17,50	2	0,84	1,14	115	0,35	1,4	205,0	307,5	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,40	8,00	20,00	2	0,86	1,16	121	0,40	1,7	230,5	345,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,60	9,00	27,27	2	0,88	1,17	127	0,45	1,9	254,4	381,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,80	14,00	35,00	4	0,89	1,19	150	0,64	2,9	320,5	480,7	48,2	--	31	22	19	18	25	26	--	23,3	35,0	42,0	
10,00	15,00	31,91	4	0,89	1,21	154	0,67	3,0	329,7	494,6	49,5	2	32	22	19	18	25	27	--	25,0	37,5	45,0	
10,20	17,00	23,29	2	0,97	1,23	161	0,72	3,2	342,4	513,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,40	14,00	16,09	2	0,94	1,25	150	0,64	2,7	328,1	492,1	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,60	12,00	13,79	2	0,92	1,27	141	0,57	2,3	309,3	464,0	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,80	16,00	23,88	2	0,96	1,28	157	0,70	2,9	347,7	521,6	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,00	18,00	24,66	2	0,98	1,30	164	0,75	3,1	361,1	541,7	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,20	19,00	26,03	2	0,99	1,32	168	0,78	3,2	368,6	552,9	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,40	19,00	20,43	2	0,99	1,34	168	0,78	3,2	372,5	558,7	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,60	20,00	17,70	4	0,93	1,36	171	0,80	3,2	379,5	569,3	60,0	9	32	23	20	19	26	27	--	33,3	50,0	60,0	
11,80	20,00	16,67	4	0,93	1,38	171	0,80	3,2	383,2	574,8	60,0	9	32	23	20	19	26	27	--	33,3	50,0	60,0	
12,00	21,00	18,58	4	0,93	1,40	174	0,82	3,2	390,1	585,1	63,0	10	32	23	20	19	26	27	--	35,0	52,5	63,0	
12,20	21,00	19,63	4	0,93	1,42	174	0,82	3,2	393,8	590,7	63,0	10	32	23	20	19	26	27	--	35,0	52		

**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>9/11</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>05/05/2011</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,55 m</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	19,0	40,0		19,00	1,40	14	7,4								
0,60	18,0	32,0		18,00	0,93	19	5,2								
0,80	17,0	31,0		17,00	0,93	18	5,5								
<b>1,00</b>	<b>18,0</b>	<b>32,0</b>		<b>18,00</b>	<b>0,93</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>								
1,20	27,0	34,0		27,00	0,47	57	1,7								
1,40	11,0	26,0		11,00	1,00	11	9,1								
1,60	10,0	21,0		10,00	0,73	14	7,3								
1,80	15,0	28,0		15,00	0,87	17	5,8								
<b>2,00</b>	<b>23,0</b>	<b>28,0</b>		<b>23,00</b>	<b>0,33</b>	<b>70</b>	<b>1,4</b>								
2,20	18,0	23,0		18,00	0,33	55	1,8								
2,40	24,0	29,0		24,00	0,33	73	1,4								
2,60	54,0	69,0		54,00	1,00	54	1,9								
2,80	67,0	81,0		67,00	0,93	72	1,4								
<b>3,00</b>	<b>71,0</b>	<b>86,0</b>		<b>71,00</b>	<b>1,00</b>	<b>71</b>	<b>1,4</b>								
3,20	41,0	67,0		41,00	1,73	24	4,2								
3,40	53,0	77,0		53,00	1,60	33	3,0								
3,60	50,0	69,0		50,00	1,27	39	2,5								
3,80	22,0	33,0		22,00	0,73	30	3,3								
<b>4,00</b>	<b>36,0</b>	<b>49,0</b>		<b>36,00</b>	<b>0,87</b>	<b>41</b>	<b>2,4</b>								
4,20	34,0	45,0		34,00	0,73	47	2,1								
4,40	38,0	59,0		38,00	1,40	27	3,7								
4,60	31,0	42,0		31,00	0,73	42	2,4								
4,80	20,0	31,0		20,00	0,73	27	3,7								
<b>5,00</b>	<b>23,0</b>	<b>39,0</b>		<b>23,00</b>	<b>1,07</b>	<b>21</b>	<b>4,7</b>								
5,20	27,0	40,0		27,00	0,87	31	3,2								
5,40	25,0	37,0		25,00	0,80	31	3,2								
5,60	23,0	33,0		23,00	0,67	34	2,9								
5,80	28,0	37,0		28,00	0,60	47	2,1								
<b>6,00</b>	<b>38,0</b>	<b>61,0</b>		<b>38,00</b>	<b>1,53</b>	<b>25</b>	<b>4,0</b>								
6,20	53,0	73,0		53,00	1,33	40	2,5								
6,40	36,0	54,0		36,00	1,20	30	3,3								
6,60	27,0	39,0		27,00	0,80	34	3,0								
6,80	32,0	51,0		32,00	1,27	25	4,0								
<b>7,00</b>	<b>34,0</b>	<b>53,0</b>		<b>34,00</b>	<b>1,27</b>	<b>27</b>	<b>3,7</b>								
7,20	37,0	52,0		37,00	1,00	37	2,7								
7,40	39,0	55,0		39,00	1,07	36	2,7								
7,60	40,0	56,0		40,00	1,07	37	2,7								
7,80	12,0	24,0		12,00	0,80	15	6,7								
<b>8,00</b>	<b>9,0</b>	<b>19,0</b>		<b>9,00</b>	<b>0,67</b>	<b>13</b>	<b>7,4</b>								
8,20	6,0	13,0		6,00	0,47	13	7,8								
8,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0								
8,60	8,0	13,0		8,00	0,33	24	4,1								
8,80	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7								
<b>9,00</b>	<b>8,0</b>	<b>17,0</b>		<b>8,00</b>	<b>0,60</b>	<b>13</b>	<b>7,5</b>								
9,20	9,0	17,0		9,00	0,53	17	5,9								
9,40	12,0	21,0		12,00	0,60	20	5,0								
9,60	13,0	25,0		13,00	0,80	16	6,2								
9,80	14,0	27,0		14,00	0,87	16	6,2								
<b>10,00</b>	<b>14,0</b>	<b>28,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,93</b>	<b>15</b>	<b>6,6</b>								
10,20	13,0	23,0		13,00	0,67	19	5,2								
10,40	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6								
10,60	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6								
10,80	13,0	25,0		13,00	0,80	16	6,2								
<b>11,00</b>	<b>13,0</b>	<b>26,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,87</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>								
11,20	14,0	28,0		14,00	0,93	15	6,6								
11,40	15,0	29,0		15,00	0,93	16	6,2								
11,60	15,0	30,0		15,00	1,00	15	6,7								
11,80	17,0	31,0		17,00	0,93	18	5,5								
<b>12,00</b>	<b>16,0</b>	<b>30,0</b>		<b>16,00</b>	<b>0,93</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>								
12,20	14,0	27,0		14,00	0,87	16	6,2								
12,40	13,0	26,0		13,00	0,87	15	6,7								
12,60	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6								
12,80	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6								
<b>13,00</b>	<b>14,0</b>	<b>26,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,80</b>	<b>18</b>	<b>5,7</b>								
13,20	17,0	30,0		17,00	0,87	20	5,1								
13,40	18,0	32,0		18,00	0,93	19	5,2								
13,60	17,0	31,0		17,00	0,93	18	5,5								
13,80	16,0	30,0		16,00	0,93	17	5,8								
<b>14,00</b>	<b>15,0</b>	<b>29,0</b>		<b>15,00</b>	<b>0,93</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>								
14,20	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4								
14,40	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4								
14,60	15,0	27,0		15,00	0,80	19	5,3								
14,80	14,0	26,0		14,00	0,80	18	5,7								
<b>15,00</b>	<b>15,0</b>	<b>28,0</b>		<b>15,00</b>	<b>0,87</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
 alla stessa quota di qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**9/11****SAGO12**

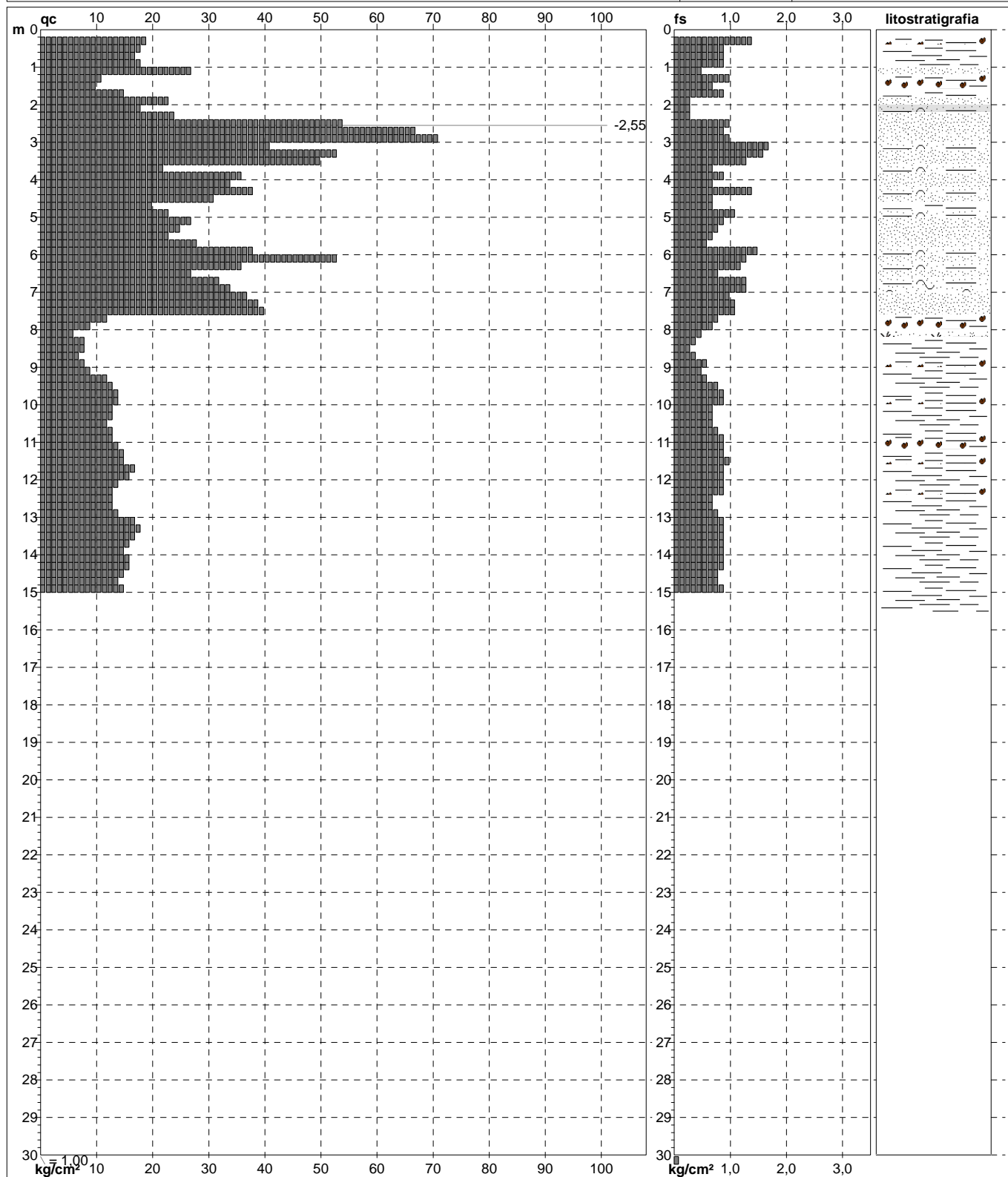
Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**  
 Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**  
 Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **05/05/2011**

Quota inizio: p.c.

Falda: **-2,55 m****Coord. Relative**

Xr: m

Yr: m

Zr: m

**Coord. Geografiche**

Xg:

Yg:

Zg:

Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

Penetrometro:

Responsabile: **SGM Srl - Ferrara**

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

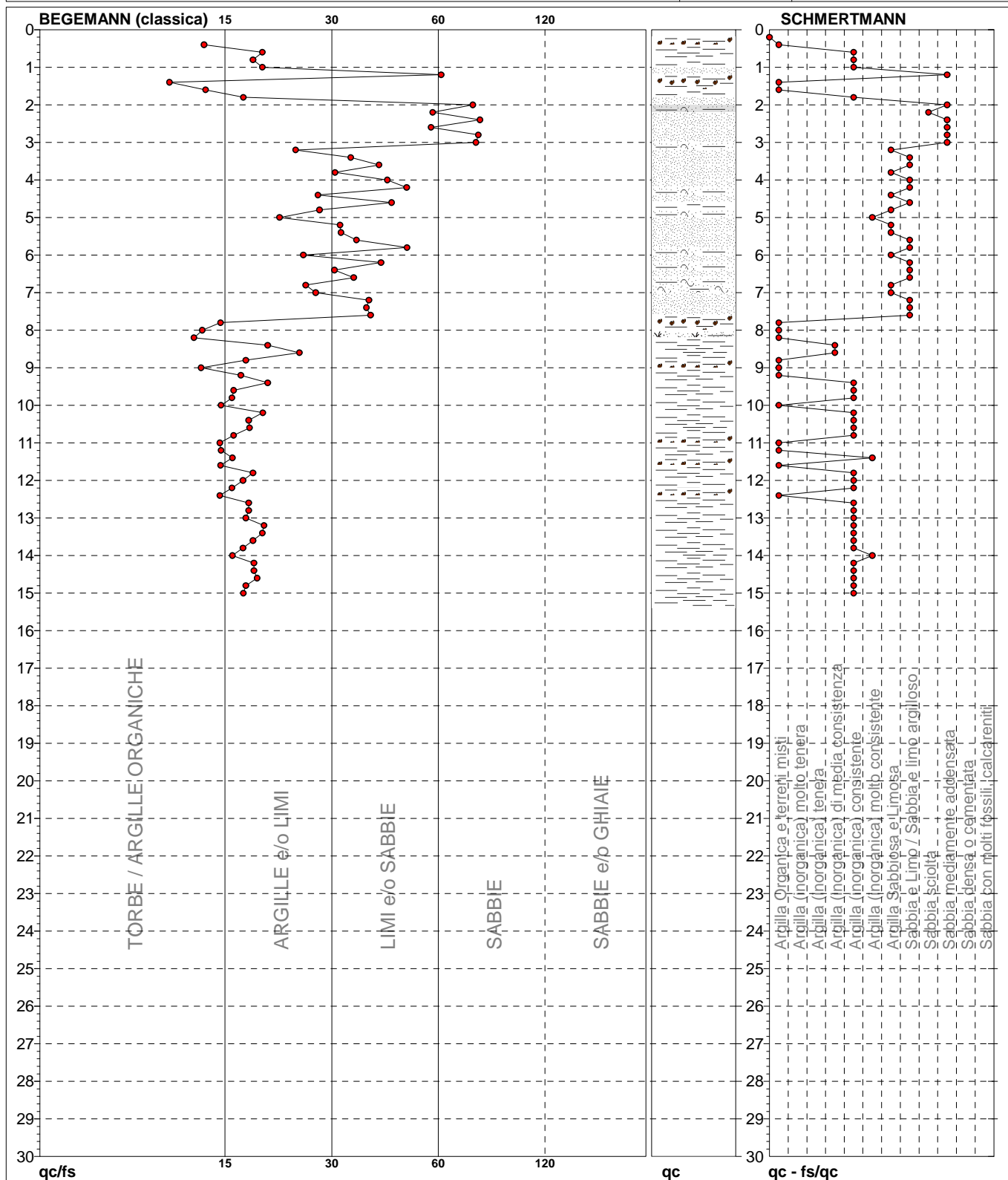
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**9/11****SAGO12**Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **05/05/2011**Falda: **-2,55 m**

Torbe / Argille org. :

86 punti, 57,72%

Argille e/o Limi :

42 punti, 28,19%

Limi e/o Sabbie :

18 punti, 12,08%

Sabbie:

4 punti, 2,68%

Argilla Organica e terreni misti:

14 punti,

9,40%

Argilla (inorganica) media consist.

2 punti,

1,34%

Argilla (inorganica) consistente:

26 punti,

17,45%

Argilla (inorganica) molto consist.:

3 punti,

2,01%

Argilla Sabbiosa e Limosa:

9 punti,

6,04%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:

13 punti,

8,72%

Sabbia sciolta:

1 punto,

0,67%

Sabbia mediamente addensata:

6 punti,

4,03%

FON000

Committente:	<b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.:	<b>kg/cm²</b>	Data esec.:	05/05/2011
Cantiere:	<b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina:	1		
Località:	<b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:		Falda:	-2,55 m

FON000

- **ELABORATI CPT**

*Demetra Srl - Sant' Agostino (Ferrara)*

**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>01/08</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>28/03/2008</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-4,85 m</b> da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00			15,20	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6
0,40	32,0	50,0		32,00	1,20	27	3,8	15,40	12,0	24,0		12,00	0,80	15	6,7
0,60	32,0	50,0		32,00	1,20	27	3,8	15,60	13,0	23,0		13,00	0,67	19	5,2
0,80	54,0	97,0		54,00	2,87	19	5,3	15,80	13,0	23,0		13,00	0,67	19	5,2
<b>1,00</b>	<b>58,0</b>	<b>116,0</b>		<b>58,00</b>	<b>3,87</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>	<b>16,00</b>	<b>14,0</b>	<b>26,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,80</b>	<b>18</b>	<b>5,7</b>
1,20	48,0	85,0		48,00	2,47	19	5,1	16,20	15,0	25,0		15,00	0,67	22	4,5
1,40	23,0	58,0		23,00	2,33	10	10,1	16,40	16,0	28,0		16,00	0,80	20	5,0
1,60	12,0	27,0		12,00	1,00	12	8,3	16,60	14,0	25,0		14,00	0,73	19	5,2
1,80	19,0	27,0		19,00	0,53	36	2,8	16,80	15,0	27,0		15,00	0,80	19	5,3
<b>2,00</b>	<b>23,0</b>	<b>36,0</b>		<b>23,00</b>	<b>0,87</b>	<b>26</b>	<b>3,8</b>	<b>17,00</b>	<b>15,0</b>	<b>28,0</b>		<b>15,00</b>	<b>0,87</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>
2,20	22,0	46,0		22,00	1,60	14	7,3	17,20	18,0	30,0		18,00	0,80	23	4,4
2,40	46,0	66,0		46,00	1,33	35	2,9	17,40	21,0	39,0		21,00	1,20	18	5,7
2,60	37,0	55,0		37,00	1,20	31	3,2	17,60	24,0	44,0		24,00	1,33	18	5,5
2,80	24,0	33,0		24,00	0,60	40	2,5	17,80	25,0	46,0		25,00	1,40	18	5,6
<b>3,00</b>	<b>22,0</b>	<b>32,0</b>		<b>22,00</b>	<b>0,67</b>	<b>33</b>	<b>3,0</b>	<b>18,00</b>	<b>23,0</b>	<b>44,0</b>		<b>23,00</b>	<b>1,40</b>	<b>16</b>	<b>6,1</b>
3,20	32,0	43,0		32,00	0,73	44	2,3	18,20	32,0	62,0		32,00	2,00	16	6,3
3,40	40,0	51,0		40,00	0,73	55	1,8	18,40	65,0	73,0		65,00	0,53	123	0,8
3,60	38,0	55,0		38,00	1,13	34	3,0	18,60	84,0	100,0		84,00	1,07	79	1,3
3,80	48,0	64,0		48,00	1,07	45	2,2	18,80	60,0	82,0		60,00	1,47	41	2,5
<b>4,00</b>	<b>52,0</b>	<b>62,0</b>		<b>52,00</b>	<b>0,67</b>	<b>78</b>	<b>1,3</b>	<b>19,00</b>	<b>87,0</b>	<b>101,0</b>		<b>87,00</b>	<b>0,93</b>	<b>94</b>	<b>1,1</b>
4,20	37,0	53,0		37,00	1,07	35	2,9	19,20	86,0	104,0		86,00	1,20	72	1,4
4,40	36,0	50,0		36,00	0,93	39	2,6	19,40	140,0	156,0		140,00	1,07	131	0,8
4,60	45,0	60,0		45,00	1,00	45	2,2	19,60	127,0	150,0		127,00	1,53	83	1,2
4,80	57,0	75,0		57,00	1,20	48	2,1	19,80	106,0	136,0		106,00	2,00	53	1,9
<b>5,00</b>	<b>70,0</b>	<b>88,0</b>		<b>70,00</b>	<b>1,20</b>	<b>58</b>	<b>1,7</b>	<b>20,00</b>	<b>129,0</b>	<b>170,0</b>		<b>129,00</b>	<b>2,73</b>	<b>47</b>	<b>2,1</b>
5,20	36,0	48,0		36,00	0,80	45	2,2	20,20	196,0	245,0		196,00	3,27	60	1,7
5,40	32,0	45,0		32,00	0,87	37	2,7	20,40	201,0	242,0		201,00	2,73	74	1,4
5,60	45,0	56,0		45,00	0,73	62	1,6	20,60	27,0	70,0		27,00	2,87	9	10,6
5,80	36,0	58,0		36,00	1,47	24	4,1	20,80	15,0	41,0		15,00	1,73	9	11,5
<b>6,00</b>	<b>32,0</b>	<b>42,0</b>		<b>32,00</b>	<b>0,67</b>	<b>48</b>	<b>2,1</b>	<b>21,00</b>	<b>12,0</b>	<b>24,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,80</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>
6,20	47,0	55,0		47,00	0,53	89	1,1	21,20	13,0	22,0		13,00	0,60	22	4,6
6,40	55,0	71,0		55,00	1,07	51	1,9	21,40	22,0	30,0		22,00	0,53	42	2,4
6,60	51,0	60,0		51,00	0,60	85	1,2	21,60	21,0	34,0		21,00	0,87	24	4,1
6,80	49,0	64,0		49,00	1,00	49	2,0	21,80	27,0	39,0		27,00	0,80	34	3,0
<b>7,00</b>	<b>65,0</b>	<b>65,0</b>		<b>65,00</b>	<b>0,00</b>	<b>49</b>	<b>0,0</b>	<b>22,00</b>	<b>18,0</b>	<b>29,0</b>		<b>18,00</b>	<b>0,73</b>	<b>25</b>	<b>4,1</b>
7,20	60,0	61,0		60,00	0,07	857	0,1	22,20	23,0	36,0		23,00	0,87	26	3,8
7,40	44,0	60,0		44,00	1,07	41	2,4	22,40	18,0	31,0		18,00	0,87	21	4,8
7,60	61,0	78,0		61,00	1,13	54	1,9	22,60	17,0	29,0		17,00	0,80	21	4,7
7,80	63,0	78,0		63,00	1,00	63	1,6	22,80	21,0	36,0		21,00	1,00	21	4,8
<b>8,00</b>	<b>36,0</b>	<b>45,0</b>		<b>36,00</b>	<b>0,60</b>	<b>60</b>	<b>1,7</b>	<b>23,00</b>	<b>35,0</b>	<b>58,0</b>		<b>35,00</b>	<b>1,53</b>	<b>23</b>	<b>4,4</b>
8,20	39,0	57,0		39,00	1,20	33	3,1	23,20	35,0	52,0		35,00	1,13	31	3,2
8,40	39,0	51,0		39,00	0,80	49	2,1	23,40	51,0	78,0		51,00	1,80	28	3,5
8,60	40,0	53,0		40,00	0,87	46	2,2	23,60	65,0	88,0		65,00	1,53	42	2,4
8,80	26,0	34,0		26,00	0,53	49	2,0	23,80	53,0	60,0		53,00	0,47	113	0,9
<b>9,00</b>	<b>29,0</b>	<b>56,0</b>		<b>29,00</b>	<b>1,80</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>	<b>24,00</b>	<b>70,0</b>	<b>90,0</b>		<b>70,00</b>	<b>1,33</b>	<b>53</b>	<b>1,9</b>
9,20	7,0	19,0		7,00	0,80	9	11,4	24,20	17,0	41,0		17,00	1,60	11	9,4
9,40	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7	24,40	21,0	34,0		21,00	0,87	24	4,1
9,60	6,0	13,0		6,00	0,47	13	7,8	24,60	27,0	42,0		27,00	1,00	27	3,7
9,80	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	24,80	26,0	48,0		26,00	1,47	18	5,7
<b>10,00</b>	<b>13,0</b>	<b>20,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,47</b>	<b>28</b>	<b>3,6</b>	<b>25,00</b>	<b>22,0</b>	<b>46,0</b>		<b>22,00</b>	<b>1,60</b>	<b>14</b>	<b>7,3</b>
10,20	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4								
10,40	17,0	32,0		17,00	1,00	17	5,9								
10,60	18,0	31,0		18,00	0,87	21	4,8								
10,80	18,0	33,0		18,00	1,00	18	5,6								
<b>11,00</b>	<b>20,0</b>	<b>36,0</b>		<b>20,00</b>	<b>1,07</b>	<b>19</b>	<b>5,4</b>								
11,20	17,0	28,0		17,00	0,73	23	4,3								
11,40	19,0	33,0		19,00	0,93	20	4,9								
11,60	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4								
11,80	17,0	30,0		17,00	0,87	20	5,1								
<b>12,00</b>	<b>17,0</b>	<b>30,0</b>		<b>17,00</b>	<b>0,87</b>	<b>20</b>	<b>5,1</b>								
12,20	20,0	34,0		20,00	0,93	22	4,7								
12,40	17,0	28,0		17,00	0,73	23	4,3								
12,60	18,0	32,0		18,00	0,93	19	5,2								
12,80	17,0	31,0		17,00	0,93	18	5,5								
<b>13,00</b>	<b>14,0</b>	<b>27,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,87</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>								
13,20	10,0	21,0		10,00	0,73	14	7,3								
13,40	8,0	17,0		8,00	0,60	13	7,5								
13,60	13,0	20,0		13,00	0,47	28	3,6								
13,80	14,0	24,0		14,00	0,67	21	4,8								
<b>14,00</b>	<b>17,0</b>	<b>29,0</b>		<b>17,00</b>	<b>0,80</b>	<b>21</b>	<b>4,7</b>								
14,20	16,0	29,0		16,00	0,87	18	5,4								
14,40	12,0	25,0		12,00	0,87	14	7,3								
14,60	12,0	23,0		12,00	0,73	16	6,1								
14,80	14,0	24,0		14,00	0,67	21	4,8								
<b>15,00</b>	<b>13,0</b>	<b>24,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,73</b>	<b>18</b>	<b>5,6</b>								

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
alla stessa quota di qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON000



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**01/08****SAGO12**

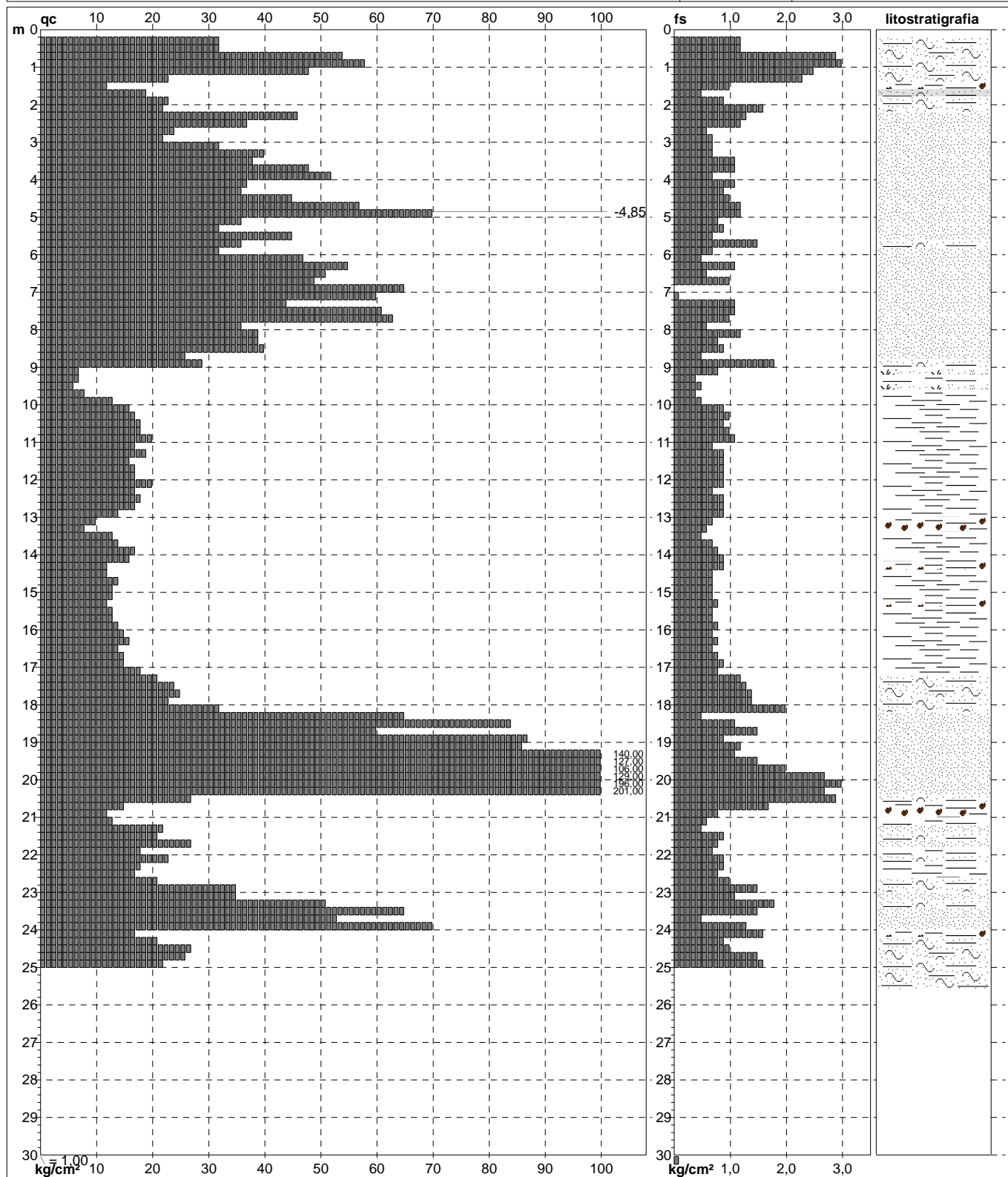
Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**  
 Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**  
 Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **28/03/2008**

Quota inizio: p.c.

Falda: **-4,85 m** da quota inizio**Coord. Relative**

Xr: m  
 Yr: m  
 Zr: m

**Coord. Geografiche**

Xg:  
 Yg:  
 Zg:

Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

Penetrometro:

Responsabile: **Demetra Srl**

Assistente:

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

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

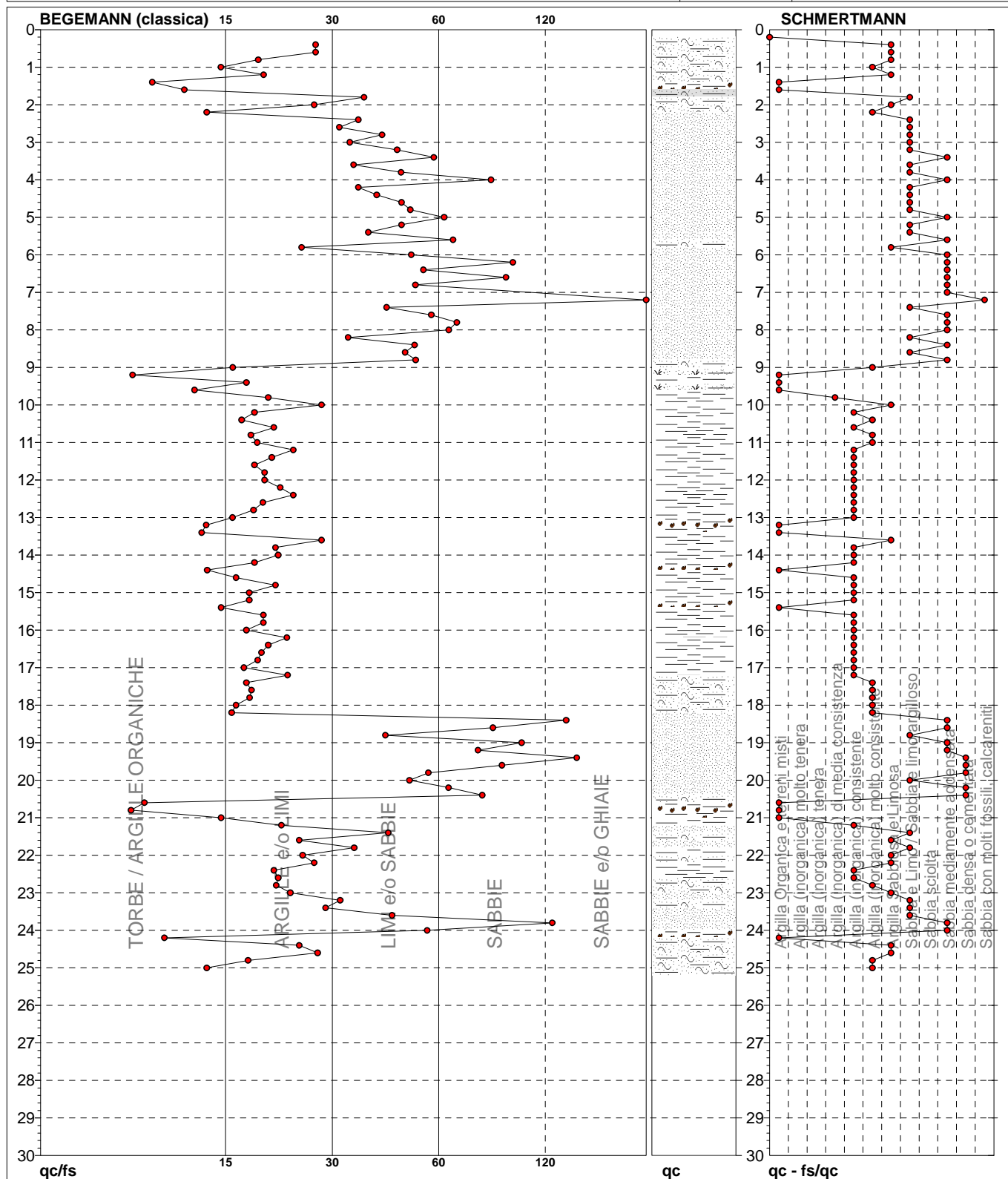
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**01/08****SAGO12**Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**Cantiere: **Verifiche geotecniche pre-sisma**Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **28/03/2008**Falda: **-4,85 m da quota inizio**

Torbe / Argille org. :

42 punti, 28,19%

Argille e/o Limi :

59 punti, 39,60%

Limi e/o Sabbie :

35 punti, 23,49%

Sabbie :

11 punti, 7,38%

Sabbie e/o Ghiaie :

3 punti, 2,01%

Argilla Organica e terreni misti:

13 punti,

8,72%

Argilla (inorganica) media consist.:

1 punto,

0,67%

Argilla (inorganica) consistente:

31 punti,

20,81%

Argilla (inorganica) molto consist.:

14 punti,

9,40%

Argilla Sabbiosa e Limosa:

14 punti,

9,40%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:

24 punti,

16,11%

Sabbia mediamente addensata:

20 punti,

13,42%

Sabbia densa o cementata:

5 punti,

3,36%

Sabbia con molti fossili, calcareniti:

1 punto,

0,67%

FON000

## GEOHYDRODATA SAS

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	01/08
	riferimento	SAGO12

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>28/03/2008</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-4,85 m</b> da quota inizio

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0,20	--	--	4	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>CPT</b>	<b>01/08</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>28/03/2008</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche pre-sisma</b>	Pagina: <b>2</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>-4,85 m</b> da quota inizio

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\phi_{Sc}$ (°)	$\phi_{Ca}$ (°)	$\phi_{Ko}$ (°)	$\phi_{DB}$ (°)	$\phi_{DM}$ (°)	$\phi_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20,00	129,00	47,25	3	1,04	2,32	345	--	--	--	--	--	60	38	30	27	25	34	35	--	215,0	322,5	387,0
20,20	196,00	59,94	3	1,14	2,34	404	--	--	--	--	--	74	40	32	29	27	36	38	--	326,7	490,0	588,0
20,40	201,00	73,63	3	1,15	2,37	408	--	--	--	--	--	75	40	32	29	27	36	38	--	335,0	502,5	603,0
20,60	27,00	9,41	4	0,95	2,39	192	0,95	2,0	531,6	797,3	81,0	6	32	22	18	17	25	28	--	45,0	67,5	81,0
20,80	15,00	8,67	2	0,95	2,40	154	0,67	1,3	394,7	592,1	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21,00	12,00	15,00	2	0,92	2,42	141	0,57	1,0	342,4	513,5	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21,20	13,00	21,67	2	0,93	2,44	145	0,60	1,1	361,2	541,7	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21,40	22,00	41,51	3	0,86	2,46	177	--	--	--	--	--	--	31	21	17	16	25	28	--	36,7	55,0	66,0
21,60	21,00	24,14	4	0,93	2,48	174	0,82	1,6	477,5	716,3	63,0	--	31	20	17	16	25	27	--	35,0	52,5	63,0
21,80	27,00	33,75	3	0,87	2,49	192	--	--	--	--	--	5	32	22	18	17	25	28	--	45,0	67,5	81,0
22,00	18,00	24,66	2	0,98	2,51	164	0,75	1,4	440,8	661,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,20	23,00	26,44	4	0,94	2,53	180	0,87	1,6	501,0	751,4	69,0	--	31	21	17	16	25	28	--	38,3	57,5	69,0
22,40	18,00	20,69	2	0,98	2,55	164	0,75	1,4	441,5	662,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,60	17,00	21,25	2	0,97	2,57	161	0,72	1,3	427,7	641,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,80	21,00	21,00	4	0,93	2,59	174	0,82	1,5	480,4	720,6	63,0	--	31	20	17	16	25	27	--	35,0	52,5	63,0
23,00	35,00	22,88	4	0,98	2,61	211	1,17	2,3	633,6	950,4	105,0	13	33	23	19	18	26	29	--	58,3	87,5	105,0
23,20	35,00	30,97	3	0,89	2,63	211	--	--	--	--	--	12	33	23	19	18	26	29	--	58,3	87,5	105,0
23,40	51,00	28,33	4	1,01	2,65	243	1,70	3,6	747,5	1121,3	153,0	25	34	24	21	20	28	31	--	85,0	127,5	153,0
23,60	65,00	42,48	3	0,94	2,67	267	--	--	--	--	--	33	35	26	22	21	29	32	--	108,3	162,5	195,0
23,80	53,00	112,77	3	0,92	2,68	247	--	--	--	--	--	26	34	25	21	20	28	31	--	88,3	132,5	159,0
24,00	70,00	52,63	3	0,95	2,70	274	--	--	--	--	--	35	36	26	23	21	29	32	--	116,7	175,0	210,0
24,20	17,00	10,63	2	0,97	2,72	161	0,72	1,2	429,9	644,8	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24,40	21,00	24,14	4	0,93	2,74	174	0,82	1,4	483,7	725,6	63,0	--	31	20	16	16	25	27	--	35,0	52,5	63,0
24,60	27,00	27,00	4	0,95	2,76	192	0,95	1,6	546,7	820,1	81,0	2	32	21	18	17	25	28	--	45,0	67,5	81,0
24,80	26,00	17,69	4	0,95	2,78	189	0,93	1,6	538,1	807,1	78,0	1	31	21	17	17	25	28	--	43,3	65,0	78,0
25,00	22,00	13,75	4	0,93	2,80	177	0,85	1,4	496,6	744,9	66,0	--	31	20	17	16	25	28	--	36,7	55,0	66,0

FON000

- **ELABORATI CPT**

*Geplan Sas - Canaro (Rovigo)*



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA CPT 9B / 12  
ESEGUITA IL 26 LUGLIO 2012**



***Foto 1***



***Foto 2***

# **CERTIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE E DELLO STATO D'USO DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER L'ESECUZIONE DELLE CPT ALLEGATE**

**G.E.Plan S.a.s. di A. Garbellini & C.**

Via Gramsci n.74, 45034 Canaro (Rovigo), tel 0425.940066

www.geplanstudio.it - Email geplan@geplanstudio.it



A tal fine Geplan Sas di Canaro (Rovigo) dichiara:

## ***Caratteristiche della strumentazione utilizzata***

Penetrometro statico tipo *Deep Drill SP100*, con capacità di spinta di 100 kN, a lettura idraulica dei valori di resistenza, munito di punta meccanica tipo *Begemann*, azionato da motore 4 tempi tipo *Briggs & Stratton* da 13 Hp di potenza, montato su autocarro 4x4 marca Isuzu.

## ***Ditta costruttrice***

*Deep Drill Srl* di S.Agostino (Ferrara),

## ***Velocità di penetrazione***

Le verifiche effettuate confermano che la velocità di penetrazione della punta nei terreni da investigarsi è pari a 20 mm/sec circa. Le modestissime variazioni riscontrate a tale velocità risultano comunque inferiori alla tolleranza massima di  $\pm 5$  mm/sec.

## ***Stato d'uso della punta Begemann utilizzata per le prove***

La punta *Begemann* utilizzata per le prove è perfetta; in particolare la tolleranza tra il manicotto d'attrito ed il corpo della punta sono tali da impedire l'inserimento di particelle di terreno.

Il cono che equipaggia la punta è nuovo, le sue misure sono quelle previste e la scabrosità della sua superficie è inferiore a quella ipotizzata.

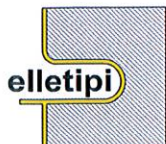
## ***Taratura del sistema idraulico di misura***

La taratura del sistema idraulico di misura deve essere eseguita ogni sei mesi; tale operazione è stata eseguita dalla Soc. Elletipi Srl di Ferrara in data *05 Luglio 2012*; di seguito si riporta copia del certificato rilasciato dalla Elletipi Srl di Ferrara.

Canaro, 5 Ottobre 2012

**G.E. PLAN S.A.S.**  
**di A. GARBELLINI & C.**





**elletipi s.r.l.**

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
INTEGRATO CERTIFICATO DA DNV  
**UNI EN ISO 9001/2000**  
**UNI EN ISO 14001**

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 380/01 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2005

## VERIFICA DELLE MACCHINE PER PROVE STATICHE MONOASSIALI EN 10002/2

**Committente:** GEPLAN S.a.s.  
**Indirizzo:** via A. Gramsci 74 - 45034 Canaro (RO)  
**Macchina in prova:** Cella Penetrometro Deep Drill 10 t

**Strumento in taratura:** Manometri Nova Fina (EN 837-1)  
60 bar 600 bar

**Norma di riferimento:** EN 10002/2

**Strumentazione di taratura:** Pressa Controls Triax 50 Digital con Cella di carico da 50 kN cod. 952 e visualizzatore AEP MP4

**Temperatura di prova:** 28 °C  
**Data di prova:** 05/07/12  
**Scala:** 0 - 250 bar

**Commessa :** 10990/12 **del:** 05/07/12  
**Protocollo Lab. n°:** 19636/12 **del:** 18/07/12

LETTURA CELLA (Bar)	MISURE SU CELLA CAMPIONE			MISURA MEDIA	RIPETIBILITA'		FATTORE TRASFORMAZIONE	
	1° CICLO (N)	2° CICLO (N)	3° CICLO (N)		(N)	(%)	(N/Bar)	(kg/Bar)
0.5	0	0	0	0	0	-----	-----	-----
5.0	970	1006	995	990	36	3.64	198.1	20.2
10.0	1992	2008	2000	2000	16	0.80	200.0	20.4
15.0	2958	3035	3011	3001	77	2.57	200.1	20.4
20.0	3966	4035	4049	4017	83	2.07	200.8	20.5
25.0	4986	5062	5086	5045	100	1.98	201.8	20.6
30.0	5996	6043	6069	6036	73	1.21	201.2	20.5
40.0	7981	8025	8010	8005	44	0.55	200.1	20.4
50.0	10071	9934	9939	9981	137	1.37	199.6	20.4
100.0	19871	19647	19771	19763	224	1.13	197.6	20.2
150.0	30095	29751	30092	29979	344	1.15	199.9	20.4
200.0	40125	40029	40044	40066	96	0.24	200.3	20.4
250.0	50834	50623	50678	50712	211	0.42	202.8	20.7

note: Tarato il campo da 0 - 250 bar in cui lo strumento viene utilizzato per il 95%

Direttore Generale Operativo  
dott. geol. Gianluca Ferioli

Lo Sperimentatore  
dott. Massimo Romagnoli



**GEOHYDRODATA SAS**

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>9B/12</b>
	riferimento	<b>SAGO12</b>

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>27/07/2012</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche a seguito di evento sismico</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>Non rilevata</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00			15,20	6,0	12,0		12,00	0,80	15	6,7
0,40	0,0	0,0		0,00	0,00			15,40	7,0	13,0		14,00	0,80	18	5,7
0,60	37,0	45,0		74,00	1,07	69	1,4	15,60	7,5	13,0		15,00	0,73	21	4,9
0,80	28,0	37,0		56,00	1,20	47	2,1	15,80	7,5	13,5		15,00	0,80	19	5,3
<b>1,00</b>	<b>19,0</b>	<b>29,0</b>		<b>38,00</b>	<b>1,33</b>	<b>29</b>	<b>3,5</b>	<b>16,00</b>	<b>9,0</b>	<b>17,5</b>		<b>18,00</b>	<b>1,13</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>
1,20	25,0	33,0		50,00	1,07	47	2,1	16,20	11,5	19,0		23,00	1,00	23	4,3
1,40	30,0	42,0		60,00	1,60	38	2,7	16,40	9,5	18,0		19,00	1,13	17	5,9
1,60	28,0	34,0		56,00	0,80	70	1,4	16,60	7,5	15,0		15,00	1,00	15	6,7
1,80	18,0	23,5		36,00	0,73	49	2,0	16,80	6,0	13,0		12,00	0,93	13	7,8
<b>2,00</b>	<b>12,5</b>	<b>17,0</b>		<b>25,00</b>	<b>0,60</b>	<b>42</b>	<b>2,4</b>	<b>17,00</b>	<b>7,0</b>	<b>13,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,80</b>	<b>18</b>	<b>5,7</b>
2,20	19,0	22,5		38,00	0,47	81	1,2	17,20	9,0	13,5		18,00	0,60	30	3,3
2,40	12,0	15,0		24,00	0,40	60	1,7	17,40	13,0	18,0		26,00	0,67	39	2,6
2,60	8,0	10,0		16,00	0,27	59	1,7	17,60	14,5	22,0		29,00	1,00	29	3,4
2,80	14,0	17,5		28,00	0,47	60	1,7	17,80	14,0	21,0		28,00	0,93	30	3,3
<b>3,00</b>	<b>18,5</b>	<b>22,0</b>		<b>37,00</b>	<b>0,47</b>	<b>79</b>	<b>1,3</b>	<b>18,00</b>	<b>14,0</b>	<b>25,0</b>		<b>28,00</b>	<b>1,47</b>	<b>19</b>	<b>5,3</b>
3,20	15,0	19,5		30,00	0,60	50	2,0	18,20	13,0	21,5		26,00	1,13	23	4,3
3,40	10,0	13,5		20,00	0,47	43	2,4	18,40	18,0	28,0		36,00	1,33	27	3,7
3,60	12,0	16,0		24,00	0,53	45	2,2	18,60	19,0	24,0		38,00	0,67	57	1,8
3,80	19,0	22,0		38,00	0,40	95	1,1	18,80	16,5	18,0		33,00	0,20	165	0,6
<b>4,00</b>	<b>19,0</b>	<b>23,5</b>		<b>38,00</b>	<b>0,60</b>	<b>63</b>	<b>1,6</b>	<b>19,00</b>	<b>13,0</b>	<b>23,5</b>		<b>26,00</b>	<b>1,40</b>	<b>19</b>	<b>5,4</b>
4,20	11,0	14,5		22,00	0,47	47	2,1	19,20	11,0	19,0		22,00	1,07	21	4,9
4,40	13,0	15,5		26,00	0,33	79	1,3	19,40	4,0	14,5		8,00	1,40	6	17,5
4,60	9,5	12,5		19,00	0,40	48	2,1	19,60	4,0	9,5		8,00	0,73	11	9,1
4,80	14,5	17,5		29,00	0,40	73	1,4	19,80	7,5	11,0		15,00	0,47	32	3,1
<b>5,00</b>	<b>18,5</b>	<b>22,0</b>		<b>37,00</b>	<b>0,47</b>	<b>79</b>	<b>1,3</b>	<b>20,00</b>	<b>7,0</b>	<b>10,0</b>		<b>14,00</b>	<b>0,40</b>	<b>35</b>	<b>2,9</b>
5,20	15,0	17,5		30,00	0,33	91	1,1								
5,40	14,0	15,5		28,00	0,20	140	0,7								
5,60	14,0	18,5		28,00	0,60	47	2,1								
5,80	13,0	17,0		26,00	0,53	49	2,0								
<b>6,00</b>	<b>17,0</b>	<b>22,5</b>		<b>34,00</b>	<b>0,73</b>	<b>47</b>	<b>2,1</b>								
6,20	13,5	20,0		27,00	0,87	31	3,2								
6,40	15,0	20,0		30,00	0,67	45	2,2								
6,60	15,5	21,0		31,00	0,73	42	2,4								
6,80	16,5	21,0		33,00	0,60	55	1,8								
<b>7,00</b>	<b>19,0</b>	<b>22,5</b>		<b>38,00</b>	<b>0,47</b>	<b>81</b>	<b>1,2</b>								
7,20	8,0	12,5		16,00	0,60	27	3,8								
7,40	3,0	5,5		6,00	0,33	18	5,5								
7,60	3,0	5,0		6,00	0,27	22	4,5								
7,80	3,0	5,0		6,00	0,27	22	4,5								
<b>8,00</b>	<b>3,0</b>	<b>5,0</b>		<b>6,00</b>	<b>0,27</b>	<b>22</b>	<b>4,5</b>								
8,20	3,5	6,0		7,00	0,33	21	4,7								
8,40	4,5	6,5		9,00	0,27	33	3,0								
8,60	4,5	7,5		9,00	0,40	23	4,4								
8,80	6,0	9,5		12,00	0,47	26	3,9								
<b>9,00</b>	<b>6,0</b>	<b>12,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,80</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>								
9,20	7,5	14,0		15,00	0,87	17	5,8								
9,40	7,0	14,0		14,00	0,93	15	6,6								
9,60	6,0	13,5		12,00	1,00	12	8,3								
9,80	6,0	12,5		12,00	0,87	14	7,3								
<b>10,00</b>	<b>6,0</b>	<b>13,5</b>		<b>12,00</b>	<b>1,00</b>	<b>12</b>	<b>8,3</b>								
10,20	6,5	12,0		13,00	0,73	18	5,6								
10,40	6,5	10,5		13,00	0,53	25	4,1								
10,60	6,0	13,0		12,00	0,93	13	7,8								
10,80	6,5	13,0		13,00	0,87	15	6,7								
<b>11,00</b>	<b>8,5</b>	<b>16,0</b>		<b>17,00</b>	<b>1,00</b>	<b>17</b>	<b>5,9</b>								
11,20	7,5	14,5		15,00	0,93	16	6,2								
11,40	6,0	12,5		12,00	0,87	14	7,3								
11,60	7,0	12,5		14,00	0,73	19	5,2								
11,80	5,5	10,5		11,00	0,67	16	6,1								
<b>12,00</b>	<b>5,0</b>	<b>10,0</b>		<b>10,00</b>	<b>0,67</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>								
12,20	4,5	9,0		9,00	0,60	15	6,7								
12,40	4,5	9,5		9,00	0,67	13	7,4								
12,60	5,5	10,5		11,00	0,67	16	6,1								
12,80	6,0	11,5		12,00	0,73	16	6,1								
<b>13,00</b>	<b>6,0</b>	<b>11,0</b>		<b>12,00</b>	<b>0,67</b>	<b>18</b>	<b>5,6</b>								
13,20	5,5	11,0		11,00	0,73	15	6,6								
13,40	5,5	11,0		11,00	0,73	15	6,6								
13,60	6,0	11,0		12,00	0,67	18	5,6								
13,80	6,5	10,5		13,00	0,53	25	4,1								
<b>14,00</b>	<b>6,5</b>	<b>12,0</b>		<b>13,00</b>	<b>0,73</b>	<b>18</b>	<b>5,6</b>								
14,20	6,5	12,0		13,00	0,73	18	5,6								
14,40	5,5	10,5		11,00	0,67	16	6,1								
14,60	5,5	10,5		11,00	0,67	16	6,1								
14,80	6,0	10,5		12,00	0,60	20	5,0								
<b>15,00</b>	<b>7,0</b>	<b>12,5</b>		<b>14,00</b>	<b>0,73</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 20,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
 alla stessa quota di qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**9B/12****SAGO12**

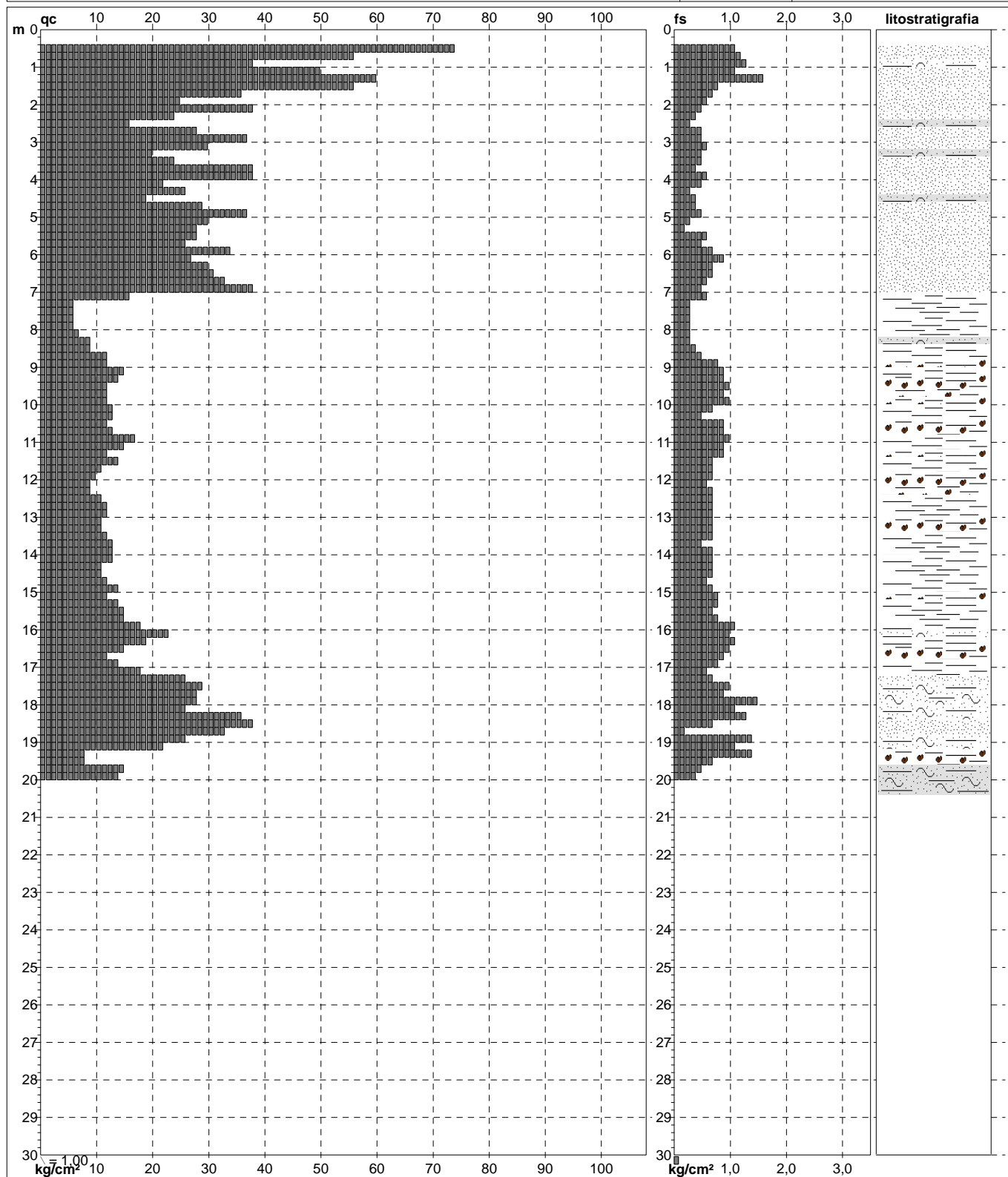
Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**  
 Cantiere: **Verifiche geotecniche a seguito di evento sismico**  
 Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **27/07/2012**

Quota inizio: p.c.

Falda: **Non rilevata****Coord. Relative**

Xr: m  
 Yr: m  
 Zr: m

**Coord. Geografiche**

Xg:  
 Yg:  
 Zg:

Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**Penetrometro: **DDSP150C**Responsabile: **Dott.C.Ballotta**Assistente: **Geplan Sas - Canaro**Preforo: **m**Corr.astine: **kg/ml**

FON000

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

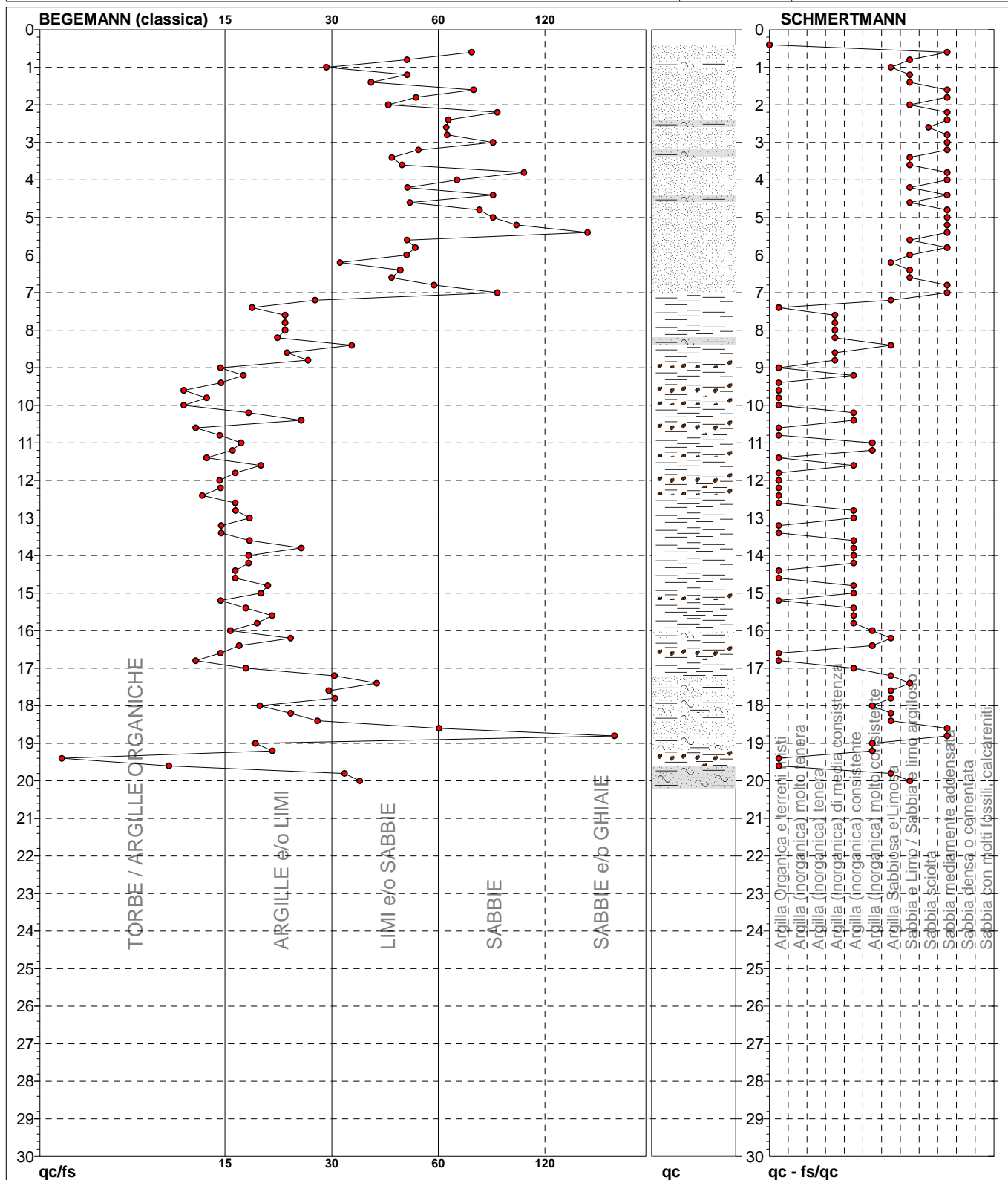
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

**9B/12****SAGO12**Committente: **Comune di S.Agostino (Ferrara)**Cantiere: **Verifiche geotecniche a seguito di evento sismico**Località: **S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **27/07/2012**Falda: **Non rilevata**

Torbe / Argille org. :

67 punti, 44,97%

Argille e/o Limi :

44 punti, 29,53%

Limi e/o Sabbie :

26 punti, 17,45%

Sabbie:

11 punti, 7,38%

Sabbie e/o Ghiaie :

2 punti, 1,34%

Argilla Organica e terreni misti:

23 punti,

15,44%

Argilla (inorganica) media consist.:

6 punti,

4,03%

Argilla (inorganica) consistente:

16 punti,

10,74%

Argilla (inorganica) molto consist.:

7 punti,

4,70%

Argilla Sabbiosa e Limosa:

11 punti,

7,38%

Sabbia e Limo / Sabbie e limo arg.:

14 punti,

9,40%

Sabbia sciolta:

1 punto,

0,67%

Sabbia mediamente addensata:

20 punti,

13,42%

FON000

## GEOHYDRODATA SAS

Sistemi e metodi per investigare il sottosuolo

45100 ROVIGO - Via Porta a Mare 9 - tel. 0425 490494

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	9B/12
	riferimento	SAGO12

Committente: <b>Comune di S.Agostino (Ferrara)</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>27/07/2012</b>
Cantiere: <b>Verifiche geotecniche a seguito di evento sismico</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>S.Agostino (Ferrara) - Cimitero Comunale</b>	Elaborato:	Falda: <b>Non rilevata</b>

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE													
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.			
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	74,00	69,16	3	1,85	0,11	280	--	--	--	--	--	100	43	42	40	37	45	32	--	123,3	185,0	222,0	--	--	--
0,80	56,00	46,67	3	1,85	0,15	252	--	--	--	--	--	99	43	39	37	34	43	31	--	93,3	140,0	168,0	--	--	--
1,00	38,00	28,57	4	1,85	0,19	218	1,27	69,5	215,3	323,0	114,0	80	41	36	33	31	40	30	--	63,3	95,0	114,0	--	--	--
1,20	50,00	46,73	3	1,85	0,22	242	--	--	--	--	--	85	41	37	34	32	41	31	--	83,3	125,0	150,0	--	--	--
1,40	60,00	37,50	3	1,85	0,26	259	--	--	--	--	--	87	42	37	34	32	41	32	--	100,0	150,0	180,0	--	--	--
1,60	56,00	70,00	3	1,85	0,30	252	--	--	--	--	--	82	41	36	33	31	40	31	--	93,3	140,0	168,0	--	--	--
1,80	36,00	49,32	3	1,85	0,33	214	--	--	--	--	--	64	39	33	30	28	37	30	--	60,0	90,0	108,0	--	--	--
2,00	25,00	41,67	3	1,85	0,37	186	--	--	--	--	--	49	37	31	28	26	35	28	--	41,7	62,5	75,0	--	--	--
2,20	38,00	80,85	3	1,85	0,41	218	--	--	--	--	--	61	39	32	29	27	37	30	--	63,3	95,0	114,0	--	--	--
2,40	24,00	60,00	3	1,85	0,44	183	--	--	--	--	--	43	36	30	27	25	34	28	--	40,0	60,0	72,0	--	--	--
2,60	16,00	59,26	4	1,85	0,48	157	0,70	10,0	118,3	177,5	51,8	27	34	27	24	23	31	27	--	26,7	40,0	48,0	--	--	--
2,80	28,00	59,57	3	1,85	0,52	194	--	--	--	--	--	44	37	30	27	25	34	28	--	46,7	70,0	84,0	--	--	--
3,00	37,00	78,72	3	1,85	0,56	216	--	--	--	--	--	52	38	31	28	26	35	30	--	61,7	92,5	111,0	--	--	--
3,20	30,00	50,00	3	1,85	0,59	199	--	--	--	--	--	43	36	29	26	25	33	29	--	50,0	75,0	90,0	--	--	--
3,40	20,00	42,55	4	1,85	0,63	171	0,80	8,5	149,3	224,0	60,0	28	35	27	24	22	31	27	--	33,3	50,0	60,0	--	--	--
3,60	24,00	45,28	3	1,85	0,67	183	--	--	--	--	--	33	35	28	24	23	31	28	--	40,0	60,0	72,0	--	--	--
3,80	38,00	95,00	3	1,85	0,70	218	--	--	--	--	--	47	37	30	27	25	34	30	--	63,3	95,0	114,0	--	--	--
4,00	38,00	63,33	3	1,85	0,74	218	--	--	--	--	--	46	37	29	26	25	33	30	--	63,3	95,0	114,0	--	--	--
4,20	22,00	46,81	3	1,85	0,78	177	--	--	--	--	--	26	34	26	23	22	30	28	--	36,7	55,0	66,0	--	--	--
4,40	26,00	78,79	3	1,85	0,81	189	--	--	--	--	--	31	35	27	24	22	31	28	--	43,3	65,0	78,0	--	--	--
4,60	19,00	47,50	4	1,85	0,85	168	0,78	5,6	229,7	344,6	58,1	19	34	25	22	21	29	27	--	31,7	47,5	57,0	--	--	--
4,80	29,00	72,50	3	1,85	0,89	197	--	--	--	--	--	32	35	27	24	22	31	29	--	48,3	72,5	87,0	--	--	--
5,00	37,00	78,72	3	1,85	0,93	216	--	--	--	--	--	40	36	28	25	23	32	30	--	61,7	92,5	111,0	--	--	--
5,20	30,00	90,91	3	1,85	0,96	199	--	--	--	--	--	32	35	27	24	22	30	29	--	50,0	75,0	90,0	--	--	--
5,40	28,00	140,00	3	1,85	1,00	194	--	--	--	--	--	28	35	26	23	22	30	28	--	46,7	70,0	84,0	--	--	--
5,60	28,00	46,67	3	1,85	1,04	194	--	--	--	--	--	27	35	26	23	22	30	28	--	46,7	70,0	84,0	--	--	--
5,80	26,00	49,06	3	1,85	1,07	189	--	--	--	--	--	24	34	26	22	21	29	28	--	43,3	65,0	78,0	--	--	--
6,00	34,00	46,58	3	1,85	1,11	209	--	--	--	--	--	32	35	27	24	22	30	29	--	56,7	85,0	102,0	--	--	--
6,20	27,00	31,03	3	1,85	1,15	192	--	--	--	--	--	24	34	25	22	21	29	28	--	45,0	67,5	81,0	--	--	--
6,40	30,00	44,78	3	1,85	1,18	199	--	--	--	--	--	26	34	26	23	21	29	29	--	50,0	75,0	90,0	--	--	--
6,60	31,00	42,47	3	1,85	1,22	202	--	--	--	--	--	27	34	26	23	21	29	29	--	51,7	77,5	93,0	--	--	--
6,80	33,00	55,00	3	1,85	1,26	207	--	--	--	--	--	28	35	26	23	21	30	29	--	55,0	82,5	99,0	--	--	--
7,00	38,00	80,85	3	1,85	1,30	218	--	--	--	--	--	32	35	27	23	22	30	30	--	63,3	95,0	114,0	--	--	--
7,20	16,00	26,67	2	1,85	1,33	157	0,70	2,8	354,6	531,9	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	6,00	18,18	2	1,85	1,37	109	0,30	0,9	180,0	270,0	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	6,00	22,22	2	1,85	1,41	109	0,30	0,9	180,0	270,0	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	6,00	22,22	2	1,85	1,44	109	0,30	0,9	180,0	270,0	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	6,00	22,22	2	1,85	1,48	109	0,30	0,9	180,0	270,0	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	7,00	21,21	2	1,85	1,52	115	0,35	1,0	210,0	314,9	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	9,00	33,33	4	1,85	1,55	127	0,45	1,3	265,3	398,0	37,8	--	31	19	15	14	25	26	--	15,0	22,5	27,0	--	--	--
8,60	9,00	22,50	2	1,85	1,59	127	0,45	1,3	265,9	398,9	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	12,00	25,53	2	1,85	1,63	141	0,57	1,7	328,6	492,8	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	12,00	15,00	2	1,85	1,67	141	0,57	1,6	329,8	494,6	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	15,00	17,24	2	1,85	1,70	154	0,67	1,9	375,2	562,9	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	14,00	15,05	2	1,85	1,74	150	0,64	1,8	363,2	544,8	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	12,00	12,00	2	1,85	1,78	141	0,57	1,5	332,8	499,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	12,00	13,79	2	1,85	1,81	141	0,57	1,5	333,7	500,6	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	12,00	12,00	2	1,85	1,85	141	0,57	1,4	334,6	501,8	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	13,00	17,81	2	1,85	1,89	145	0,60	1,5	352,4	528,6	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	13,00	24,53	2	1,85	1,92	145	0,60	1,5	353,3	529,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	12,00	12,90	2	1,85	1,96	141	0,57	1,3	336,7	505,1	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	13,00	14,94	2	1,85	2,00	145	0,60	1,4	354,8	532,3	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	17,00	17,00	2	1,85	2,04	161	0,72	1,7	415,0	622,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--</							

- **ELABORATI SONDAGGIO**

*Silgeo Sas - Ferrara*



## ***DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DEL SONDAGGIO ESEGUITO***



***Foto 1***



***Foto 2***  
da 0.00 a 5.00 metri



***Foto 3***  
da 5.00 a 10.00 metri

## **CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER L'ESECUZIONE DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO E PER L'INFISSIONE DEL PIEZOMETRO TEMPORANEO**

Il sondaggio è stato eseguito dalla *Silgeo Sas di Malborgheto di Boara (Ferrara)*, utilizzando una sonda oleodinamica tipo *Atlas Copco A30*, avente coppia torcente di 400 kgm, montata su cingolato.

La strumentazione era munita di carotiere semplice Ø 101 x 1.500 mm con corone e scarpe taglienti al widia. Le carote di terreno sono state posizionate in cassette di PVC, ognuna delle quali contiene 5 metri di sondaggio, e successivamente fotografate.

Il sondaggio è stato spinto sino alla profondità di 10.00 metri dal piano campagna.

**Legenda : Simbologie usate per le colonne stratigrafiche allegate**

stratigrafia	DESCRIZIONE
	terreno vegetale
	terreno di riporto
	ciottoli
	argilla
	argilla debolmente limosa
	argilla limosa
	argilla limosa biancastra 'caranto'
	argilla debolmente sabbiosa
	argilla sabbiosa
	argilla torbosa

stratigrafia	DESCRIZIONE
	limo
	limo debolmente argilloso
	limo argilloso
	limo debolmente sabbioso
	limo sabbioso
	limo torboso
	sabbia
	sabbia argillosa
	sabbia limosa
	torba



**SILGEO sas**

Via Torun 3/c - 44123 FERRARA  
Tel 0532/707196 - Fax 0532/707028

Committente: <b>COMUNE DI SANT'AGOSTINO PROG. ADOTTA UN MONUMENTO</b>				CAMPIONI: Shelby Osterberg Denison Denison fustella S.P.T. Rimaneggiato		Riferimento: <b>009-12</b>	Numero: <b>1</b>			
Cantiere: <b>Cimitero di San'Agostino</b>						Pagina: <b>1/1</b>				
Indagine: <b>Progetto Adotta un Monumento post sisma</b>						Data: <b>06/07/2012</b>				
Stratigrafia da: <b>Sondaggio geognostico</b>		Caranto Tracce fossili Resti organici Concrezioni	PIEZOMETRI: ATA Tubo aperto CSG Casagrande			Responsabile: <b>Dr. Geol. M. Sileo</b>				
Codice: <b>S01.00201.037</b>						Operatore: <b>Dr. Z. Rezaeyan</b>				
						Quota: <b>p.c.</b>				
						Falda: <b>4,15 m</b>				

Profondità Scala: 1:80	stratigrafia	campioni			Pocket Kg/cm²	Torvane Kg/cm²	S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Attrezzo	Rivest.	Falda	Piezo
		tipo	sigla	quota			quota	colpi						
0	-0,10								terreno vegetale	0,10				
1														
2				-1,80 -2,00					limo argilloso deb. sabbioso alternato a livelli di argilla deb. limosa con frustoli. Da 2 m. liv. cm. di sabbia medio grossa nocciola				4,15	
3				-3,10 -3,40										
4														
5	-5,00									4,90				
6				-5,90 -6,00					sabbia medio grossa debolmente limosa color grigio					
7	-6,50									1,50				
8				-7,00 -7,10					ghiaia medio fine con sabbia					
9										1,00				
10	-7,50								sabbia limosa grigia medio grossa					
11														
12				-9,60 -9,80						2,00				
13														
14									argilla poco consistente grigio scura, debolme nte limosa, organica					
15														
16	-15,00									5,50				

note:

Sonda tipo: ATLAS COPCO A30

Software: Dr. G. Merlin - 04258408



- **ANALISI LABORATORIO TERRE**

*Dott. Geol. Antonio Mucchi - Ferrara*

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascarelli, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it  
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e  
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di  
 gestione per la qualità  
 certificato da KIWA  
 =UNI EN ISO 9001=

**LIMITI DI ATTERBERG ( Norma CNR - UNI 10014 )****Committente :** Comune di Sant'Agostino (FE)**Cantiere :** Cimitero di Sant'Agostino**Sondaggio N°:****Campione:****Prof. mt:**

S1

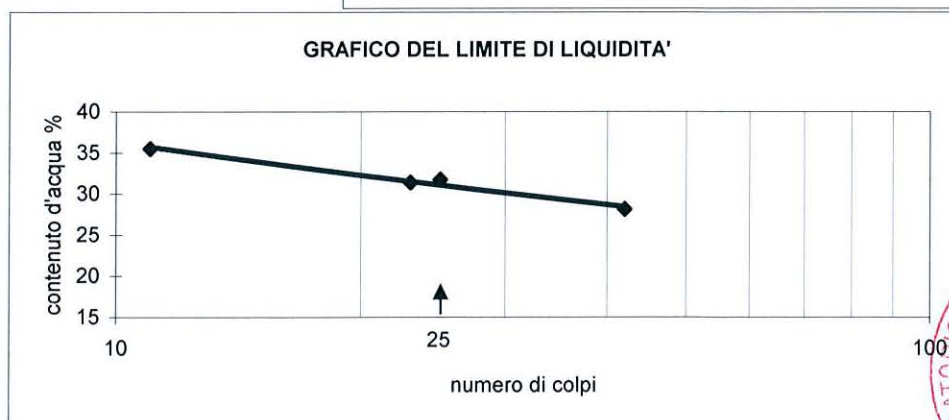
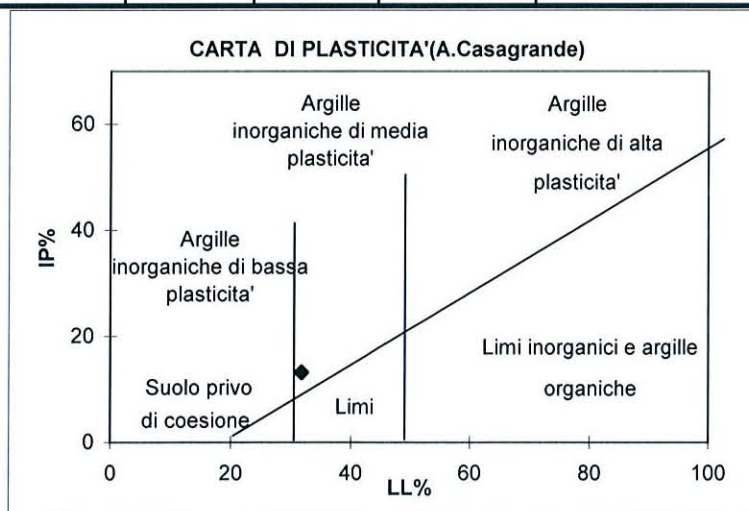
C1

1.8-2.2

**Data inizio prova :** 19/07/2012

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	42	23	11		
Massa terreno umido + tara (g)	35.81	36.68	40.82	14.06	193.10
Massa terreno secco + tara (g)	30.87	31.19	33.61	13.40	165.73
Massa acqua contenuta (g)	4.94	5.49	7.21	0.67	27.37
Massa tara (g)	13.31	13.69	13.29	9.81	1.00
Massa terreno secco (g)	17.56	17.50	20.32	3.59	164.73
Contenuto d'acqua %	28.1	31.4	35.5	18.5	16.6

Limite liquido %	32
Limite Plastico %	19
Umidita' naturale %	16.6
Indice Plastico %	13
Indice di consistenza :	1.15



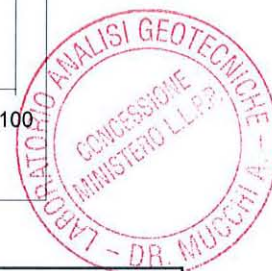
Pagina 1 di 1

Sperimentatore  
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore  
 Dr. Geol. Mucchi Antonio

Rapporto di prova

Data emissione : 24/07/2012



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it  
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e  
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

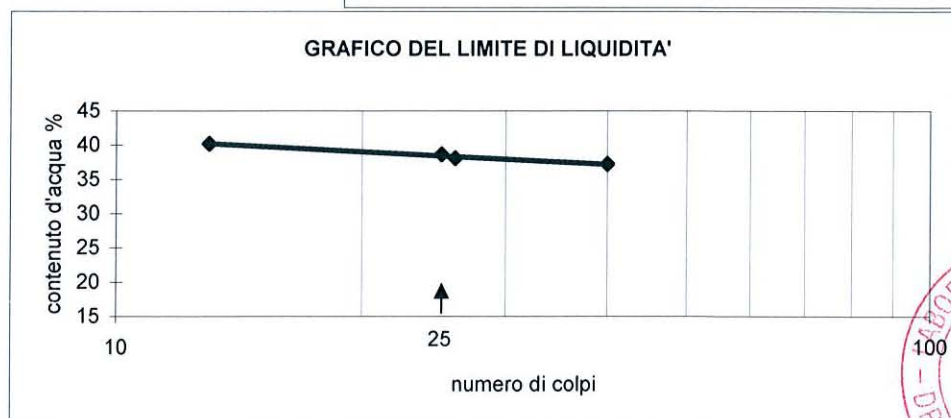
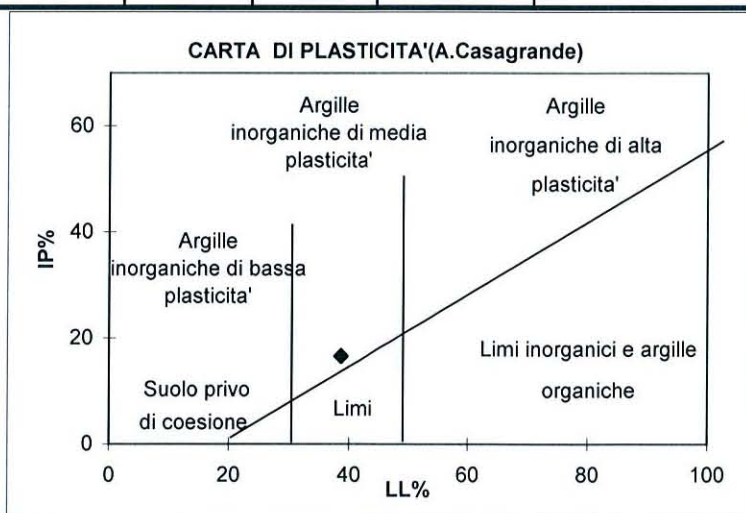
Azienda con sistema di  
 gestione per la qualità  
 certificato da KIWA  
 =UNI EN ISO 9001=

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

**Committente :** Comune di Sant'Agostino (FE)      **Sondaggio N°:** S1  
**Cantiere :** Cimitero di Sant'Agostino      **Campione:** C2  
**Prof. mt:** 3.1-3.2  
**Data inizio prova :** 19/07/2012

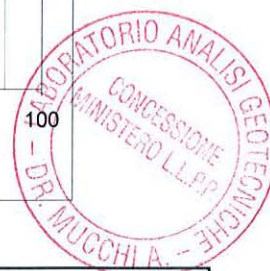
N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	40	26	13		
Massa terreno umido + tara (g)	40.22	35.59	38.23	13.68	203.26
Massa terreno secco + tara (g)	32.91	29.40	31.05	12.98	160.60
Massa acqua contenuta (g)	7.31	6.19	7.18	0.69	42.66
Massa tara (g)	13.27	13.14	13.20	9.83	1.00
Massa terreno secco (g)	19.64	16.26	17.85	3.16	159.60
Contenuto d'acqua %	37.2	38.1	40.2	22.0	26.7

Limite liquido %	39
Limite Plastico %	22
Umidita' naturale %	26.7
Indice Plastico %	17
Indice di consistenza :	0.72



Pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Rapporto di prova Data emissione : 24/07/2012
-----------------------------------	--	--





**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare  
prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**Azienda con sistema di  
gestione per la qualità  
certificato da KIWA  
=UNI EN ISO 9001=***ANALISI GRANULOMETRICA e AEROMETRIA  
norma ASTM D 422 ( Aerometro 151H )**

Committente : Comune di Sant'Agostino (FE)

Cantiere : Cimitero di Sant'Agostino

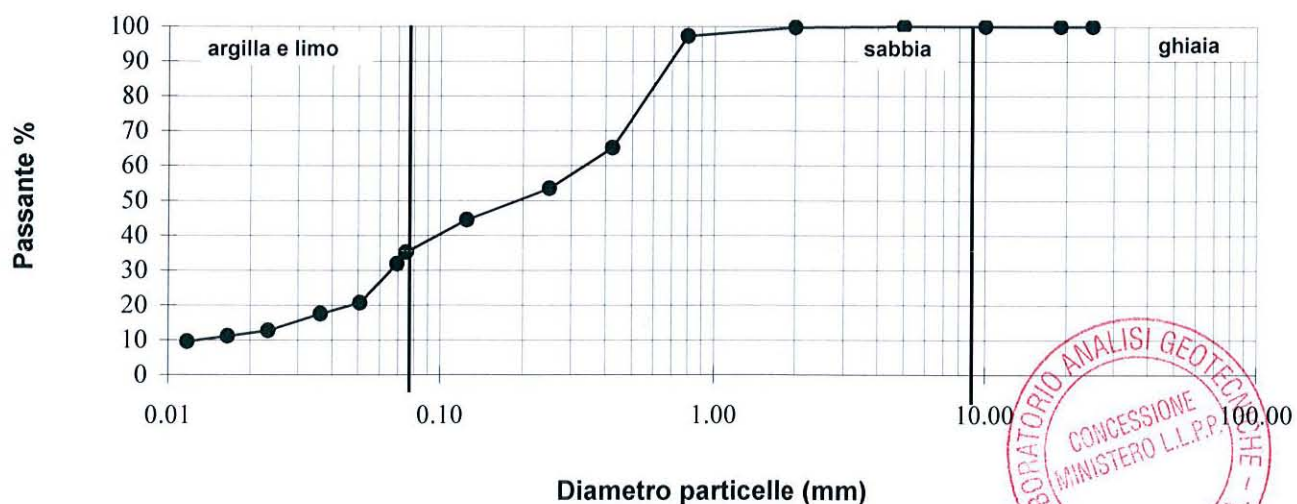
Sondaggio : S1

Campione n° : C3

Data inizio prova: 20/07/2012

Profondità (mt): 3.2-3.4

Diametro (mm)	Passante (%)
25	100
19	100.00
10	100.00
5	100.00
2	99.73
0.8	97.23
0.425	65.14
0.25	53.44
0.125	44.36
0.075	35.11
0.0697	31.81
0.0510	20.68
0.0364	17.49
0.0233	12.72
0.0166	11.13
0.0118	9.54



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Rapporto di prova Data emissione : 24/07/2012
-----------------------------------	--	--

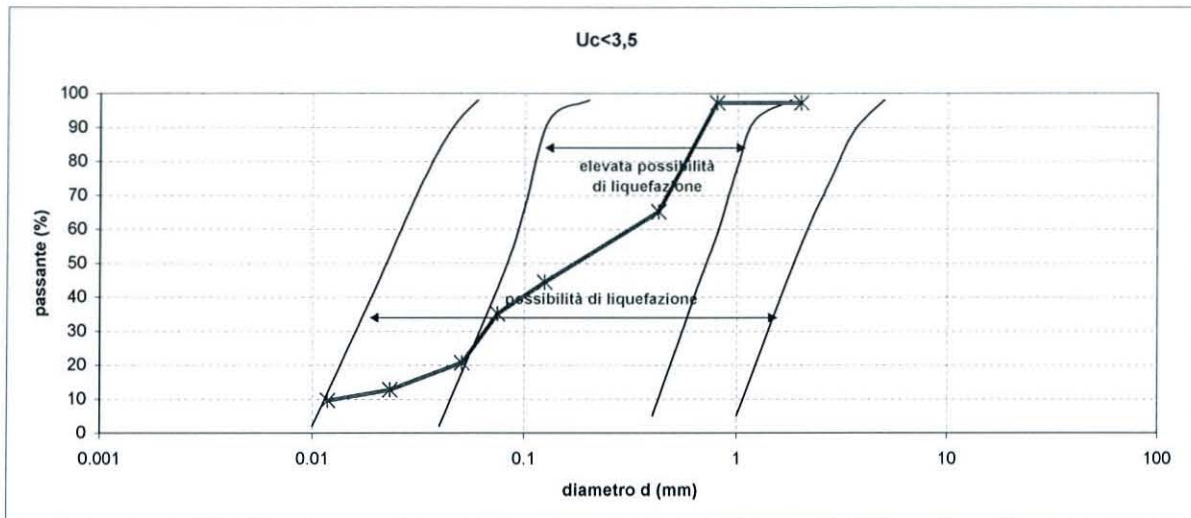


**FUSI LIQUEFACIBILI**  
**A.G.I. 2005**

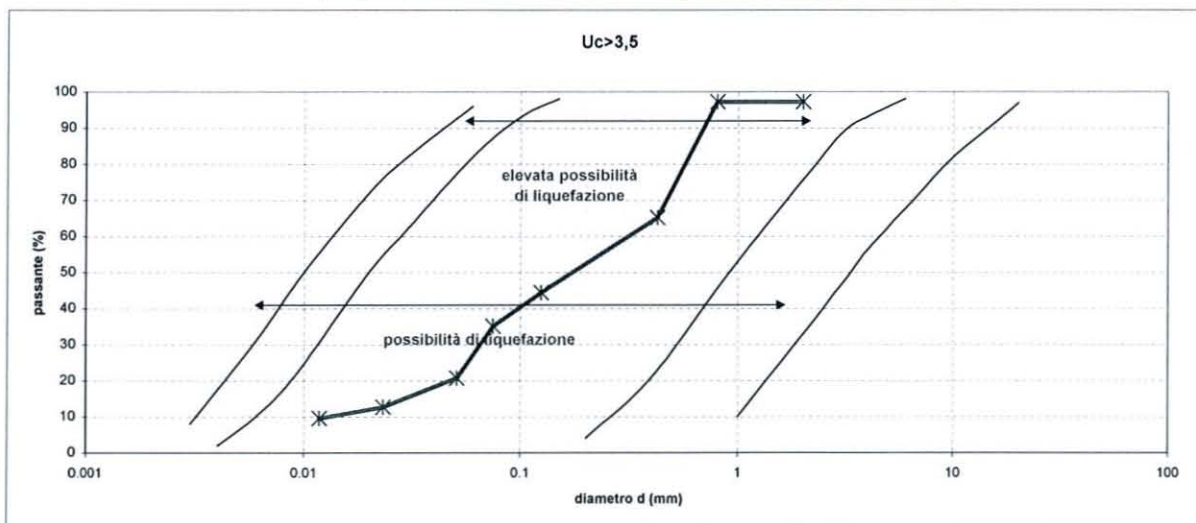
campione n°	dimensione granuli (mm)	0.0118	0.0233	0.051	0.075	0.125	0.425	0.8	2
	% passante	9.54	12.72	20.68	35.11	44.36	65.14	97.23	97.23

$$U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

D60= 0.31    D10= 0.013    U<sub>c</sub>= 23.846



FUSI LIQUEFACIBILI A.G.I. 2005



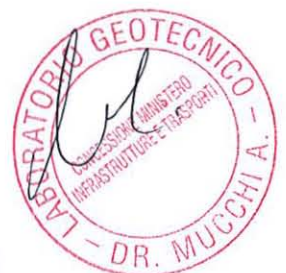
Committente : Comune di Sant'Agostino (FE)

Campione : S1C3 mt. 3.2-3.4

Cantiere : Cimitero di Sant'Agostino

LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi  
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it  
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA  
=UNI EN ISO 9001=



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=***PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

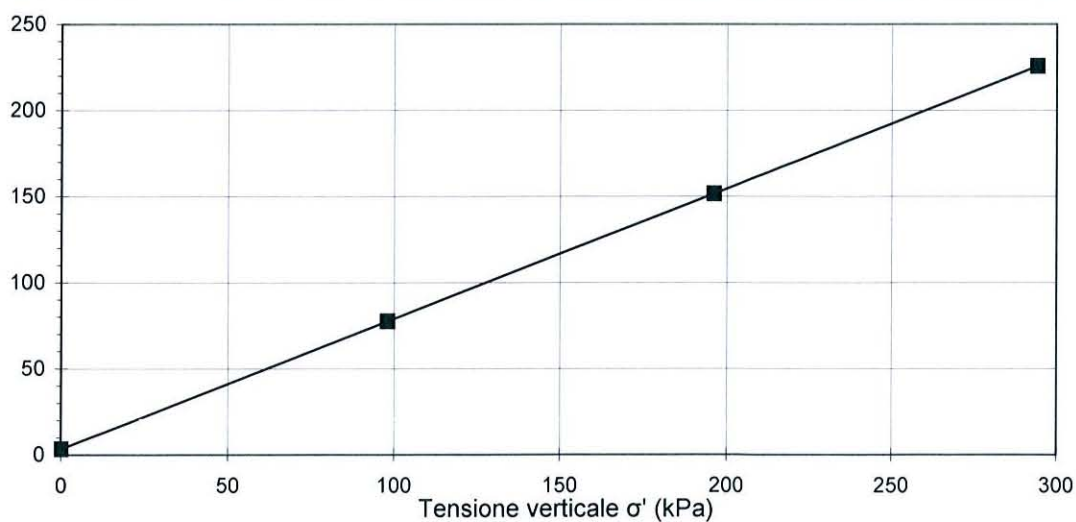
Committente: Comune di Sant'Agostino (FE)  
Cantiere : Cimitero di Sant'Agostino  
Campione: S1C3  
Prof. ( mt ) : 3.2-3.4

Data inizio prova : 19/07/2012

**MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Provino ( n° )	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	Tensione tangenziale $\tau$ (kPa)
1	100	77.475
2	200	151.714
3	300	225.659

COESIONE DRENATA ( kPa ):	3.43
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	37





**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=***PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994**

Committente: Comune di Sant'Agostino (FE)

Cantiere : Cimitero di Sant'Agostino

Campione: S1C3

Prof. ( mt ) : 3.2-3.4

Data inizio prova : 19/07/2012

Descrizione litologica del provino : sabbia media grossolana

**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> )	17.013	17.125	17.140
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m <sup>3</sup> )	15.108	15.208	15.198
Contenuto d'acqua : (W%)	12.61	12.60	12.78

**Modalità di consolidazione e rottura**

Tensione verticale (kPa)	100	200	300
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0156	0.0156	0.0156

Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova
Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 24/07/12

pagina 1 di 2



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

Committente: Comune di Sant'Agostino (FE)

Verbale accettazione n°: 0

Cantiere: Cimitero di Sant'Agostino

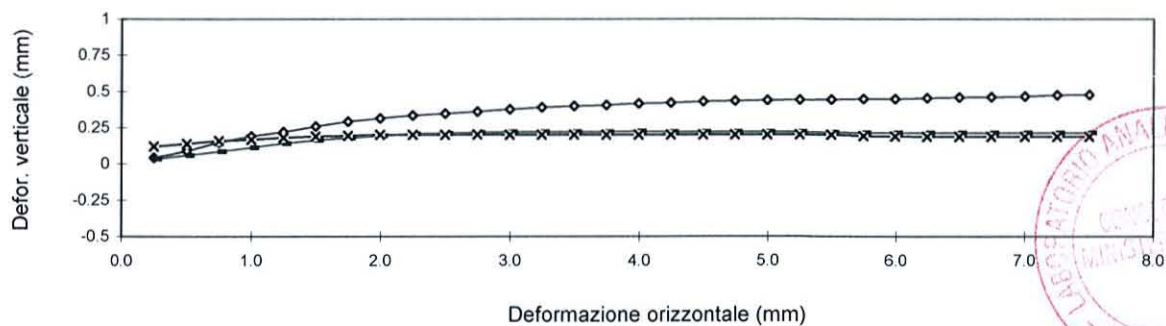
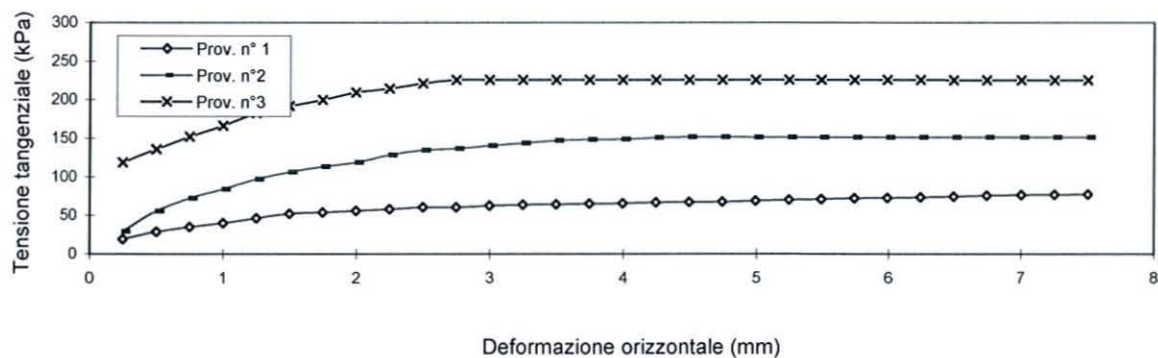
Data verbale accettazione: 00/01/1900

Campione: S1C3

Prof. ( mt ) : 3.2-3.4

Data inizio prova: 19/07/2012

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	19.22	29.32	118.57	0.042	0.034	0.122
0.50	28.83	55.70	135.93	0.09	0.059	0.139
0.75	35.01	72.47	152.20	0.147	0.085	0.159
1.00	40.31	84.05	166.13	0.19	0.112	0.168
1.25	46.58	96.99	182.51	0.22	0.142	0.181
1.50	52.37	106.11	191.63	0.259	0.164	0.19
1.75	53.74	113.37	199.77	0.293	0.178	0.195
2.00	56.19	118.57	209.38	0.315	0.195	0.2
2.25	58.06	128.18	214.18	0.335	0.208	0.2
2.50	60.51	134.45	220.85	0.347	0.212	0.2
2.75	60.51	136.81	225.66	0.361	0.217	0.203
3.00	62.86	140.24	225.66	0.376	0.22	0.2
3.24	63.84	143.57	225.66	0.391	0.222	0.2
3.49	64.33	146.91	225.66	0.4	0.222	0.2
3.74	65.31	148.38	225.66	0.405	0.222	0.2
3.99	65.80	148.87	225.66	0.418	0.225	0.2
4.24	66.69	150.73	225.66	0.422	0.222	0.2
4.49	67.18	151.71	225.66	0.43	0.222	0.2
4.74	67.86	151.71	225.66	0.435	0.222	0.2
4.99	68.85	151.22	225.66	0.44	0.222	0.2
5.24	70.12	151.22	225.66	0.442	0.22	0.2
5.49	71.10	151.22	225.66	0.444	0.217	0.2
5.74	72.08	151.22	225.66	0.449	0.215	0.193
5.99	72.57	151.22	225.66	0.449	0.215	0.19
6.24	73.55	151.22	225.66	0.454	0.215	0.188
6.49	74.53	151.22	225.17	0.459	0.215	0.188
6.74	75.51	151.22	225.17	0.462	0.215	0.188
7.00	76.49	151.22	225.17	0.466	0.215	0.188
7.25	76.98	151.22	225.17	0.474	0.215	0.188
7.50	77.48	151.22	225.17	0.476	0.215	0.188



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Rapporto di prova Data emissione: 24/07/12
-----------------------------------	--	---

pagina 2 di 2



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare  
prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**Azienda con  
sistema di gestione  
per la qualità  
certificato da KIWA  
=UNI EN ISO  
9001=***ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA  
norma ASTM D 422**

Committente : Comune di Sant'Agostino (FE)

Cantiere : Cimitero di Sant'Agostino

Sondaggio : S1

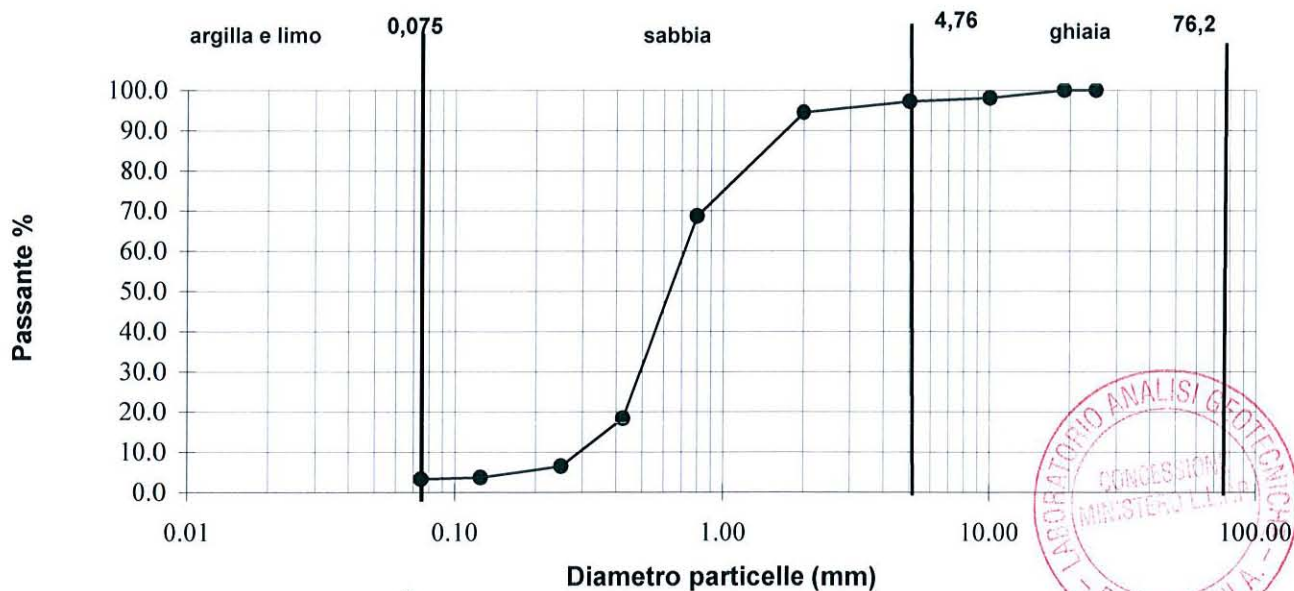
Campione n° : C5

Profondità (mt): 7-7.1

Data inizio prova:

20/07/2012

Diametro (mm)	Passante (%)
25	100.0
19	100.0
10	98.1
5	97.2
2	94.4
0.8	68.63
0.425	18.34
0.250	6.48
0.125	3.69
0.075	3.26

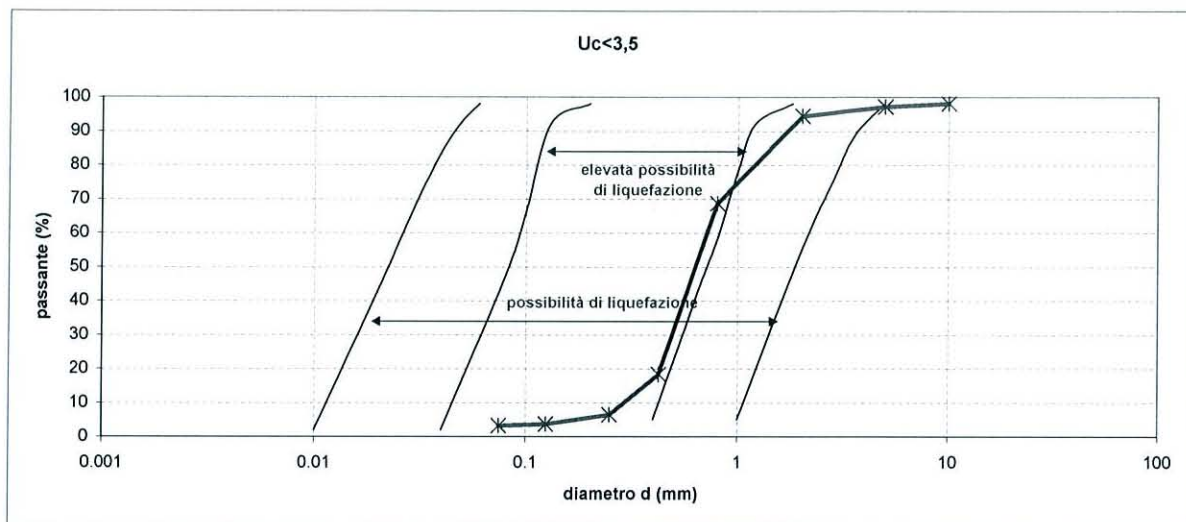


# FUSI LIQUEFACIBILI A.G.I. 2005

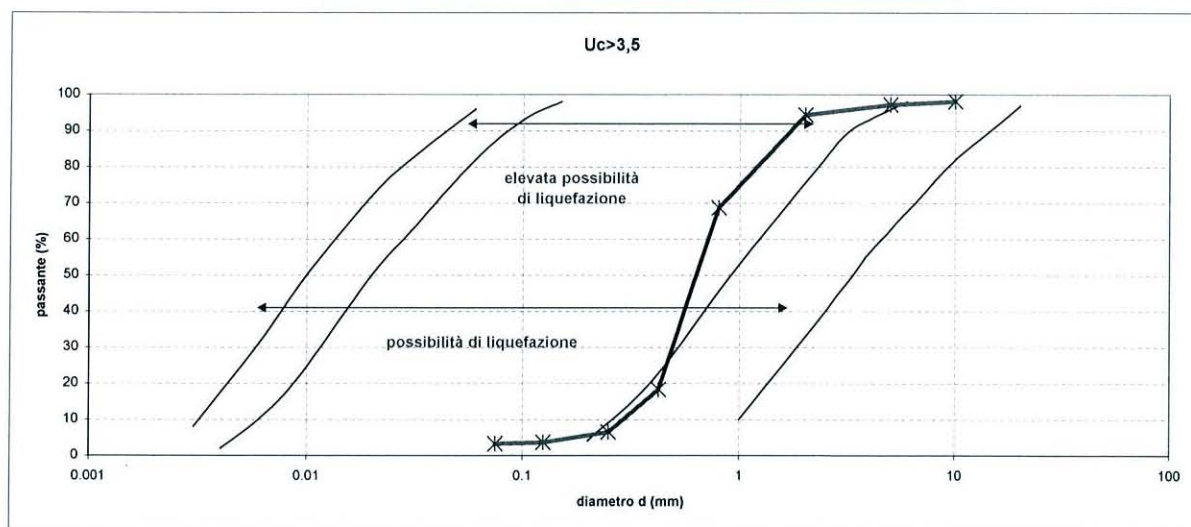
campione n°	dimensione granuli (mm)	0.075	0.125	0.25	0.425	0.8	2	5	10
	% passante	3.26	3.69	6.48	18.34	68.63	94.4	97.2	98.1

$$U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

D60= 0.7 D10= 0.29 Uc= 2.4138



FUSI LIQUEFACIBILI A.G.I. 2005



Committente : Comune di Sant'Agostino (FE)

Campione : S1C5 mt. 7.0-7.1

Cantiere : Cimitero di Sant'Agostino

LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi  
Via Alberto Ascarelli, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchiab.it  
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA  
=UNI EN ISO 9001=



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascarelli, 8 - Gualdo di Voghera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it  
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e  
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di  
 gestione per la qualità  
 certificato da KIWA  
 =UNI EN ISO 9001=

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

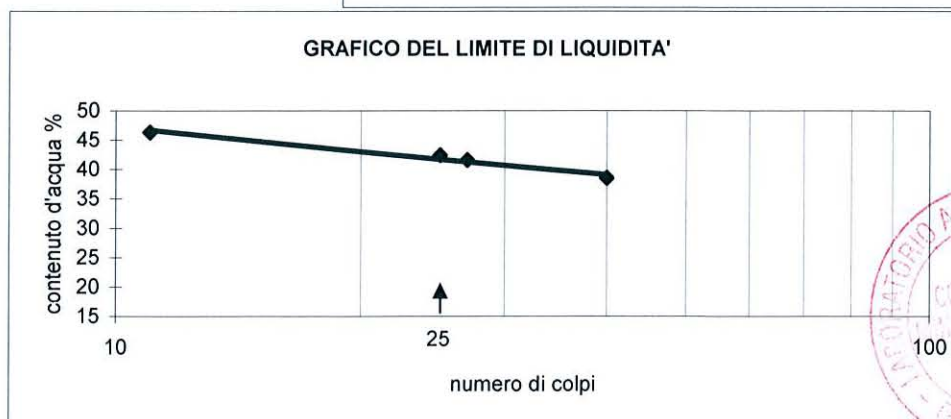
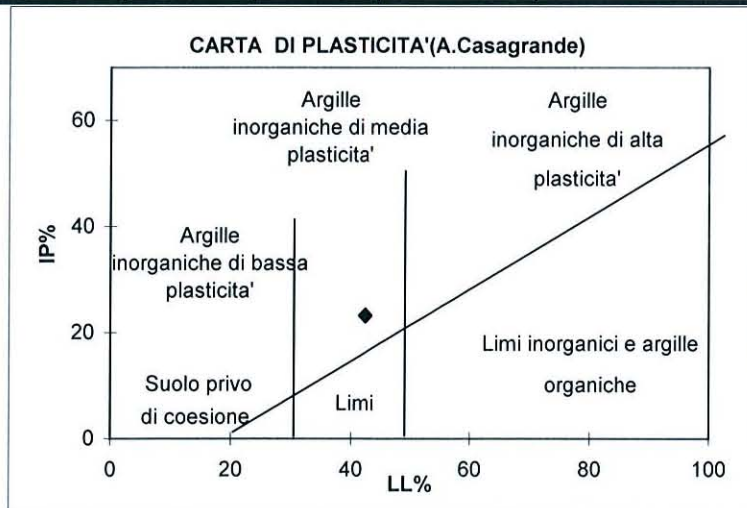
**Committente :** Comune di Sant'Agostino (FE)  
**Cantiere :** Cimitero di Sant'Agostino

**Sondaggio N°:** S1  
**Campione:** C6  
**Prof. mt:** 9.6-9.8

**Data inizio prova :** 19/07/2012

N° CONTENITORE	Limite liquido			Lim.plastico media 2 det.	Umidita' Naturale
	1	2	3		4
N° COLPI	40	27	11		
Massa terreno umido + tara (g)	40.12	38.29	39.93	14.91	302.21
Massa terreno secco + tara (g)	32.58	30.93	31.40	14.10	230.56
Massa acqua contenuta (g)	7.54	7.36	8.53	0.81	71.65
Massa tara (g)	13.00	13.23	12.99	9.86	1.00
Massa terreno secco (g)	19.58	17.70	18.41	4.24	229.56
Contenuto d'acqua %	38.5	41.6	46.3	19.2	31.2

Limite liquido %	42
Limite Plastico %	19
Umidita' naturale%	31.2
Indice Plastico %	23
Indice di consistenza :	0.48



Pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Rapporto di prova Data emissione : 24/07/2012
-----------------------------------	--	--

- **INDAGINE GEOFISICA**

*Te.Am. Geofisica Srl - Ferrara*



**Indagine sismica con la tecnica dei  
microtremori (RE.MI.) per la  
determinazione della Vs30 nell'area della  
sede del Cimitero di Sant'Agostino (FE)**

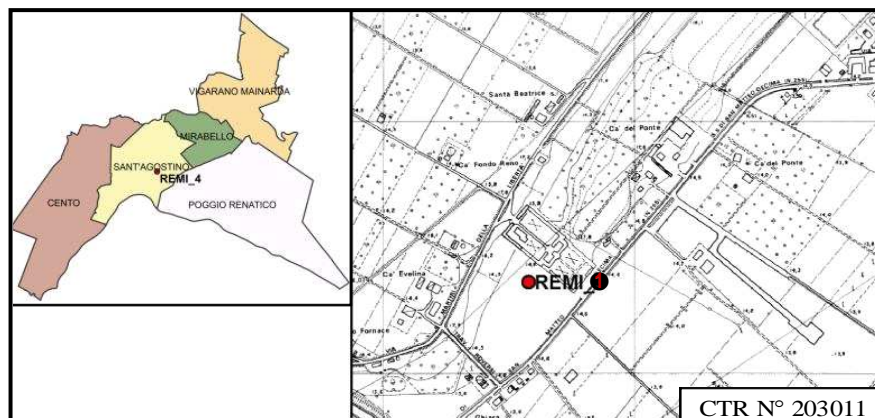
*Ottobre 2012*

**Committente:** Comune di Sant'Agostino

**Tecnico:** Dr. Nasser Abu Zeid



## **Indagine sismica con la tecnica dei microtremori (RE.MI.) per la determinazione della Vs30 nell'area della sede del Cimitero di Sant'Agostino (Ferrara)**



- Relazione Geofisica -

Ottobre 2012

---

***Te.Am. Geofisica s.r.l. - Via G. Fabbri,503 - 44124 FERRARA (FE)***

Tel./Fax 0532-871495 Cap. Soc. 10.000 euro Parz. Vers.

Iscr. Reg. Impr. N. 178610 - P. IVA e Cod. Fisc. 01568060386

e-Mail: [info@teamgeofisica.com](mailto:info@teamgeofisica.com) WEB: [www.teamgeofisica.com](http://www.teamgeofisica.com)

---

## **I N D I C E**

- 1.     PREMESSA**
- 2.     TECNICA D'INDAGINE**
- 3.     ACQUISIZIONE DATI**
  - 3.1.   Dati Re.Mi.**
- 4.     RISULTATI**
- 5.     CONCLUSIONI**



## ELENCO DELLE FIGURE E TABELLE

Figura 1. Esempio di acquisizione dati lungo il profilo sismico. Le linee verticali rappresentano il treno d'onda registrato da ciascun geofono.

Figura 2. Spettro di potenza di tipo p-f del profilo sismico. I quadrati indicano l'operazione di picking per la costruzione della curva di dispersione.

Figura 3. Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico. In base al modello sismico è stata determinata la VS30 che risulta pari a  $178 \text{ m/s} \pm 6 \text{ m/s}$ .

Figura 4. Il profilo verticale  $G_{\max}$  (modulo di rigidità dinamico) dell'area indagata dal profilo sismico, ottenuto dal profilo di velocità ( $V_s$ ) mediante l'equazione  $\mu = \rho * V_s^2$ .

Tabella 1. Dati tecnici dei profili sismici..

Tabella 2. Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato.

### **Avvertenze**

*I dati forniti nella presente relazione si riferiscono esclusivamente alla situazione esistente al periodo di indagine.*

*La precisione dei metodi impiegati è limitata dagli errori sistematici delle procedure di indagine.*

*L'autore della presente relazione garantisce la riservatezza dei dati e delle informazioni contenute e si riserva, previa autorizzazione del committente dell'indagine, il diritto esclusivo della loro pubblicazione su riviste scientifiche nazionali ed internazionali.*

## **1. PREMESSA**

Su iniziativa dei geologi ferraresi con il patrocinio dell'ordine dei geologi dell'Emilia Romagna rivolto ai comuni colpiti dal sisma del 20 maggio 2012, i sottoscritti geologi offrono gratuitamente la loro prestazione professionale per la redazione della relazione geologica-geotecnica, comprensiva di indagine in sito e prove di laboratorio per: RISTRUTTURAZIONE del Cimitero di Sant'Agostino (FE). La seguente relazione descrive i risultati della prova sismica, effettuata nell'area in oggetto (Tavola 1). Scopo dell'indagine è quello di determinare la velocità di propagazione delle onde S, alla profondità di 30 metri anche denominata più brevemente  $V_{S30}$ , mediante l'esecuzione di un profilo sismico utilizzando la tecnica del rumore ambientale (RE.MI.).

## **2. TECNICA D'INDAGINE**

La risposta dinamica dei terreni sottoposti a sollecitazioni può essere ottenuta mediante l'analisi delle onde elastiche che si trasmettono nel sottosuolo. Come è noto, le sollecitazioni dinamiche generano diversi tipi di onde riconducibili a:

- a) onde di volume (P ed S) e
- b) onde superficiali (Rayleigh "R" e Love "L").

Le onde di maggiore interesse nella soluzione di molti problemi geotecnici legati al sistema sottosuolo-fondazione-struttura sono quelle comunemente indicate come onde di taglio di tipo "S", "R" e "L". Tali tipi di onde producono vibrazioni nelle particelle dei materiali costituenti il sottosuolo che al passaggio del treno d'onda risultano polarizzate lungo un piano perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda stessa. Ciò comporta la comparsa di sforzi di taglio successivamente trasmissibili alle

strutture in superficie ed, in alcuni casi, ad un conseguente danno alle stesse.

Il D.M. del 14 gennaio 2008 dal titolo “Norme tecniche per le costruzioni”, impone di classificare i terreni, su cui saranno eseguite opere edili di una certa rilevanza, sulla base del parametro  $V_{s30}$ . La classificazione dei terreni riporta cinque categorie, definite con simbologia alfanumerica da A ad E e successive integrazioni S1 e S2, a cui corrisponde una valutazione quantitativa della risposta sismica dei terreni sottoposti ad una accelerazione sismica attesa, predefinita per ciascuna classe. Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1);

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad eq.1$$

dove,

$V_{s30}$  : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

$h_i$  : spessore dello strato  $i$ -esimo,

$v_i$  : velocità delle onde di taglio “S” nello strato  $i$ -esimo.

Le tecniche geofisiche comunemente utilizzate per la determinazione di tale parametro sono essenzialmente di tre tipi:

- 1) prove in foro singolo (Down-Hole) o doppio (Cross-Hole),
- 2) sismica di superficie (rifrazione e riflessione) con energizzazione di onde polarizzate (SH),
- 3) tecniche mediante onde superficiali “R” e “L” (SASW, MASW e Microtremori tipo Re.Mi./SPAC etc).

Le prime richiedono l'esecuzione di un sondaggio per permettere la determinazione del parametro. Le seconde, più costose, forniscono risultati

di elevata qualità ma sono facilmente influenzate da rumori antropici che ne degradano le caratteristiche. Le ultime sono realizzate, ad eccezione della tecnica SASW, con procedure operative simili a quelle impiegate nella sismica a rifrazione.

La prova geofisica adottata per questa indagine appartiene alla terza categoria ed è consistita nell'applicazione della tecnica *Spatial Autocorrelation* (SPAC), proposta da Aki (1957) che permette di ottenere con minor costo di processo il profilo verticale della velocità media delle onde di taglio "S" e contemporaneamente di raggiungere profondità superiori a 30 m favorendo in alcuni casi il raggiungimento del bedrock - così come definito dalla normativa ( $V_s > 800$  m/s) - coadiuvando contemporaneamente l'interpretazione delle eventuali variazioni di rigidità sismica ( $V_s \times \rho$ ) dei terreni investigati. La tecnica SPAC si effettua lungo dei profili non-lineari di forma circolare, esagonale oppure L. Nel caso specifico è stata utilizzata la geometria ad L.

Attraverso l'analisi delle onde superficiali "R" che costituiscono un particolare tipo di onde superficiali trasmesse sulla superficie libera di un mezzo omogeneo ed isotropo si ricava indirettamente la velocità delle onde di taglio "S" secondo l'equazione,

$$V_R = \left( \frac{0.862 + 1.14\nu}{1 + \nu} \right) \times V_S$$

$$V_R \cong 0.92 V_S$$

eq.2

dove,

$V_R$ : velocità di fase dell'onda Rayleigh

$V_S$ : velocità di propagazione dell'onda di taglio

$\nu$  : rapporto di Poisson

### 3. ACQUISIZIONE DATI

L'area oggetto di indagine è stata investigata in data 4 luglio 2012 mediante l'esecuzione di n.1 profilo sismico "RE.MI." (**Tavola 1**) di lunghezza complessiva di 184 metri (Tabella 1).

Tabella 1. Dati tecnici dei profili sismici.

Sigla	Lunghezza (m)	Passo intergeofonico (m)	Ubicazione Coord. Geog.
Profilo 1	184,0	8,0	N44°47'48.37" E11°23'57.96"
Ubicazione del profilo è riportata sulla figura in pagina ii			

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un sismografo digitale RAS 24 – Seistronix (ABEM) con 24 geofoni verticali equidistanziati 8.0 m. La lunghezza temporale di ogni registrazione è stata pari a 32 secondi con passo di campionamento di 2 ms (in figura 1 è riportato un esempio di acquisizione, composto da 24 tracce sismiche).

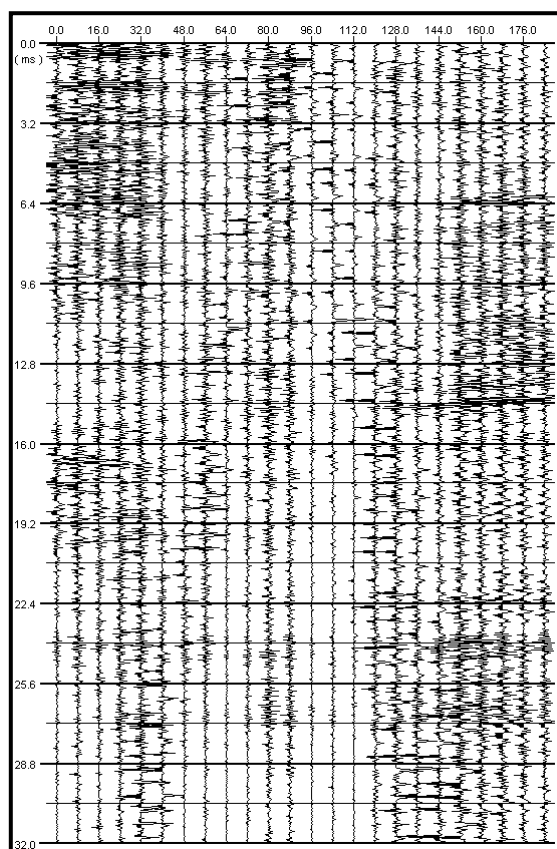


Figura 1. Esempio di acquisizione dati lungo il profilo sismico. Le linee verticali rappresentano il treno d'onda registrato da ciascun geofono.

### 3.1. DATI RE.MI.

L'analisi delle tracce sismiche registrate è consistita nell'applicazione di una trasformata bi-dimensionale di tipo  $p$ - $f$  ( $p$ =slowness "1/velocità"-

$f$ =frequenza “Hz”/McMechan e Yedlin, 1981) che analizza la variazione nel tempo dell’energia di propagazione del segnale sismico lungo tutte le direzioni rispetto alla linea sismica.

Il risultato di tale analisi rappresenta il cosiddetto spettro di potenza da cui si ottiene in prima battuta la curva di dispersione sperimentale delle onde “R” (figura 2) e successivamente, attraverso una procedura di modellazione numerica, la determinazione delle velocità delle onde di taglio “S” (figura 2).

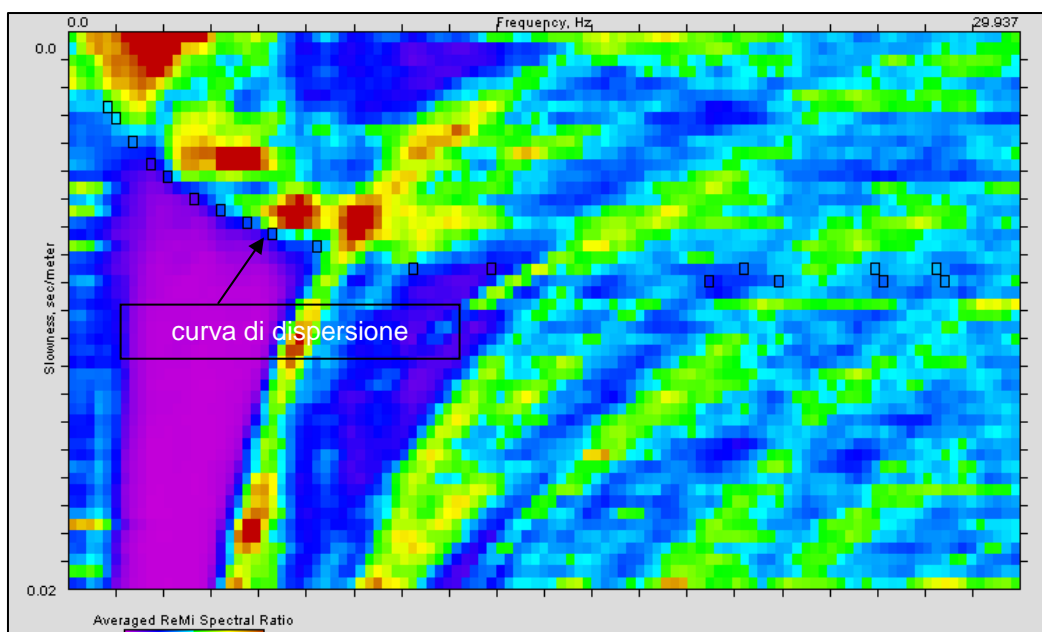


Figura 2. Spettro di potenza di tipo p-f del profilo sismico. I quadrati indicano l’operazione di picking per la costruzione della curva di dispersione.

#### 4. RISULTATI

Il modello sismico  $V_S$  ottenuto dall’interpretazione quantitativa della curva di dispersione (figura 2) e riportata in figura 3 indica la presenza di otto sismo-strati caratterizzati da valori di “ $V_S$ ” compresi tra 115 m/s e 377 m/s (Tabella 2).



Tabella 2. Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato.

Sismo-strato	PROFILO 1		
	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	115	2.1	2.1
2	117	5.8	3.7
3	150	14.4	8.6
4	205	20.9	6.5
5	307	30	9.1
6	307	60.3	30.3
7	357	89.8	29.5
8	377	-	-

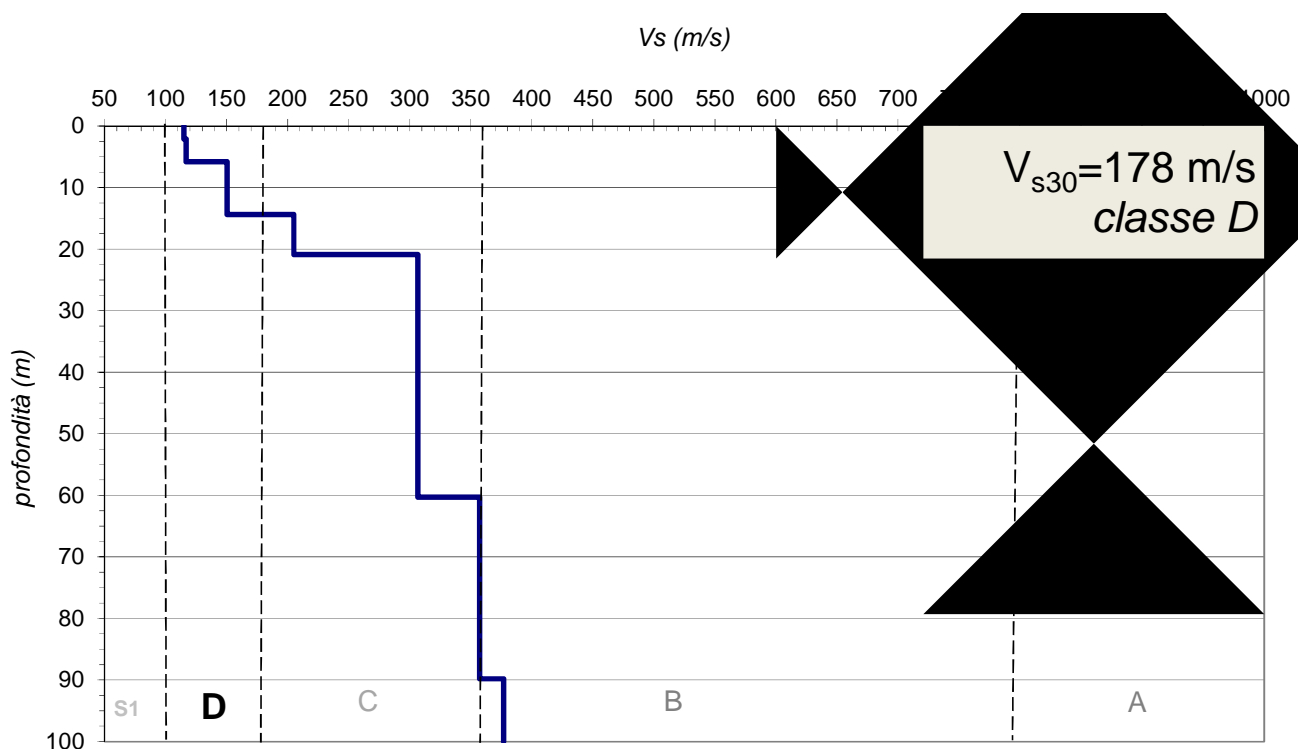


Figura 3. Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico. In base al modello sismico è stata determinata la VS30 che risulta pari a 178 m/s  $\pm$  6 m/s.

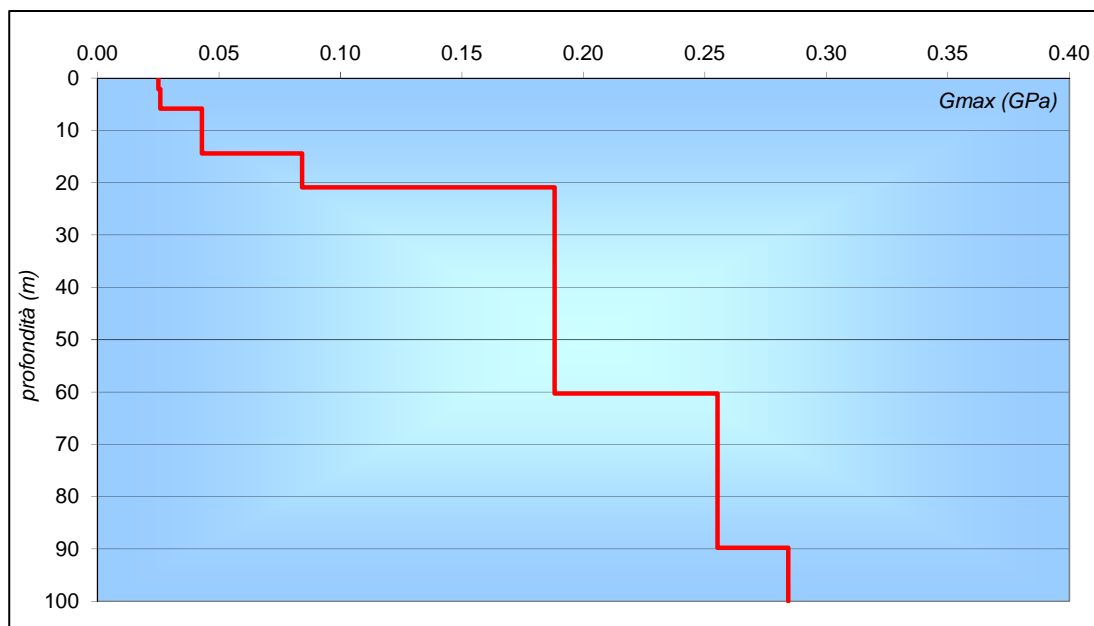


Figura 4. Il profilo verticale  $G_{max}$  (modulo di rigidità dinamica) dell'area indagata dal profilo sismico, ottenuto dal profilo di velocità ( $V_s$ ) mediante l'equazione  $\mu = \rho \cdot V_s^2$ .

I valori  $V_{S30}$  determinati per il sito, secondo l'eq.1, risultano pari a **178 m/s**  $\pm$  6 m/s collocando il sottosuolo in **CLASSE D** (D.M. 14 gennaio 2008).

## 5. CONCLUSIONI

L'indagine geofisica effettuata in data 10.09.2012 con la tecnica RE.MI., ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (circa 100 m).

L'analisi del modello sismico evidenzia la presenza di otto sismo-strati (figura 3) contraddistinti da valori di velocità di propagazione delle onde di taglio inferiori a 200 m/s per profondità inferiori a 15 m. Tuttavia a profondità superiori i valori della  $V_s$  evidenziano un graduale incremento raggiungendo valori intorno a 377 m/s a circa 90 metri. Inoltre, il modello evidenzia la presenza di una discontinuità netta a circa 20 m, associata alla presenza di

sedimenti caratterizzati da valori di rigidità elastica dinamica compresa tra 0,1 e 0,2 GPa.

Dal modello sismico ottenuto è stata ricavata la velocità  $V_{s30}$  risultata pari a **178 m/s** che colloca il sottosuolo in **classe D** dei terreni di fondazione (*“Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina”*). Inoltre, si riporta in Figura 4 la variazione del modulo di rigidità dinamico ( $G_{max}$  o  $G_0$ ) ricavato dal corrispondente profilo sismico di taglio (valori di densità utilizzate sono comprese tra 1750 e 1850 kg/m<sup>3</sup> per tutti i sismo strati ad accensione del primo ove il valore è pari a 1.450,0 kg/m<sup>3</sup>).

Tecnico:

Dr. Nasser ABU ZEID

## Bibliografia

Aki, K., 1957. Space and time spectra of stationary stochastic waves, with spatial reference to microtremors. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 35:415-456.

SeisOpt® ReMi, 2006. ReMiv4.0 user's manual. Optim, Inc., N. Virginia, USA, 85