



StudioTondi

Via P.G. Martini n° 38/F
40134 Bologna
Tel - Fax: +39 051 6144617
Mob: +39 339 2587461
www.studio-tondi.it - luca@studio-tondi.it

COMUNE DI SAN PIETRO IN CASALE

PROVINCIA DI BOLOGNA

**RICHIESTA DI INSERIMENTO NEL PIANO OPERATIVO
COMUNALE (POC) DI AREE RICADENTI NELL'AREALE N° 2
"Borgo Armando Vaccari"**

STUDIO GEOLOGICO INTEGRATIVO

DOTT. GEOLOGO LUCA TONDI



BOLOGNA – Febbraio 2012



INDICE

PREMESSA.....	1
INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO.....	1
INDAGINI DI CAMPAGNA E STRATIGRAFIA	1
PROVE PENETROMETRICHE C.P.T.	1
PROVE PENETROMETRICHE C.P.T.U.....	2
CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E STIMA DELLA SOGGIACENZA MINIMA.....	4
INDAGINI SISMICHE	6
CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA.....	8
CLASSIFICAZIONE SISMICA SECONDO L'O.P.C.M. N° 3274 DEL 20 MARZO 2003	8
STORIA SISMICA DELL'AREA.....	8
ZONE SISMOGENETICHE	10
VERIFICHE DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI CON PGA DA ANALISI DI	
2° LIVELLO.....	11
CALCOLO DELLE PGA TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	12
METODOLOGIA DI STUDIO	13
SEGNALE DI INPUT	13
PROFILO DI VELOCITA'	15
MODULI DI RIGIDEZZA E SMORZAMENTO	16
SINTESI DEI DATI DI INPUT	18
RISULTATI	18
VERIFICHE DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI E DEI CEDIMENTI POST SISMICI	
CON PGA DA ANALISI DI 3° LIVELLO.....	21
STIMA DEL RISCHIO ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	21
STIMA DEI CEDIMENTI POST- SISMICI	23
QUADRO DELLA LIQUEFAZIONE ALL'INTERNO DEL COMPARTO INDAGATO.....	23
CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI.....	24

PREMESSA

A seguito della comunicazione “Note esplicative sugli approfondimenti sismici da espletarsi in fase di POC/PUA per l’ambito “n°2-ANS-C” del capoluogo in comune di San Pietro in Casale” pervenuta all’Unione Reno-Galliera del 17 dicembre 2012 un’indagine geologica integrativa relativamente alla richiesta di inserimento nel POC dei comparti ricadenti nell’areale n° 2 “Borgo Armando Vaccari”.

Nel corso di questo studio sono state eseguite (indagini minime richieste) :

- N° 3 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono (CPTU) spinte sino a – 20 m dal p.c..
- N° 1 Indagine geofisica per la stima delle VS30 mediante rilievo dei microtrempi.

Sulle verticali delle CPTU sono stati prelevati campioni di terreno da sottoporre ad analisi granulometrica in laboratorio.

In particolare nel seguente studio sono stati svolti approfondimenti sismici di 3° livello.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO

L’area oggetto di studio, inserita nelle C.T.R. n. 203052 e 203091, ricade nella zona della bassa pianura bolognese ad una quota di circa 16 m s.l.m., ed è caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante con gradienti topografici molto modesti.

La zona, dal punto di vista geo-strutturale, si colloca in corrispondenza di una geosinclinale subsidente, colmata da materiali alluvionali abbandonati dai corsi d’acqua sfocianti dalle valli appenniniche. I sedimenti continentali accumulati nel corso del Quaternario, raggiungono spessori dell’ordine 150 ÷ 200 m. (Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna)

I terreni che caratterizzano il primo sottosuolo sono rappresentati da sedimenti di origine fluvio-palustre depositati in massima parte dal Fiume Reno, ovverosia depositi alluvionali aventi la tipica struttura a lenti incrociate, formati da strati di materiali a granulometria fine e/o finissima (limi e argille) di spessore decimetrico, intercalati a strati di materiali più grossolani (limi sabbiosi e sabbie).

Da quel che si evince dalla lettura della Carta Geologica di pianura dell’Emilia-Romagna (a cura di R.E.R. – Servizio Sistemi Informativi Geografici – Ufficio Geologico - scala 1:250.000) i terreni caratterizzanti l’area sono rappresentati da *“Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale ed argine prossimale”* (vedi tav. 3).

INDAGINI DI CAMPAGNA E STRATIGRAFIA

Prove penetrometriche C.P.T.

Le indagini sono state ubicate in modo da essere rappresentative per la zona indagata (per

l'ubicazione vedi tav. n° 4).

Le prove sono state eseguite con apparecchiatura statica di tipo " Gouda " (SP120C "Deep-Drill") dotata di punta standard tipo Begemann (punta conica con angolo di apertura di 60° ed una sezione di 10 cm²) e del manicotto di frizione " Friction Jacket " per la misura della resistenza di attrito laterale locale. I valori ottenuti sono riportati nei diagrammi a fine testo dove figurano:

1. La curva di resistenza alla punta **qc** che si riferisce ai valori della resistenza offerta dal terreno all' avanzamento della punta conica.
2. La curva **fs** che si riferisce alla resistenza di attrito locale misurata mediante il manicotto di frizione.

Dai valori ottenuti si può risalire alla litologia dei terreni attraversati secondo la teoria di Begemann in base ai rapporti tra **qc** e **fs** (vedi tabelle allegate a fine testo).

Dall'elaborazione dei dati reperiti si è estrapolata la seguente stratigrafia:

Unità' Litostratigrafica	PROFONDITA'	LITOLOGIA	Qc (Kg/cm ²)
A	da 0.0 m a -0.6 m (CPT1) da 0.0 m a -1.6 m (CPT2)	Terreno vegetale / terreno rimaneggiato	-
B	da 0.6 m a -7.6 m (CPT1) da 1.6 m a -9.2 m (CPT2)	Alternanze di argille, limi, limi sabbiosi e sabbie limose, con presenza di livelli dotati di scadenti caratteristiche geotecniche	6 ÷ 24
C	da 7.6 m a -11.0m (CPT1) da 9.2 m a -12.0 m (CPT2)	Sabbie e sabbie limose con intercalazioni di limi sabbiosi	20 ÷ 122
D	da -11.0 m a -15.0 m (CPT1) da -12.0 m a -15.4 m (CPT2)	Limi e argille con rare intercalazioni di limi sabbiosi	10÷ 36

– Interpretazione prove CPT

Dal punto di vista litostratigrafico il comparto presenta una situazione, che evidenzia il carattere comune dei processi di sedimentazione che hanno messo in posto alternanze di livelli di limi, argille, limi sabbiosi e sabbie, depositi tipici di processi sedimentari alluvionali di canale ed argine prossimale.

Si segnalano livelli moderatamente consistenti ($qc < 10 \text{ Kg/cm}^2$) di modesto spessore in tutte e due le prove nell'unità B.

Prove penetrometriche C.P.T.U.

Allo scopo di definire le caratteristiche dei terreni e la stratigrafia, sono state effettuate n° 3 prove penetrometriche statiche C.P.T.U. spinte fino alla profondità massima di - 20.0 m dal p.c.. (per l'ubicazione vedi tav. n° 4).

Le prove sono state eseguite

utilizzando un penetrometro Pagani con attrezzatura avente le seguenti caratteristiche:

Canali di misura:

Resistenza di Punta (qc): 50 MPa
 Attrito laterale (fs): 0,5 MPa
 Pressione dinamica nei pori (u): 2,5 MPa
 Inclinazione: 0 - 20°

Dimensioni:

Apertura cono: 60°
 Diametro: 36 mm
 Area punta: 10 cm²
 Rapporto delle aree di punta (a) 0,58
 Area manicotto di attrito: 150 cm²
 Rapporto delle aree del manicotto (b) ... 0,014
 Peso: 3,5 kg
 Lunghezza totale:
 Versione Sonica 1.090 mm
 Versione con Cavo 855 mm

Specifiche Tecniche:

	Resistenza di Punta (qc)	Attrito Laterale (fs)	Pressione nei pori (U)
Risoluzione:	0,04% F.S.	0,05% F.S.	0,04% F.S.
Stabilità termica:	<0,05% F.S./10°C	<0,05% F.S./10°C	<0,05% F.S./10°C
Non linearità:	<0,1% F.S.	<0,5% F.S.	<0,5% F.S.
Sovraccarico:	25 %	50 %	25%

Sistema TGAS02

Dai valori ottenuti dalla prova CPTU si può risalire alla litologia dei terreni attraversati in base ai rapporti tra **qc** e **fs** ed alla pressione dei pori **U2** che nelle litologie sabbiose tende verso 0 mentre aumenta in presenza di litologie coesive e semicoesive (vedi tabelle allegate a fine testo).

Dall'elaborazione dei dati reperiti si è estrapolata la seguente stratigrafia:

Unità' Litostratigrafica	PROFONDITA'	LITOLOGIA	Qc (Kg/cm2)
A	da 0.0 m a -0.8 m (CPTU1) da 0. m a -1.0 m (CPTU2) da 0. m a -1.2 m (CPTU3)	Terreno vegetale / terreno rimaneggiato	-
B	da 0.8 m a -4.4 m (CPTU1) da 1.0 m a -3.6 m (CPTU2) da 1.2 m a -3.3 m (CPTU3)	limi, limi sabbiosi con intercalati rari livelli di sabbie limose, (presenza di livelli dotati di scarse resistenze)	5 ÷ 18 7 ÷ 22 3 ÷ 13
C	da 4.4 m a -10.90m (CPTU1) da 3.6 m a -11.8 m (CPTU2) da 3.3 m a -11.5 m (CPTU3)	Sabbie e sabbie limose con intercalati rari livelli di limi sabbiosi (presenza di livelli dotati di scarso addensamento)	7 ÷ 59 4 ÷ 88 9 ÷ 110
D	da -10.9 m a -18.0 m (CPTU1) da -11.9 m a -17.8. m (CPTU2) da -11.5 m a -18.0. m (CPTU3)	Limi e argille con rare intercalazioni di limi sabbiosi	10 ÷ 36 9 ÷ 27 16 ÷ 25
E	da 18.0 m a -20.80m (CPTU1) da 17.8 m a -20.80 m (CPTU2) da 18.0 m a -20.80 m (CPTU2)	Sabbie e sabbie limose con intercalati rari livelli di limi sabbiosi e sabbie	18 ÷ 121 15 ÷ 220 18 ÷ 122

– Interpretazione prove CPTU

Osservando i diagrammi si nota che le curve che identificano le litologie sono nelle CPTU più spostate verso i terreni granulari, rispetto alle curve derivate dalle C.P.T.

Confrontando i risultati ottenuti dalle prove penetrometriche con i campioni prelevati per le analisi granulometriche sulle medesime verticali, si desume una certa sovrastima delle litologie granulari nelle CPTU, mentre nelle prove eseguite con punta meccanica si ravvisa una tendenza alla sottostima dei terreni incoerenti.

Si segnalano livelli moderatamente consistenti ($q_c < 10 \text{ Kg/cm}^2$) spessore in tutte le prove eseguite

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E STIMA DELLA SOGGIACENZA MINIMA

Nei fori di sondaggio sono state eseguite misure mediante freatimetro, ottenendo i seguenti risultati:

POSIZIONE	DATA MISURAZIONE	LIVELLO H ₂ O riferito al p.c. (m)
CPT 1	03/12/2012	-1.80
CPT 2	03/12/2012	-2.15

POSIZIONE	DATA MISURAZIONE	LIVELLO H ₂ O riferito al p.c. (m)
CPTU 1	09/01/2013	-1.60
CPTU 2	09/01/2013	-1.60
CPTU3	09/01/2013	-1.80

I livelli freatici riscontrati rivelano la presenza della falda fra -1.60 e -2.15 m. dal p.c.. Tenendo conto che la prima falda superficiale viene alimentata prevalentemente dalle acque meteoriche, tali livelli risultano soggetti ad oscillazioni legate alle condizioni climatico-stagionali.

Al riguardo della stima della soggiacenza minima, durante i periodi caratterizzati da abbondanti precipitazioni si potranno riscontrare livelli di soggiacenza minima di circa 1.20 m.

• PROVE DI LABORATORIO

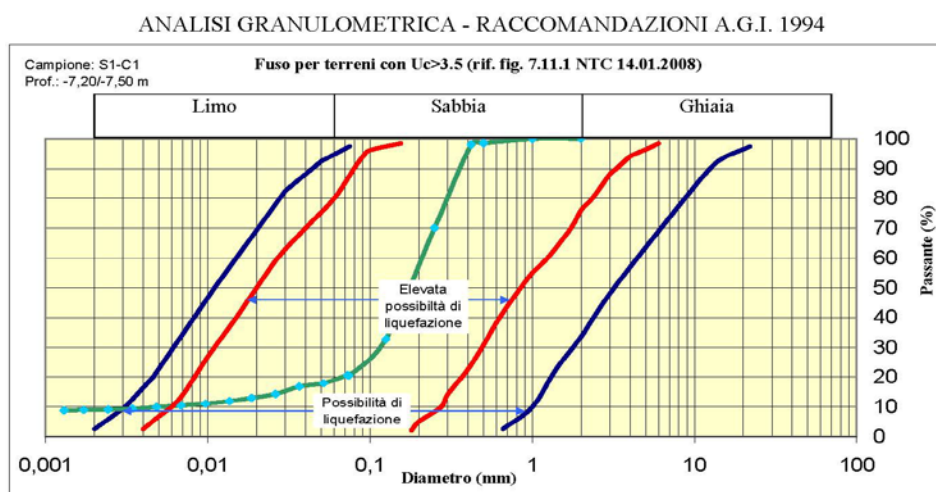
In corrispondenza delle verticali delle CPTU si sono prelevati n° 3 campioni di terreno da sottoporre a prove di laboratorio. Tali campioni sono stati prelevati con campionatore dotato di fustella in PVC e sono stati prelevati alle quote dove dai grafici litologici delle prove risultava la

presenza di sabbia.

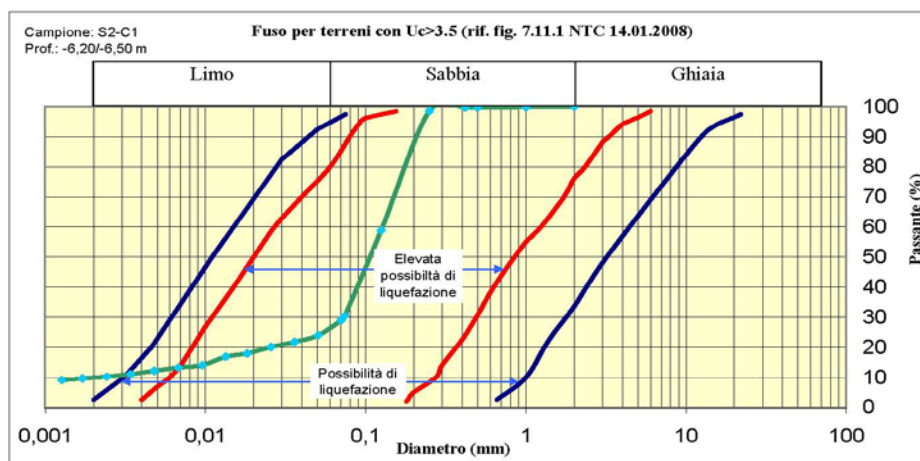
Nella seguente tabella vengono sintetizzati i risultati delle analisi di laboratorio:

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422						
Sondaggio / Campione	Quota prel. (m)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Classificazione terreno
S1/C1 (CPTU1)	- 7.00 - 7.20	0	79.55	11.45	9.00	Sabbia limosa debolmente argillosa
S2/C1 (CPTU2)	- 6.20 - 6.50	0	69.65	20.50	9.85	Sabbia limosa debolmente argillosa
S3/C1 (CPTU3)	- 6.70 - 7.10	0	78.70	12.80	8.49	Sabbia limosa debolmente argillosa

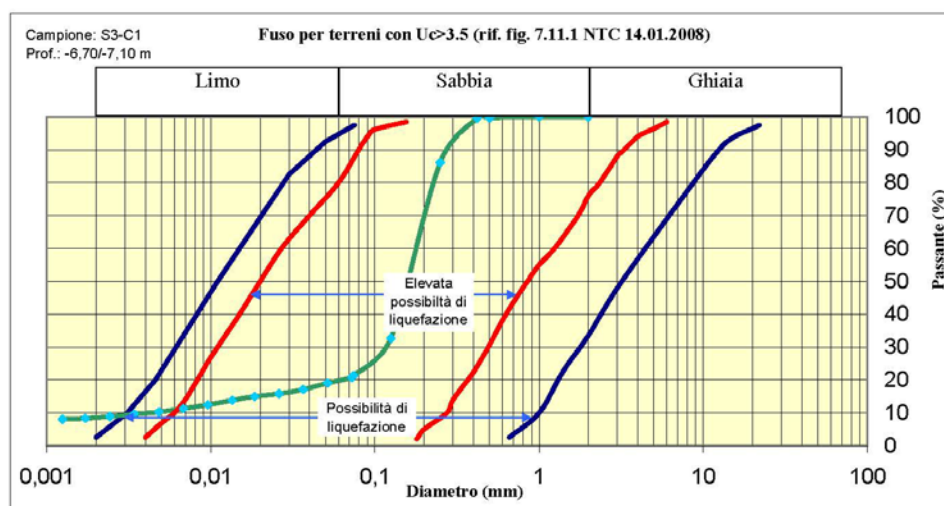
Tali campioni rientrano nella categoria con coeff. di uniformità > 3.5.



ANALISI GRANULOMETRICA - RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994



ANALISI GRANULOMETRICA - RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994



Facendo riferimento alla DAL del 02-05-2007, (Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)) la distribuzione granulometrica dei campioni ricade per la maggior parte all'interno della zona di elevata possibilità di liquefazione e per quasi tutta la parte rimanente nella zona di possibile elevata possibilità di liquefazione

(vedi anche certificato in allegato).

INDAGINI SISMICHE

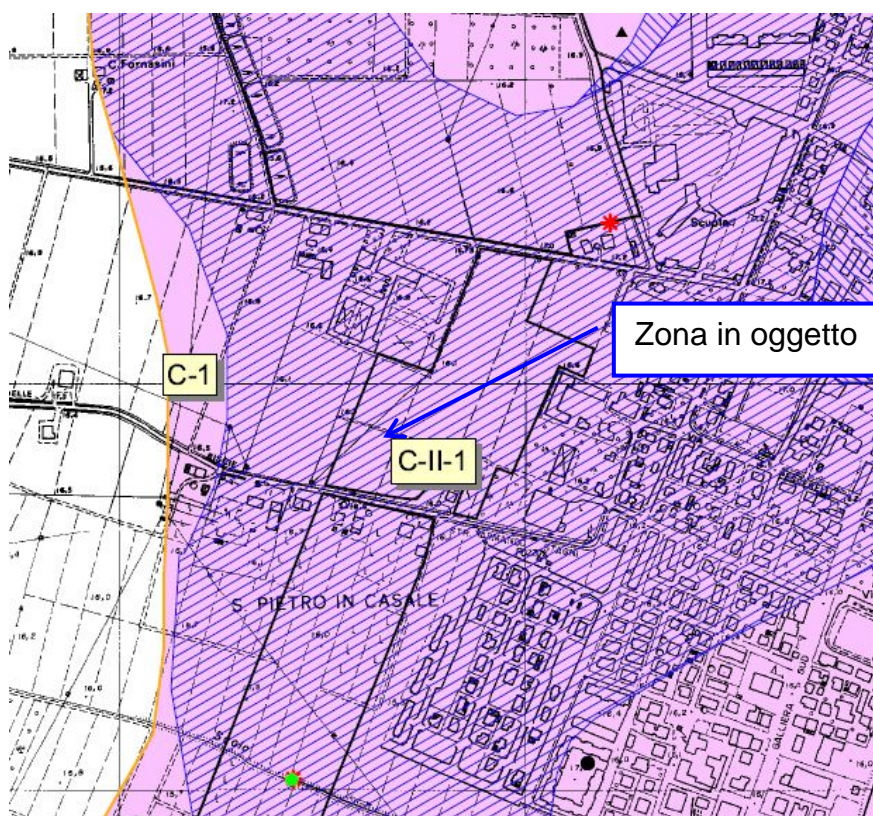
Nell'ambito di questo studio è stata realizzata un indagine sismica nel comparto studiato (vedi allegati). Per le misure è stato utilizzato un tromografo digitale portatile (TROMINO), progettato specificamente per la registrazione del rumore sismico ambientale. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, e permette la registrazione nel campo di frequenze 0-200 Hz.

Le misure di microtremori vengono anche utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (V_s). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

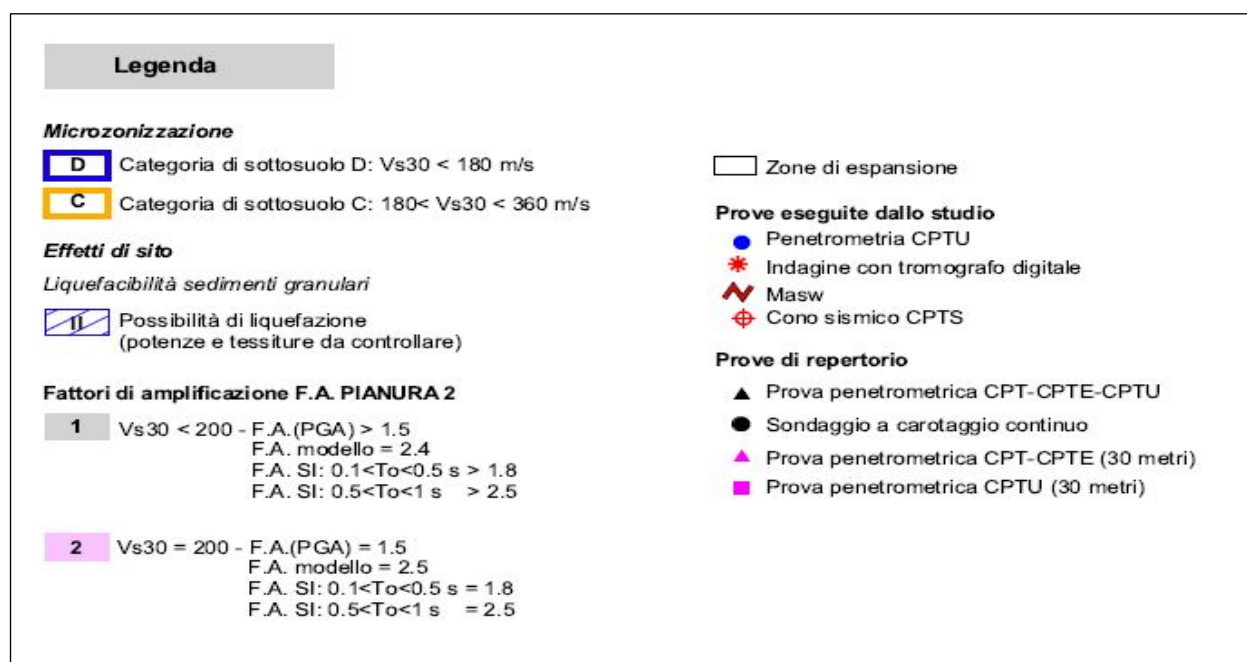
I dati misurati dallo strumento elaborati ed interpretati forniscono indicazioni sulle VS30 e quindi sulla Categoria dei terreni secondo la nuova normativa sismica.
Dall'indagine risulta:

Depth at the bottom of the layer [m]	Vs [m/s]
1.30	100
6.30	200
15.30	240
80.30	360
inf.	630

In corrispondenza del sito i terreni presentano velocità $V_s(0.0-30.0)=258\text{m/s}$ e quindi ascrivibili alla categoria C in accordo con quanto risulta dalla microzonazione del P.S.C. di San Pietro in Casale.



- Stralcio tratto da P.S.C. Microzonizzazione Sismica Tav. 1



- Legenda - P.S.C. Microzonizzazione Sismica Tav. 1

CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

Classificazione sismica secondo l'O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003

Secondo la classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n° 3274, il comune di San Pietro in Casale viene classificato in Zona 3.

Storia sismica dell'area

Dalla consultazione della Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia Romagna per classi di Magnitudo (I.G.N., Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, 1999), si evince che la località di Maccaretolo non è stata interessata storicamente da terremoti di alta intensità.

Dall'elenco dei terremoti storici tratto da *Resitalica*, si deduce che durante gli eventi sismici più importanti, avvenuti in un raggio di 30 km dalla zona oggetto di studio, i due terremoti più significativi sono avvenuti, uno nel comune di Molinella 1796 dove si sono avute magnitudo di 5,63 maw e il secondo nel comune di Finale Emilia nel 2012, dove si sono registrate magnitudo di 5,9 maw. Nei comuni confinanti, si hanno notizie di eventi sismici anche recenti, maggio 2012, con magnitudo tra 3 e 4.9 maw.

A seguito viene riportato una mappatura delle magnitudo registrate superiori a maw 4 e relativa tabella tratto da *Resitalica*;



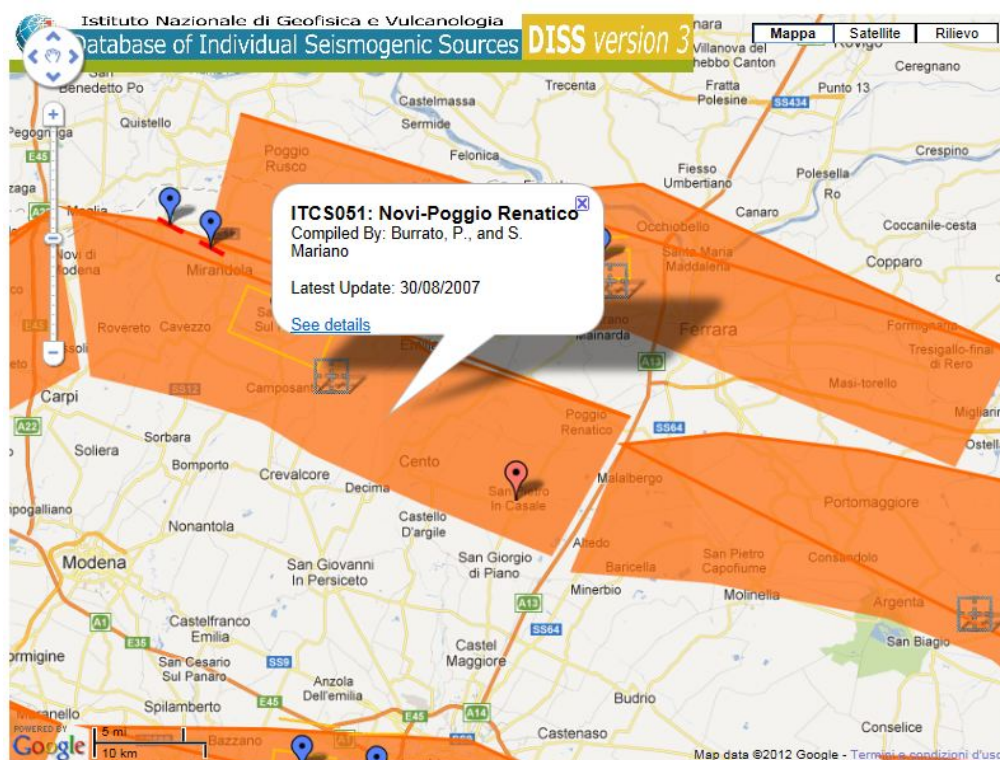
ora UTC	maw zona	comune
32) 31/5 19:4:4	4,2 I Terzi	CONCORDIA SULLA SEC... (MO)
31) 31/5 14:58:21	4,0 ROLO	ROLO (RE)
30) 29/5 11:7:5	4,0 Castello Sant'Ant...	MEDOLLA (MO)
29) 29/5 11:0:25	5,2 Borgoferro	NOVI DI MODENA (MO)
28) 29/5 11:0:2	4,9 Borgoferro	NOVI DI MODENA (MO)
27) 29/5 10:55:57	5,3 SAN POSSIDONIO	SAN POSSIDONIO (MO)
26) 29/5 9:30:21	4,2 San Martino	MIRANDOLA (MO)
25) 29/5 8:40:58	4,2 I Livelli	CONCORDIA SULLA SEC... (MO)


26) 29/5 9:30:21	4,2	San Martino	MIRANDOLA (MO)
25) 29/5 8:40:58	4,2	I Livelli	CONCORDIA SULLA SEC... (MO)
24) 29/5 8:27:23	4,7	Ridotta Modena	SAN FELICE SUL PANA... (MO)
23) 29/5 8:25:51	4,5	Molino Banfi	NOVI DI MODENA (MO)
22) 29/5 7:9:54	4,1	Fossa	CONCORDIA SULLA SEC... (MO)
21) 29/5 7:7:21	4,0	Disvetro	CAVEZZO (MO)
20) 29/5 7:0:3	5,8	Corte Wegman	MEDOLLA (MO)
19) 27/5 18:18:45	4,0	Mortizzuolo-Ponte...	MIRANDOLA (MO)
18) 25/5 13:14:5	4,0	I Gazzuoli	MIRANDOLA (MO)
17) 23/5 21:41:18	4,3	Viarovere	FINALE EMILIA (MO)
16) 21/5 16:37:31	4,1	Casumaro	FINALE EMILIA (MO)
15) 20/5 17:37:14	4,5	Serragliolo	BONDENO (FE)
14) 20/5 13:21:6	4,1	Punta	BONDENO (FE)
13) 20/5 13:18:2	5,1	Conventone	VIGARANO MAINARDA (FE)
12) 20/5 9:13:21	4,2	La Palazzina	FINALE EMILIA (MO)
11) 20/5 3:2:50	4,9	La Scavrona	SAN FELICE SUL PANA... (MO)
10) 20/5 2:39:10	4,0	Fruttarola	FINALE EMILIA (MO)
9) 20/5 2:35:37	4,0	Ca' Pontoni	VIGARANO MAINARDA (FE)
8) 20/5 2:35:37	4,0	Ca' Pontoni	VIGARANO MAINARDA (FE)
7) 20/5 2:35:37	4,0	Ca' Pontoni	VIGARANO MAINARDA (FE)
6) 20/5 2:12:42	4,3	Ca' Bianca	CAMPOSANTO (MO)
5) 20/5 2:12:42	4,3	Ca' Bianca	CAMPOSANTO (MO)
4) 20/5 2:12:42	4,3	Ca' Bianca	CAMPOSANTO (MO)
3) 20/5 2:11:46	4,3	Casumaro	BONDENO (FE)
2) 20/5 2:3:53	5,9	Rosse	FINALE EMILIA (MO)
1) 19/5 23:13:27	4,1	Forna	BONDENO (FE)

- Elenco dei terremoti storici tratto da Resitalica.it


Zone sismogenetiche

Dalla consultazione della on line della Mappa sismogenetica si evince che l'area oggetto di studio ricade su una zona sismogenetica attiva ed è posta a distanze maggiori di 10 km dalle sorgenti sismogenetiche (ITIS Mirandola e Ferrara) e dalle faglie attive. A seguito viene riportata l'ubicazione e le caratteristiche della zona sismogenetica :





DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS051 - Novi-Poggio Renatico



[Source Info Summary](#)

[Commentary](#)

[References](#)

[Pictures](#)

General information

Code	ITCS051		
Name	Novi-Poggio Renatico		
Compiled By	Burrato, P., and S. Mariano		
Latest Update	30/08/2007		

Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	3	OD	Based on geological data from various authors.
Max Depth (km)	10	OD	Based on macroseismic and geological data from various authors.
Strike (deg)	95 - 125	OD	Based on geological data from various authors.
Dip (deg)	25 - 45	OD	Based on geological data from various authors.
Rake (deg)	80 - 100	OD	Based on geological data from various authors.
Slip Rate (mm/y)	0.25 - 0.5	OD	Based on geological data from Scrocca et al. (2007).
Max Magnitude (Mw)	5.9	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Q-keys:

LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

Associated Active Faults or Folds

#	Type	Name	Reference
78	Fault	Mirandola	Castaldini et al. [1979]
79	Fault	Canalazzo di Finale Emilia	Castaldini et al. [1979]
80	Fault	Concordia	Castaldini et al. [1979]

VERIFICHE DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI CON PGA DA ANALISI DI 2° LIVELLO

Nel caso in esame, vista la situazione riscontrata, si procede alla verifica della liquefazione nei terreni.

Le verifiche alla liquefazione sono state eseguite utilizzando un metodo di tipo semplificato. Il

grado di sicurezza nei confronti della liquefazione ad una generica profondità z è stato valutato in termini di coefficiente di sicurezza FS , definito come rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione a quella profondità e la corrispondente sollecitazione indotta dall'azione sismica, entrambe normalizzate rispetto allo stato tensionale

$$FL = \frac{CRR}{CSR} * MSF$$

Sulla base dei risultati delle CPTU sono state condotte verifiche alla liquefazione mediante software Cliq 1 della Geologismiki considerando una magnitudo pari a 5,9. ed un'accelerazione massima al suolo pari a 0.24g come riportato nelle "Note esplicative sugli approfondimenti sismici da espletarsi in fase di POC/PUA per l'ambito "n°2-ANS-C" del capoluogo in comune di San Pietro in Casale". Tale verifica è stata condotta sulle litologie granulari e coesive-granulari secondo il metodo di Robertson (2009) e considerando il livello di falda posto a - 1 m dal p.c.. Una volta determinato il profilo del fattore di sicurezza FL , è stato calcolato l'indice del potenziale di liquefazione IL sulle verticali investigate, secondo la formulazione di Iwasaki et al. (1982):

$$IL = \sum_{i=1}^n F(W(z)) \Delta z$$

Dove IL indica il rischio di liquefazione secondo la seguente tabella:

Valori di I_L	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

Verifiche alla liquefazione sulle verticali delle CPTU

Dati di input:

magnitudo = 5,9

PGA = 0.24g

Livello falda = -1.0 m dal p.c.

Prova	LPI (IL)	Rischio di liquefazione
C.P.T.U 1	7.35	Alto
C.P.T.U 2	16,06	Molto alto
C.P.T.U 3	12.32	Alto

CALCOLO DELLE PGA TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

La Regione Emilia Romagna con Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n.112, oggetto n.3121 del 2 maggio 2007 ha definito gli Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica.

Nel terzo livello di approfondimento sono richiesti i seguenti elaborati:

- Perimetrazione dettagliata delle aree oggetto delle indagini;
- spettri di risposta riferiti a tali aree, per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento $\zeta=5\%$ e le mappe di amplificazione in termini di:

- 1) PGA/PGA_0 ;
- 2) SI/SI_0 .

Nel presente studio il livello di approfondimento è richiesto per la valutazione dei possibili fenomeni di liquefazione e, pertanto, il parametro richiesto è l'accelerazione di picco attesa (PGA), definita come la massima accelerazione orizzontale (Peak Ground Acceleration) alla superficie, risultante dallo studio di risposta sismica locale.

Negli studi di risposta sismica locale (RSL) è necessario valutare gli effetti della topografia; la delibera sopra citata indica che gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° , di conseguenza nel presente studio essi saranno omessi ed il problema sarà ricondotto ad un modello di superficie topografica e stratigrafia piano-parallela.

Metodologia di studio

Lo studio di RSL viene svolto utilizzando un software per modellazioni numeriche monodimensionali di propagazione dell'onda sismica, in particolare il software STRATA calcola, partendo da una serie di eventi sismici nel dominio del tempo, la risposta lineare equivalente in un sito nel dominio delle frequenze. Si tratta, in sintesi, di una moderna implementazione di concetti ben noti di analisi lineare equivalente della risposta di sito. Per maggiori dettagli si rimanda alla descrizione del software STRATA¹.

Per svolgere il calcolo sono necessari:

- Un segnale di input;
- Un profilo di velocità del sottosuolo di indagine;
- Le curve di decadimento del modulo di rigidezza al taglio e di variazione dello smorzamento per i diversi terreni costituenti il sottosuolo in studio.

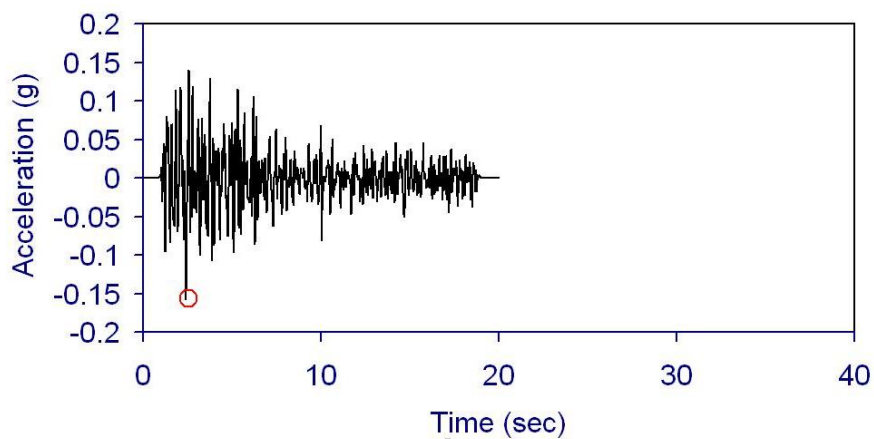
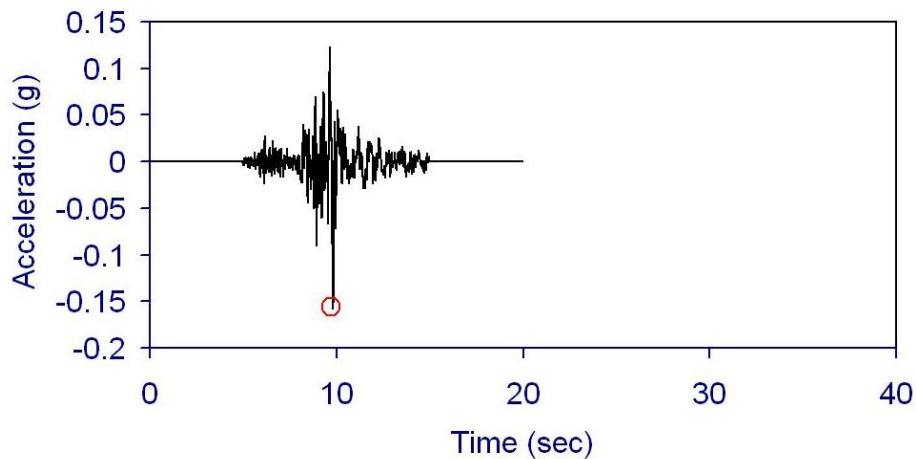
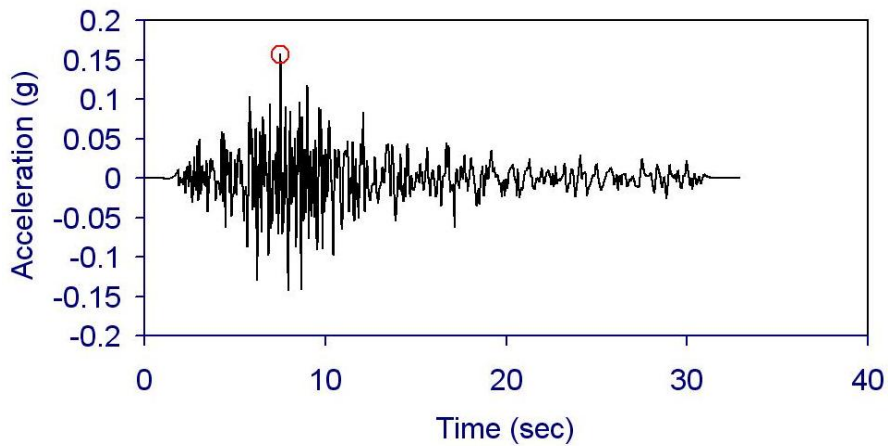
Segnale di input

I segnali da utilizzare nelle analisi di terzo livello sono forniti dalla Regione Emilia Romagna per ogni comune e sono rappresentativi dello scuotimento atteso su un suolo di riferimento, inteso come la superficie al di sotto della quale si può assumere una velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) superiore o uguale a 800 m/s.

Per il comune di San Pietro in Casale l'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (a_{refg}), espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g , è pari a 0,158.

Di seguito vengono indicati i nomi dei file contenenti i segnali di riferimento da utilizzare per il comune di San Pietro in Casale ed il relativo accelerogramma (Time history).

¹Technical **Manual** for **Strata**. Albert R. Kottke. Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering. University of Texas, Austin. Ellen M. Rathje. Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering. University of Texas (https://nees.org/resources/1507/download/Strata_Manual.pdf)

000046xa_037055SanPietroInCasale.xy**000126xa_037055SanPietroInCasale.xy****000354xa_037055SanPietroInCasale.xy**

Profilo di velocità'

Il profilo di velocità deriva da specifiche indagini eseguite nell'area in studio, ai cui report si rimanda per un'illustrazione dettagliata delle metodologie di indagine e dei relativi risultati, e dall'analisi di stratigrafie e profili geologici reperiti dall'archivio della Regione Emilia Romagna. In particolare sono state utilizzate le informazioni presenti nel Piano Strutturale Comunale del comune di San Pietro in Casale. Nella tabella seguente è illustrato il profilo stratigrafico utilizzato per le successive modellazioni; le descrizioni litologiche sono semplificate in ragione dell'utilizzo di curve di variazione del modulo di rigidezza al taglio e dello smorzamento le quali, essendo desunte da curve di bibliografie, sono necessariamente schematiche e vengono estese ad intervalli litologici in realtà più articolati. Nella scelta delle curve per materiali coesivi, dove possibile, sono stati adottati criteri di selezione sulla base dell'indice di plasticità.

Da metri	A metri	Spessore (m)	Litologia	Vs m/sec
0.00	1.00	1.00	Terreno vegetale e rimaneggiato	184
1.00	8.50	7.50	Argilla	179
8.50	12.00	3.50	Sabbia	212
12.00	15.00	3.00	Argilla	256
15.00	20.70	5.70	Argilla	235
20.70	26.80	6.10	Argilla	255
26.80	30.00	3.20	Sabbia	280
30.00	66.00	36.00	Argilla	400
66.00	72.00	6.00	Sabbia	400
72.00	132.0	60.00	Argilla	500
132.0	Half-Space	Half-Space	Bedrock Sismico	750

Dati stratigrafici e sismici del profilo utilizzato nella modellazione.

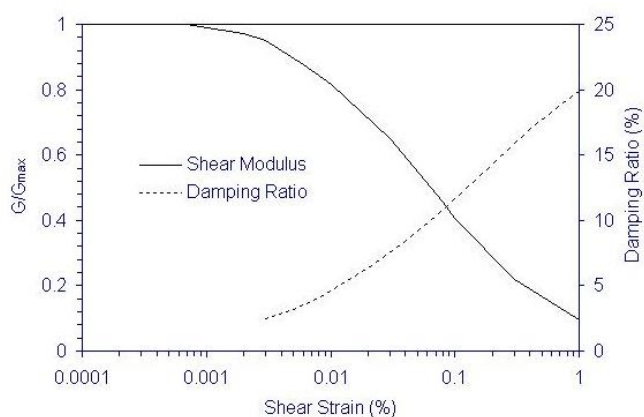
Per estendere il profilo di velocità delle onde s al di sotto della quota raggiunta con le indagini sismiche sono stati analizzati i risultati delle indagini disponibili tenendo conto della delibera regionale citata nell'introduzione la quale, in assenza di informazioni dirette sul bedrock sismico, indica di estendere il profilo di vs disponibile fino ad intersecare la retta degli 800 m/sec di velocità. Per quanto riguarda l'area oggetto di studio si è ritenuto corretto utilizzare un profilo di Vs considerando il bedrock sismico avente velocità di 750 m/sec ad una profondità di circa 132 metri, in accordo con lo studio sismico a corredo del PSC di San Pietro in Casale.



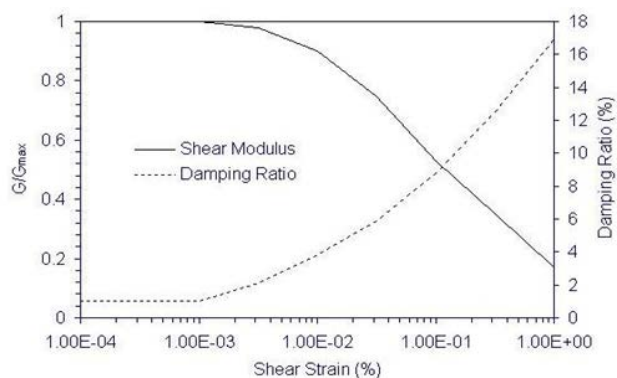
Grafico del profilo di velocità delle onde di taglio desunto dalle indagini.
Le velocità sono espresse in metri al secondo

Moduli di rigidezza e smorzamento

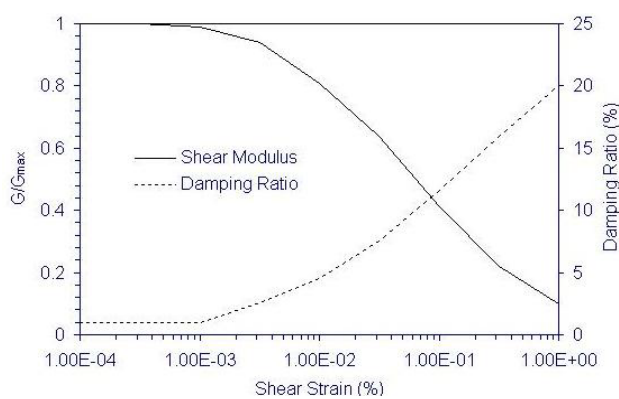
Sulla base delle risultanze dello studio geologico e del profilo da esso derivato sono state individuate 4 tipologie di terreni alle quali sono state attribuite le relative curve di decadimento del modulo di rigidezza al taglio e della variazione dello smorzamento, opportunamente scelte tra quelle disponibili in bibliografia e di seguito esposte.



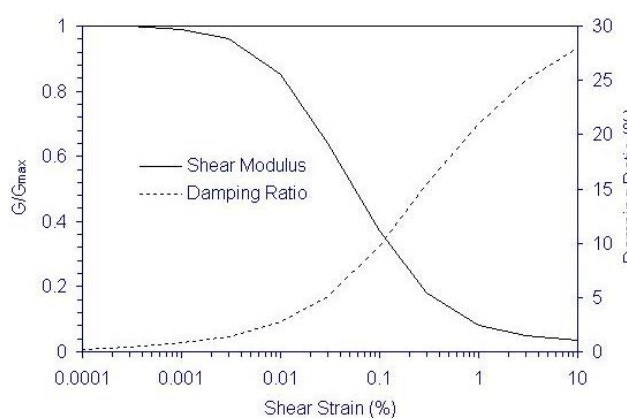
Suolo A - Suoli con $PI=15$ (Vucetic & Dobry, LGE 1/91)



Suolo B – Argille con $IP = 20-40$ (Vucetic & Dobry, $PI = 30$)



Suolo C - Argille con $IP = 10-20$ (Vucetic & Dobry, $PI = 15$)



Suolo D – Sabbia (Idriss, 1990)

Sintesi dei dati di input

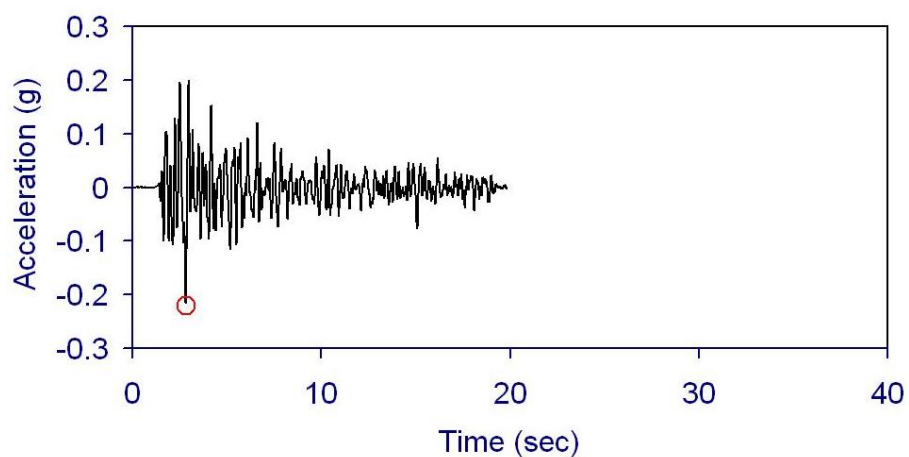
La sintesi dei dati di input è contenuta nelle tabelle seguenti in cui sono indicati i layer utilizzati nella discretizzazione del sottosuolo di indagine e per ognuno di essi lo spessore, la velocità delle onde di taglio, la tipologia di suolo e i modelli di variazione del modulo di rigidezza e di smorzamento.

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	A	17.00	Soil	Soil	Suoli
2	B	19.00	Vucetic & Dobry, PI = 30	Vucetic & Dobry, PI = 30	Argilla Ip = 20-40
3	C	19.00	Vucetic & Dobry, PI = 15	Vucetic & Dobry, PI = 15	Argilla Ip = 10-20
4	D	18.00	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	Sabbia

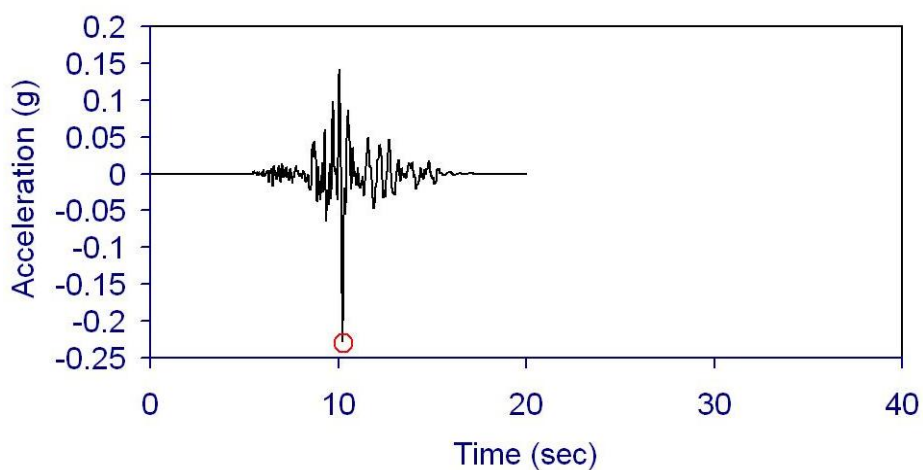
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	1.00	A	184.00
2	1.00	7.50	C	179.00
3	8.50	3.50	D	212.00
4	12.00	3.00	C	256.00
5	15.00	5.70	B	235.00
6	20.70	6.10	C	255.00
7	26.80	3.20	D	280.00
8	30.00	36.00	C	400.00
9	66.00	6.00	D	400.00
10	72.00	60.00	C	500.00
11	132.00	Half-Space	Bedrock	750.00

Risultati

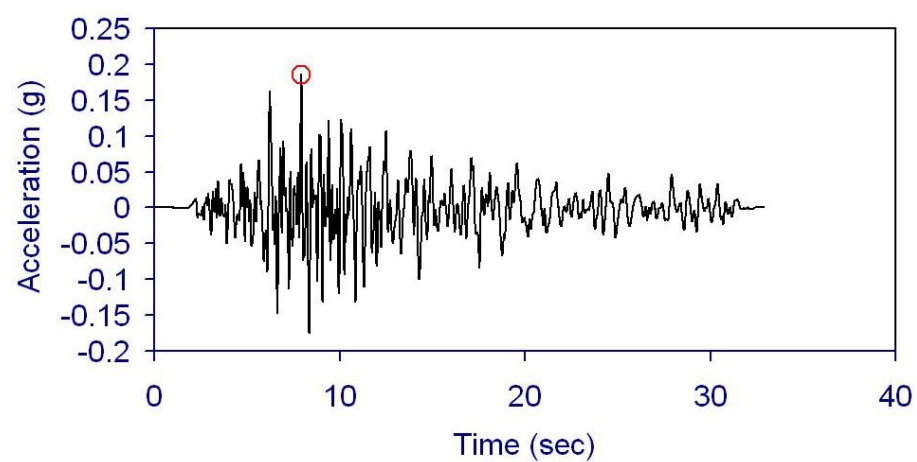
Le analisi monodimensionali sono state svolte utilizzando i tre segnali definiti dalla banca dati della Regione Emilia Romagna con i riferimenti teorici e le caratterizzazione di sito espresse nelle pagine precedenti. I risultati sono in prima approssimazione sintetizzabili nei tre accelerogrammi definiti di Output esposti di seguito, i quali costituiscono la risposta alla profondità di 1 metro, in termini di storia temporale delle accelerazioni, allo specifico input imposto al tetto del bedrock sismico.



: Output per il segnale di input - 000046xa



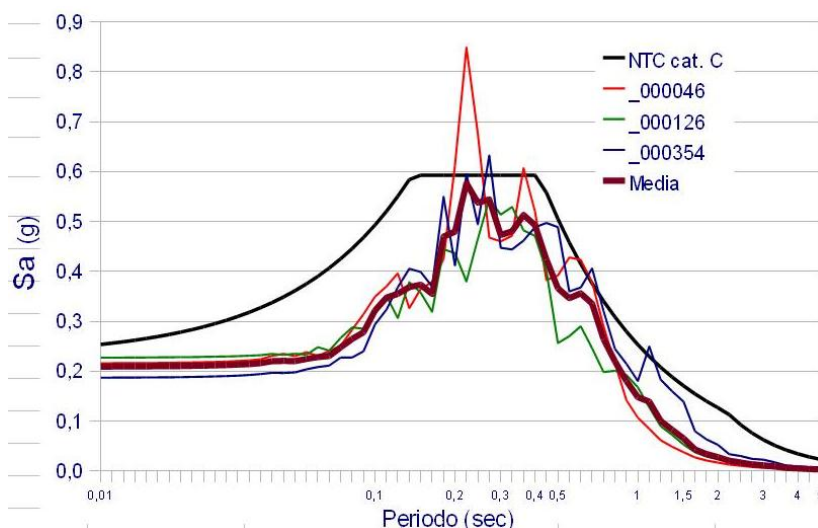
Output per il segnale di input - 000126xa



Output per il segnale di input - 000354xa

Passando dal dominio del tempo al dominio delle frequenze (periodi) la risposta sismica viene espressa dapprima in termini di trasformata di Fourier e quindi di spettro di risposta per un dato smorzamento, che nel caso in questione è del 5%.

Gli spettri di risposta in accelerazione relativi alle tre modellazioni monodimensionali sono riportati nella figura seguente. Nella stessa figura è anche riportato lo spettro per sottosuolo di categoria C derivato dall'applicazione della procedura semplificata delle NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14/01/08).



Dal confronto tra le accelerazioni spettrali risultanti dalle modellazioni monodimensionali e lo spettro di risposta di normativa per sottosuolo di categoria C si possono trarre le seguenti considerazioni:

1. il tratto orizzontale dello spettro di normativa, ossia il tratto di massima accelerazione spettrale, copre interamente i periodi (frequenze) di massima accelerazione risultanti dalle modellazioni e si estende ulteriormente a comprendere periodi più bassi (alte frequenze);
2. nel tratto orizzontale dello spettro di normativa si rileva un unico picco significativamente superiore relativo all'input 00046; considerata la media dei tre accelerogrammi di output tale picco può essere considerato non rilevante.

In sintesi il risultato delle modellazioni è in sostanziale accordo con lo spettro di normativa per la categoria stratigrafica C.

I fattori di amplificazione vanno sintetizzati come rapporto tra il segnale in output e il segnale in input in termini di PGA. Nella tabella seguente sono esposti i suddetti rapporti per i singoli segnali utilizzati e come media tra i tre risultati ottenuti.

	000046	000126	000354	Media
PGA₀	0,158			0,158
PGA₁	0,213	0,225	0,184	0,207
FA_{PGA}	1,348	1,424	1,164	1,310

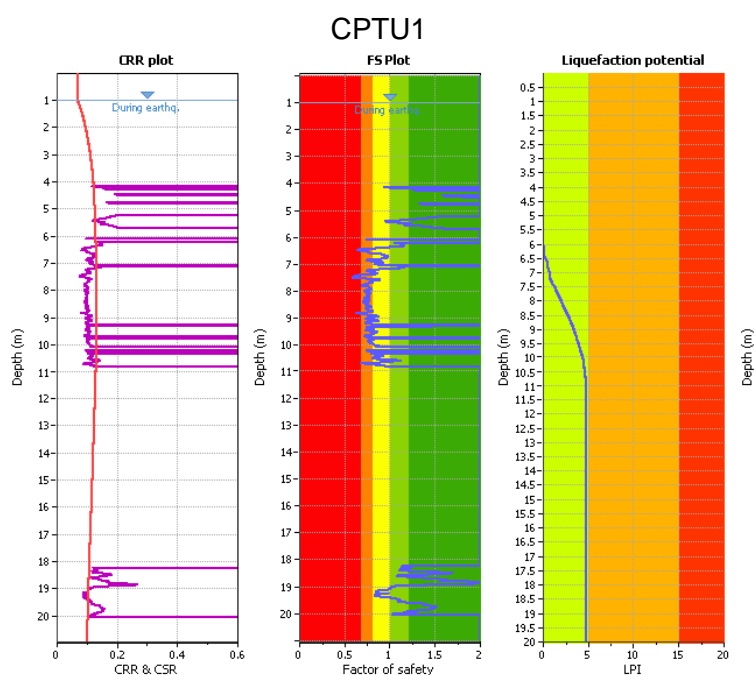
VERIFICHE DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI E DEI CEDIMENTI POST SISMICI CON PGA DA ANALISI DI 3° LIVELLO

Stima del rischio alla liquefazione dei terreni

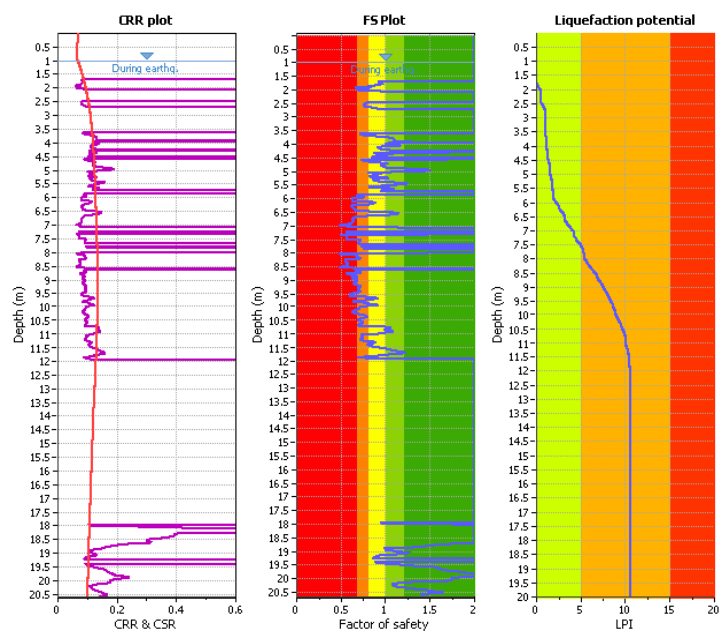
Facendo riferimento ai valori di PGA calcolati nell'approfondimento di 3° livello, i quali risultano inferiori a quelli relativi al precedente livello di approfondimento si passa alle verifiche della liquefazione e dei cedimenti postsismici mediante software Cliq 1 della GeologisMiki con i seguenti dati di input:

Magnitudo = 5,9
PGA = 0.207g
Livello falda = -1.0 m dal p.c.

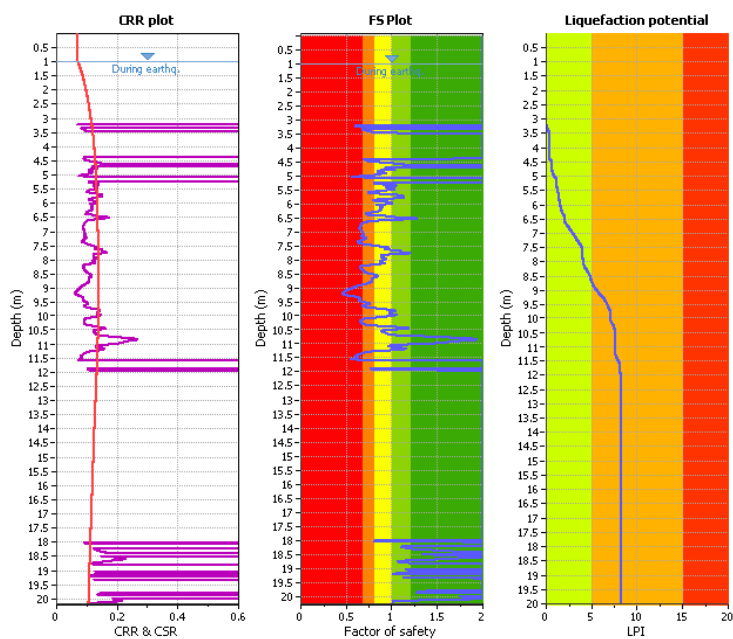
A seguito vengono riportati i report generati dal programma:



CPTU2



CPTU3

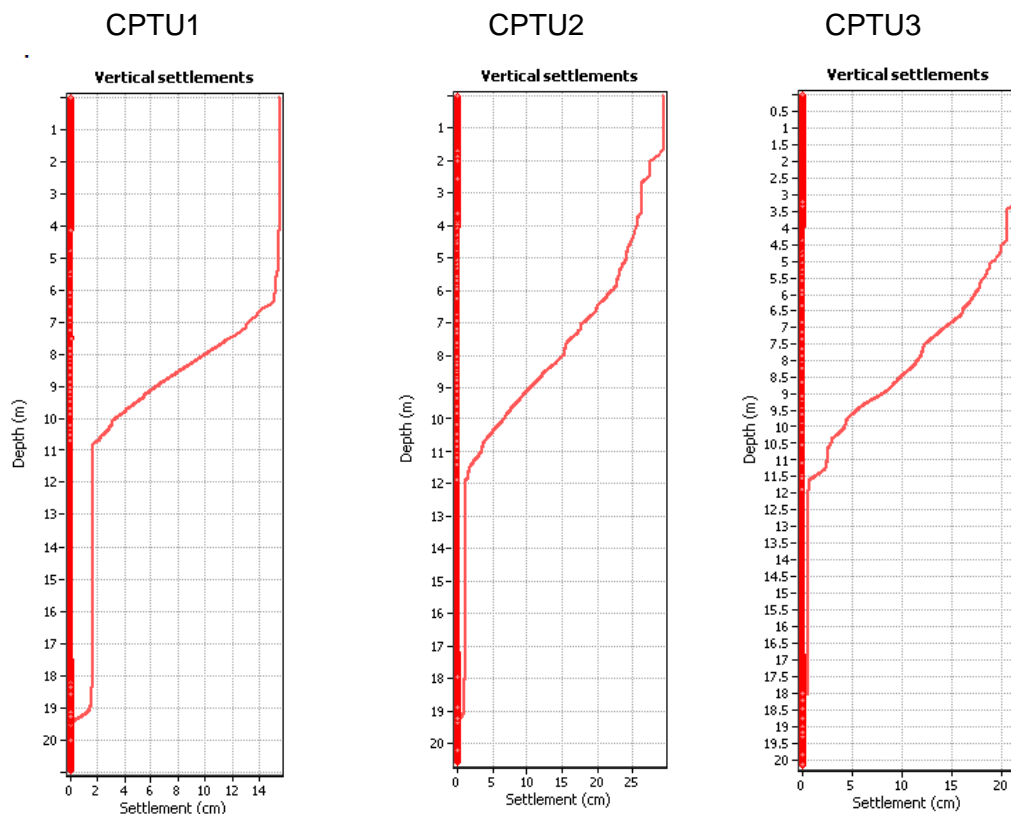


Prova	LPI (IL)	Rischio di liquefazione
C.P.T.U 1	4.89	Basso
C.P.T.U 2	10.08	Alto
C.P.T.U 3	7.94	Alto

Dai valori si nota come anche per piccole variazioni delle PGA il livello di liquefacibilità dei sedimenti si riduca significativamente.

Stima dei cedimenti post- sismici

Sulla base dei risultati delle CPTU mediante software Cliq 1 della GeologisMiki si sono stimati i cedimenti postsismici verticali totali; a seguito vengono riportati i grafici generati dal programma;



I risultati mostrano cedimenti variabili da 16 a 30 cm in relazione alla verticale investigata. Occorre però tener conto che tali valori sono considerati in condizioni di campo libero e il programma non tiene conto della dissipazione del cedimento relativamente alla profondità alla quale si manifesta. A parere dello scrivente risultati dell'ordine del 50% di quelli ottenuti si possono ritenere più realistici.

QUADRO DELLA LIQUEFAZIONE ALL'INTERNO DEL COMPARTO INDAGATO

Facendo riferimento a quanto emerso dallo studio eseguito si è diviso il comparto in due zone assecondate delle caratteristiche del sottosuolo riscontrate (vedi tav. 5):

- Zona A con rischio di liquefazione basso e cedimenti post sismici contenuti.
- Zona B con rischio di liquefazione alto e cedimenti post sismici significativi.

Nella zona A si ritiene che non vi siano particolari problematiche circa l'idoneità dell'area ad essere utilizzata per futuri usi urbanistici che prevede la realizzazione di edifici di modeste dimensioni e di altezze limitate.

Nella zona B nel caso di sismi con accelerazioni massime dell'ordine di quelle attese si potrebbero verificare effetti dovuti alla liquefazione tali da influenzare fondazioni superficiali con cedimenti significativi.

CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Dallo studio eseguito è emerso che nei primi 20 metri di profondità sono presenti alternanze di livelli limi e limi argillosi intercalati a livelli di limi sabbiosi e sabbie.

In particolare dalla quota di - 3 ÷ - 4 m fino a circa - 11 m dal p.c. sono presenti sabbie e sabbie limose con intercalati rari livelli di limi sabbiosi e la presenza di livelli dotati di scarso addensamento. Dalle verifiche eseguite, tali litologie in alcune posizioni, sono risultate ad alto rischio di liquefazione in caso di sismi con accelerazioni massime dell'ordine di quelle attese.

Facendo riferimento ai livelli misurati nei fori di sondaggio e alle condizioni idrogeologiche dell'area, si possono riscontrare livelli di soggiacenza minima dell'ordine di 1.20 m. dal p.c..

Dall'analisi di 3° livello relative alle P.G.A. locali è risultato:

	Media
PGA₀	0,158
PGA₁	0,207
FA_{PGA}	1,310

Dalle verifiche alla liquefazione eseguite sulle litologie presenti nel primo sottosuolo, in alcune posizioni i risultati mostrano un alto rischio di liquefazione in caso di sismi con accelerazioni massime dell'ordine di quelle attese.

Facendo riferimento a quanto emerso dallo studio eseguito si è diviso il comparto in due zone asseconda delle caratteristiche del sottosuolo riscontrate (vedi tav. 5):

- Zona A con rischio di liquefazione basso e cedimenti post sismici contenuti.
- Zona B con rischio di liquefazione alto e cedimenti post sismici significativi.

Nella zona A si ritiene che non vi siano particolari problematiche circa l'idoneità dell'area ad essere utilizzata per futuri usi urbanistici che prevede la realizzazione di edifici di modeste dimensioni e di altezze limitate.

Nella zona B nel caso di sismi con accelerazioni massime dell'ordine di quelle attese si potrebbero verificare effetti dovuti alla liquefazione tali da influenzare fondazioni superficiali con cedimenti significativi. La situazione presente in tale area non pregiudica la realizzazione di edifici di modeste dimensioni e altezze, ma rende necessario un approfondimento di indagine da realizzarsi per la fase esecutiva del progetto.

Occorrerà quindi realizzare per ogni edificio di uno specifico studio geologico di dettaglio calibrato sull'importanza dell'edificio di progetto e corredato da opportune indagini.

Tale studio dovrà essere atto a fornire al progettista delle strutture tutte le indicazioni per la scelta di idonee strutture fondali commisurate all'importanza degli edifici e/o di interventi inerenti la mitigazione del rischio di liquefazione degli strati (ad esempio mediante iniezioni di boiacca ecc.).

In particolare lo studio dovrà fornire indicazioni sui cedimenti post sismici sia assoluti sia differenziali. L'indagine geologica potrà anche valutare in dettaglio la suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti mediante specifiche prove di laboratorio (prove cicliche a liquefazione) .

Per ogni edificio dovranno essere effettuate opportune prove (minimo due CPT o CPTU) spinte sino ad una profondità minima di 15 m atte a verificare puntualmente le condizioni litostratigrafiche presenti al di sotto del sedime del fabbricato e reperire informazioni sui parametri dei terreni.

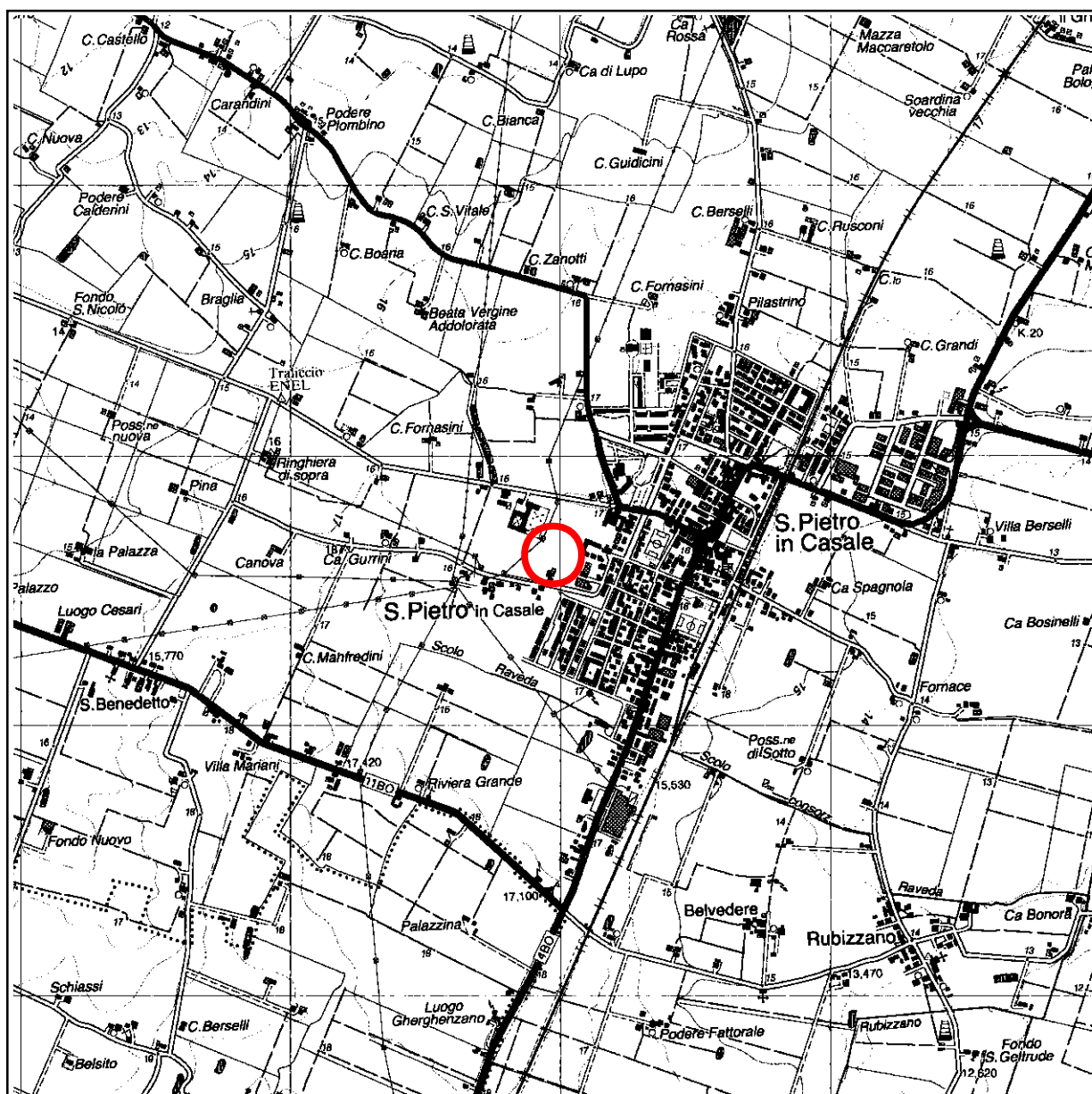
Bologna, 15-02-2013

Dott. Luca Tondi



TAVOLE

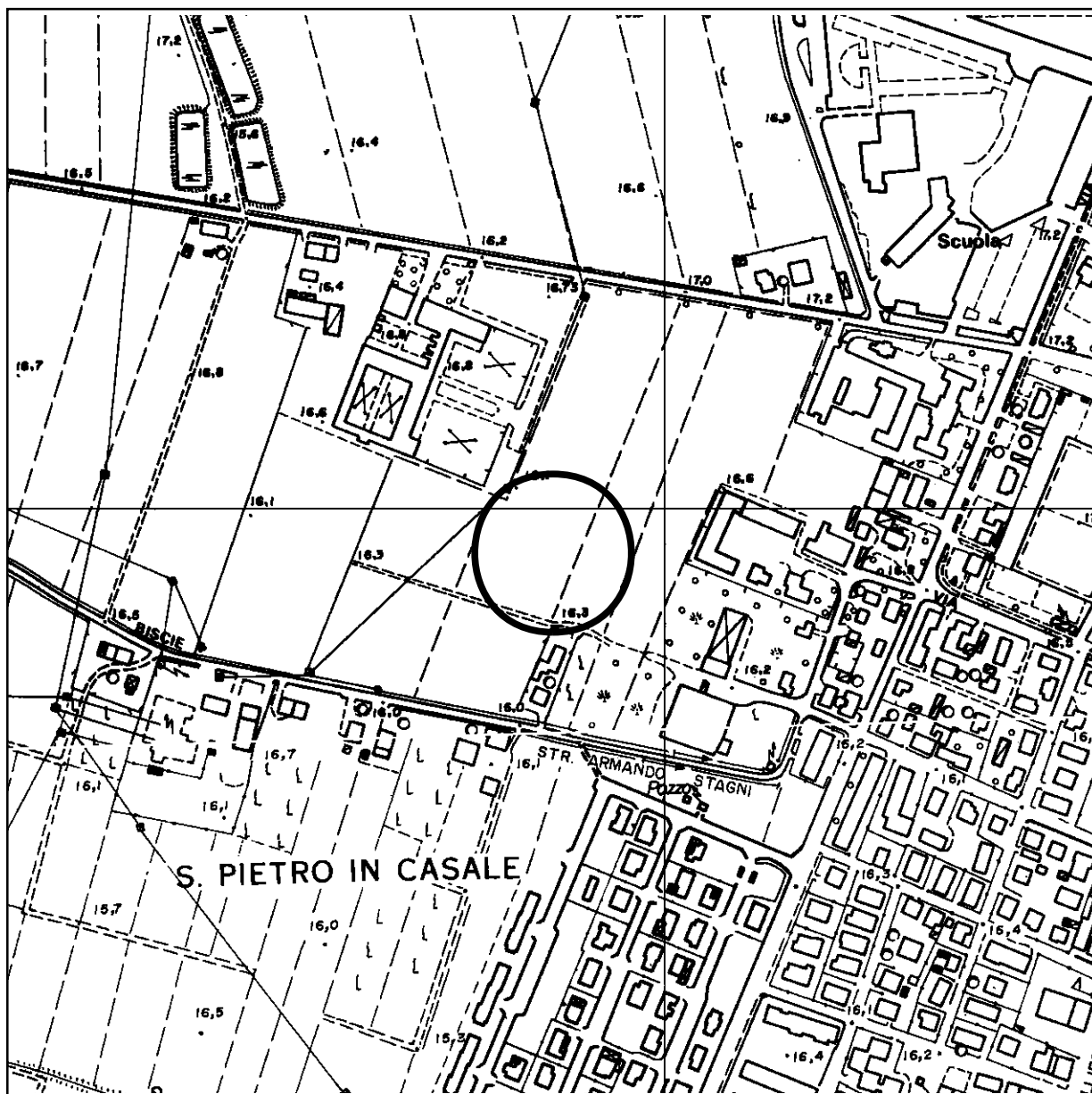
- **Tav. 1 Corografia 1:25.000**
- **Tav. 2 Corografia 1:5.000**
- **Tav. 3 Carta geologica 1:5.000**
- **Tav. 4 Ubicazione indagini planimetria 1:2000**
- **Tav. 5 Quadro liquefazione 1:2000**



Legenda



Area in oggetto



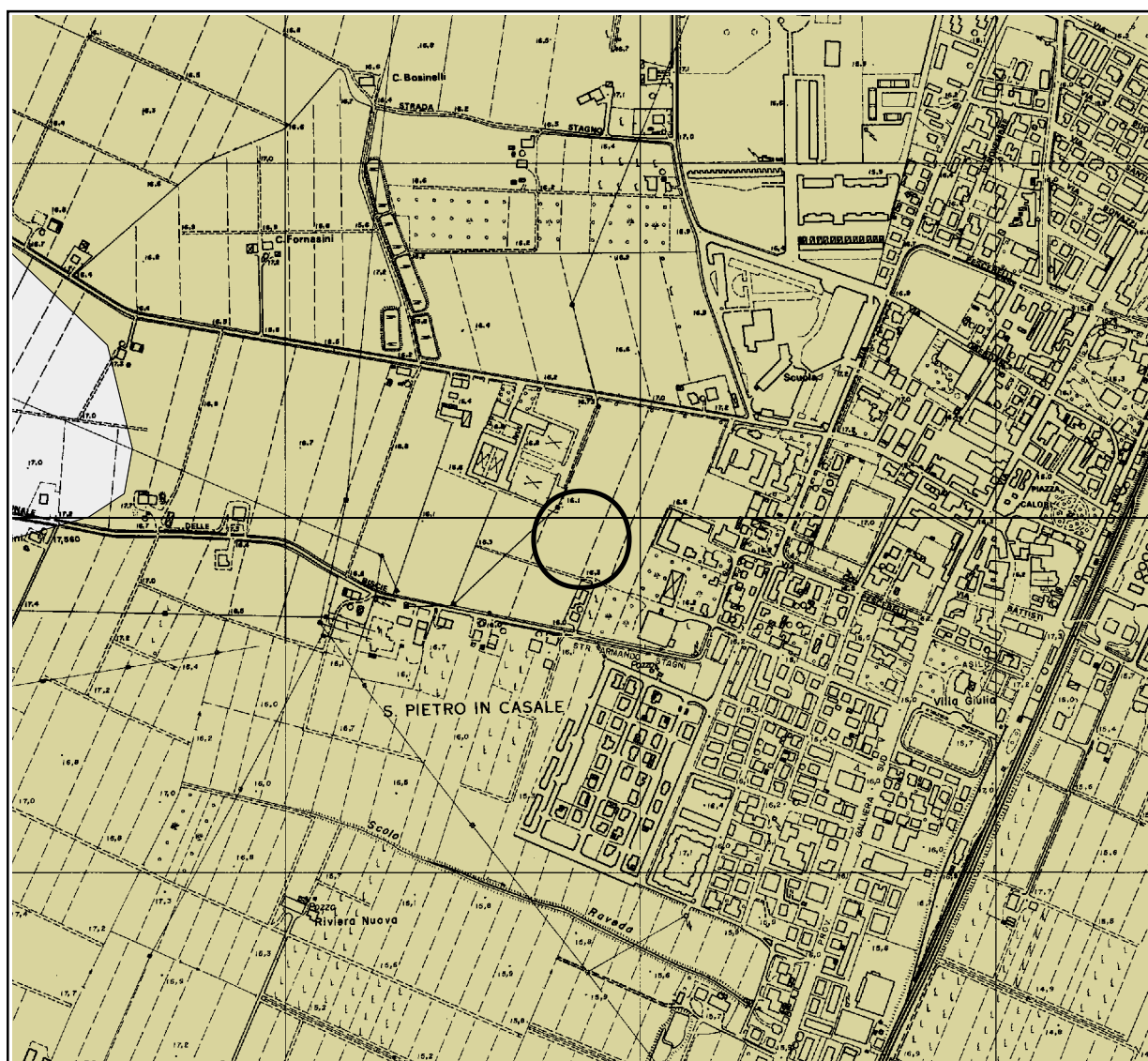
Legenda



Area in oggetto

Ingrandimento della Carta Geologica di Pianura 1:250.000*
sul C.T.R. n° 203052 e 203091

Scala 1:10.000



LEGENDA



Area in oggetto

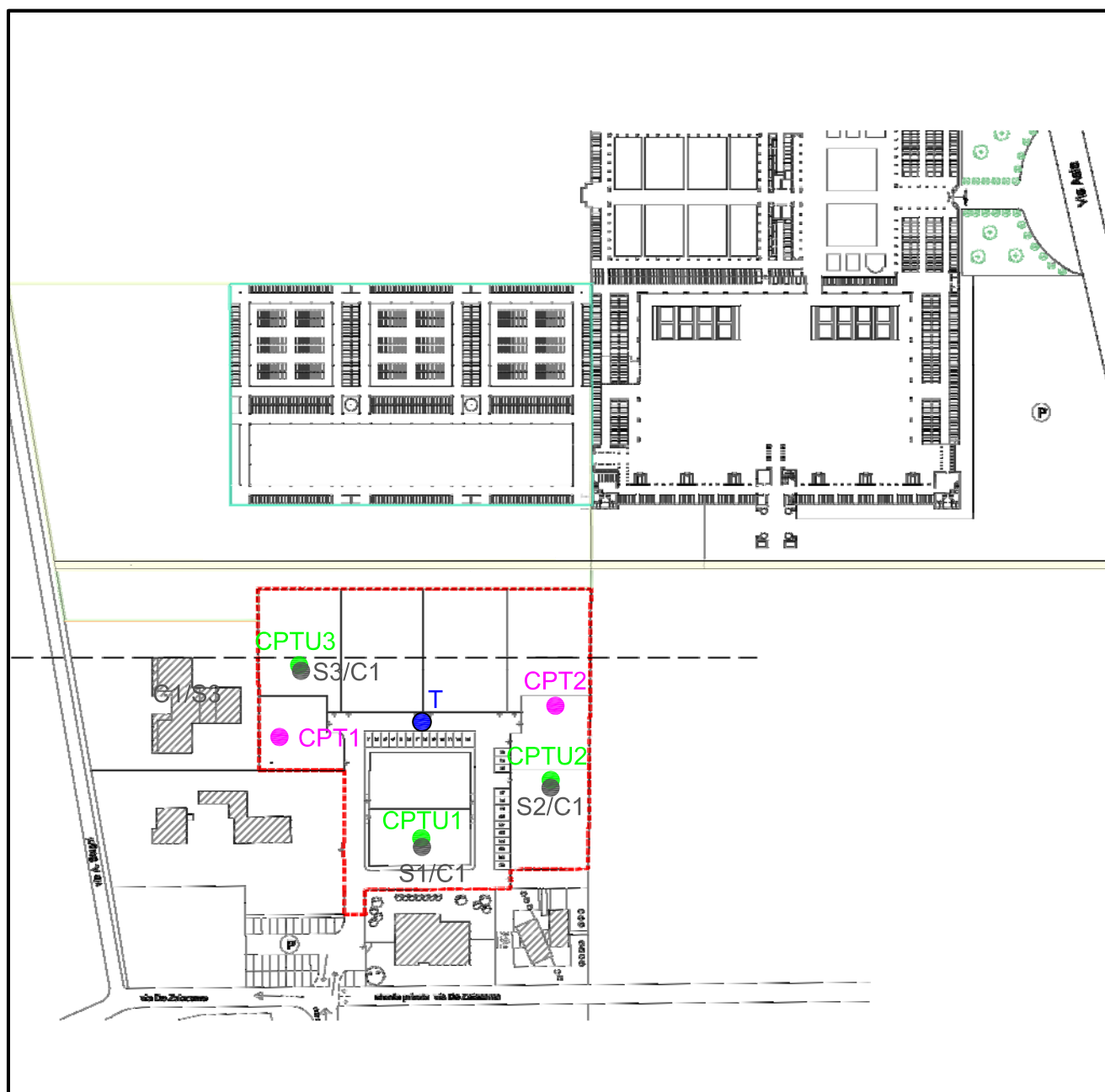
5

Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale ed argine prossimale

6

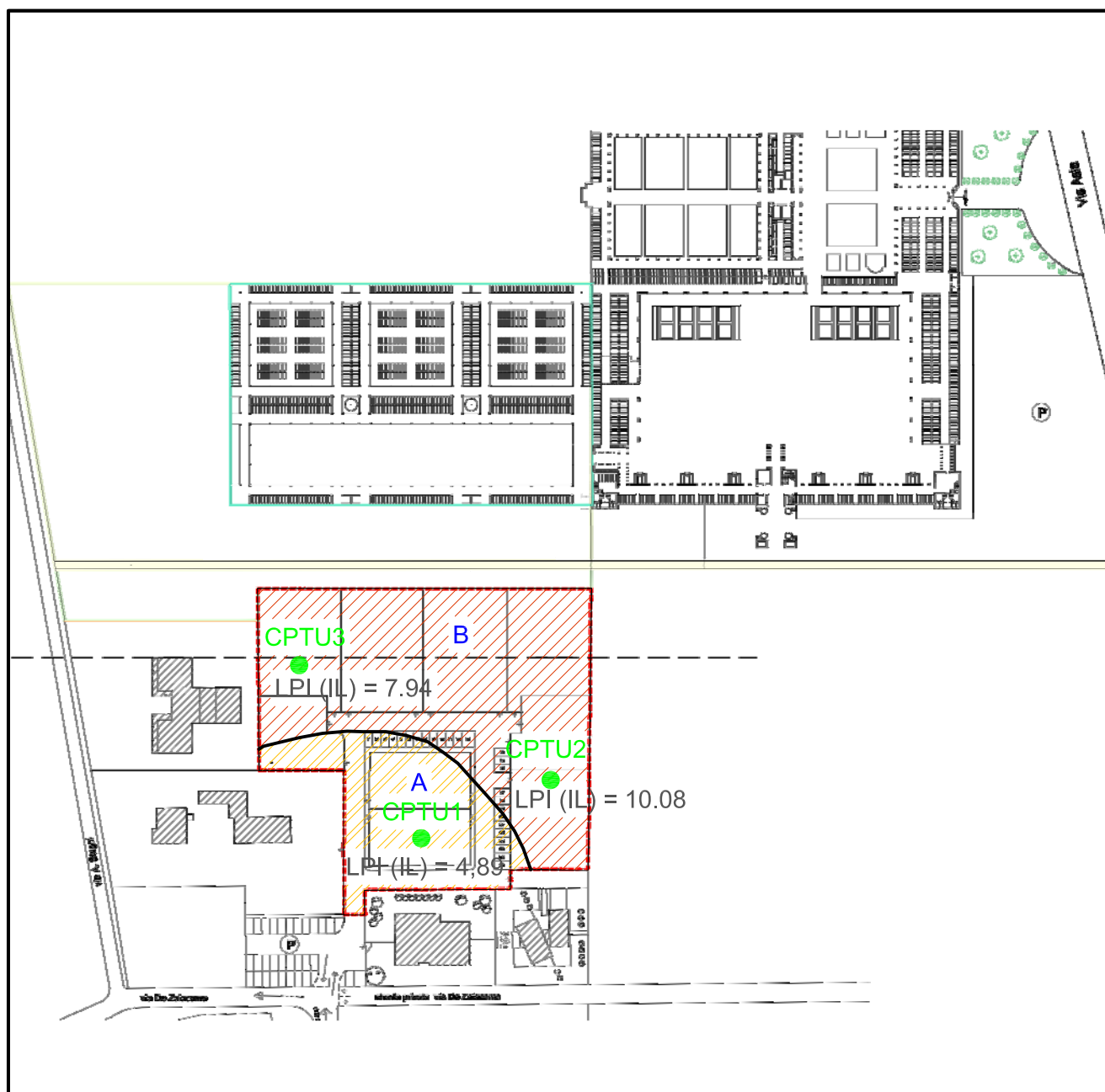
Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate. Depositi di argine distale

* R.E.R.- Servizio Sistemi Informativi Geografici -
Servizio Geologico Sismico e dei Suoli



Legenda

- **CPTU** Prove penetrometriche con piezocono
- **CPT** Prove penetrometriche statiche
- **T** Indagine tromografica
- **S1/C1** Campioni per analisi granulometriche
- Area in oggetto



Legenda



CPTU

Prove penetrometriche con piezocono



A

Zona con potenziale di liquefazione BASSO ($LPI (IL) < 5$)

B

Zona con potenziale di liquefazione ALTO ($5 < LPI (IL) < 15$)

Area in oggetto

PROVE PENETROMETRICHE CPTU

**SOGEO®**
S.R.L.

INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

<input checked="" type="checkbox"/> CERTIFICATO N°:	C13-002-1	PROVA N°:	CPTU-1
<input type="checkbox"/> RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
DATA DI EMISSIONE:	09/01/2013	Latitudine:	N 44,699796°
		Longitudine:	E 11,396194°

Riferimento Preventivo n°:	209-12	Commessa n°:	13-001
Verbale di accettazione n°:	VA13-002	del:	09/01/2013

Richiedente:	Dott. Luca Tondi
Committente:	STUDIO TONDI - Via P.G. Martini 38/F - 40134 BOLOGNA
Cantiere:	Via de Zaiacomo
Località:	San Pietro in Casale (BO)

Il presente certificato di prova si compone di n° pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclino metro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTe
<input type="checkbox"/>	Installazione assestimetro	<input checked="" type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata:	Pagani TG73-200	Matricola n.:	P000505 - Punta MH160
--------------------------	-----------------	---------------	-----------------------

Allegati:	
-----------	--

	Lo Sperimentatore: 	Il Direttore del Laboratorio:
--	------------------------	-----------------------------------

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

Sito: Via de Zaiacomo - San Pietro in Casale (BO)

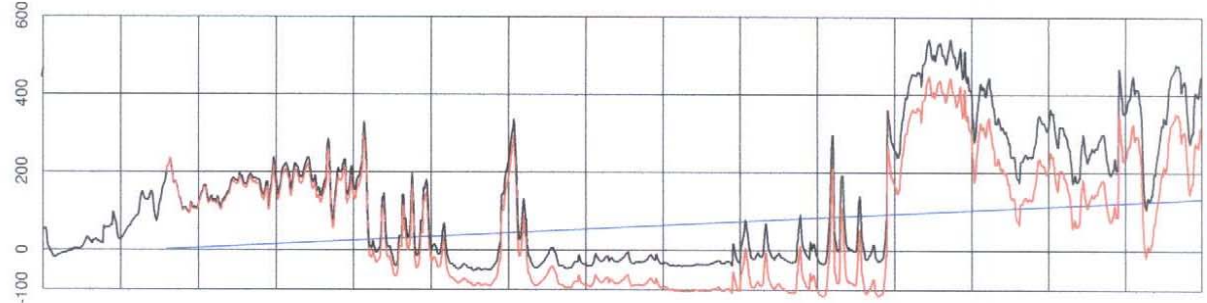
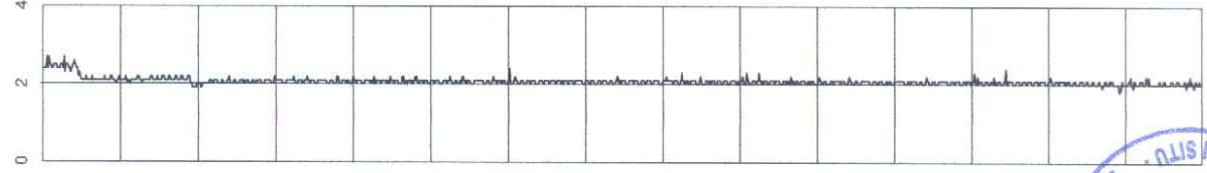
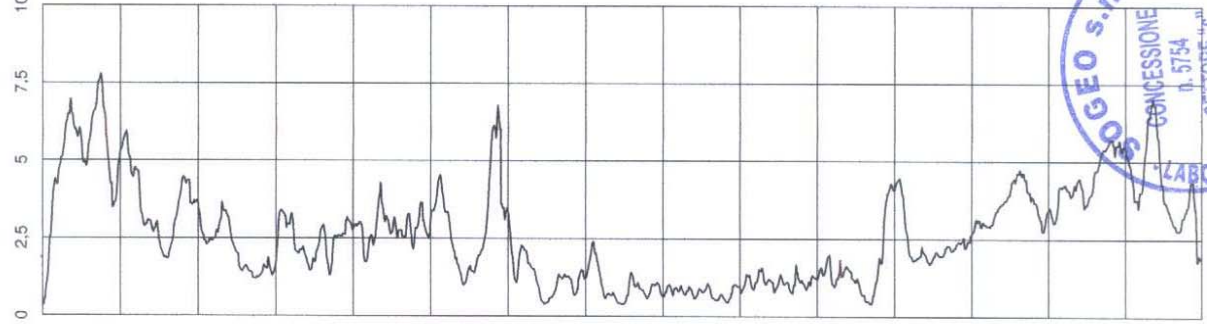
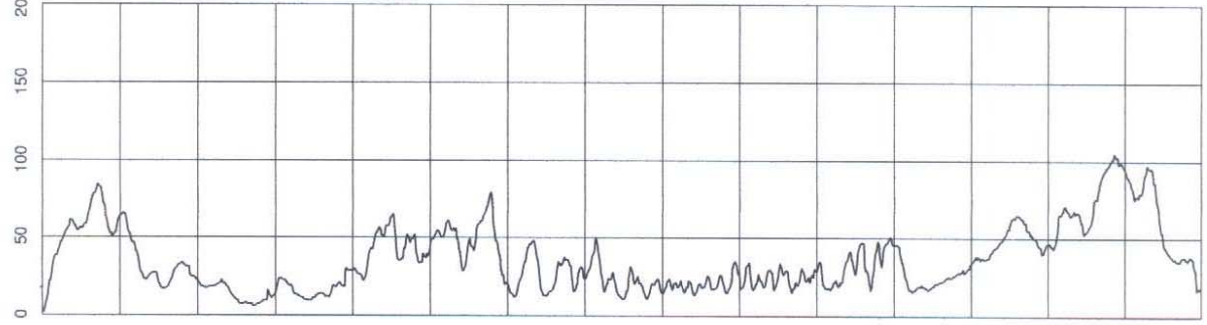
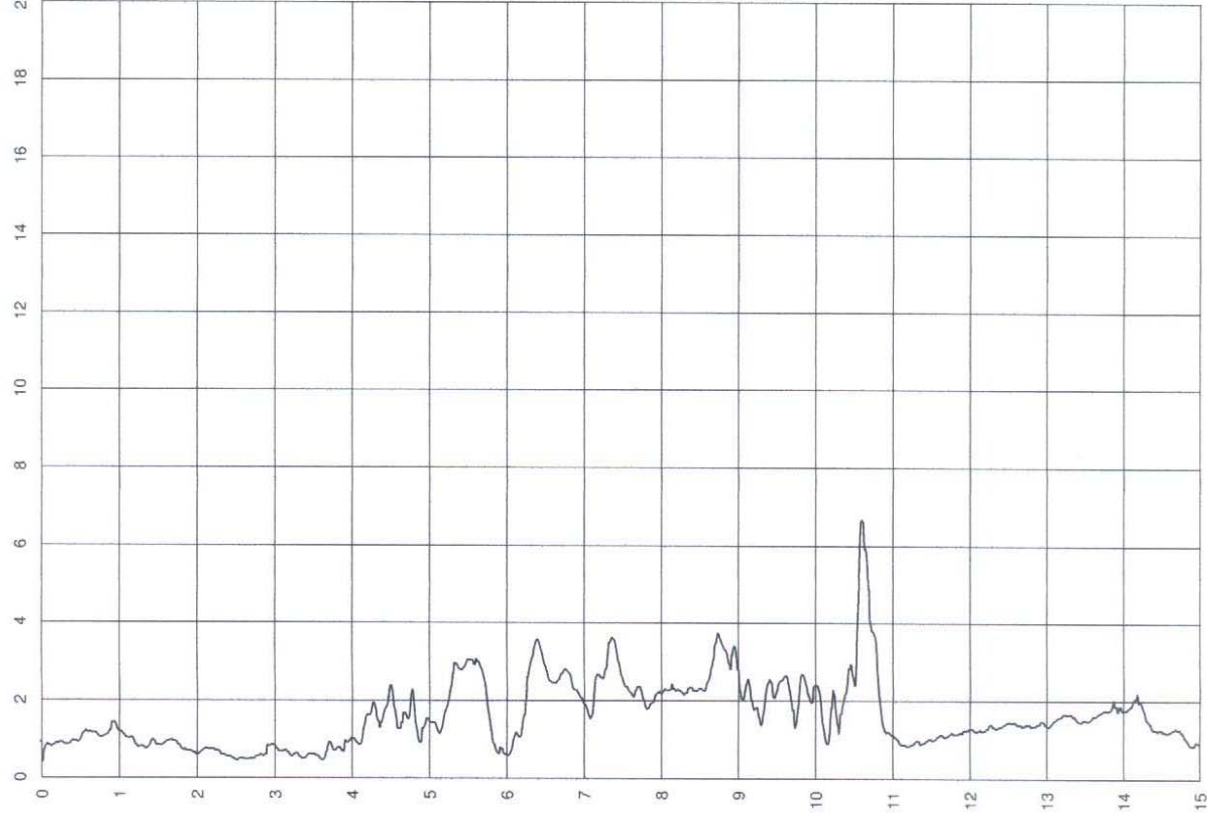
Data prova: 08/01/2013

Prova n: Cptu 1

Committente: Dott. Luca Tondi

Data Emissione: 09/01/2013

Falda (cm): 160



Riferimento n: 209-12

Certificato n: C13-002-1 - Cod. punta: MH160

Sito: Via de Zaiacomo - San Pietro in Casale (BO)

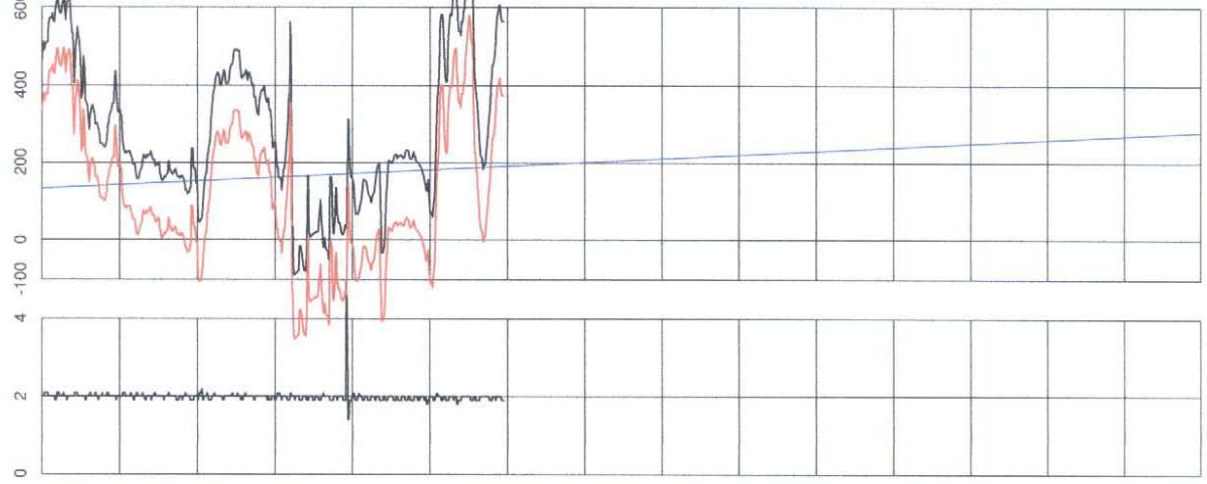
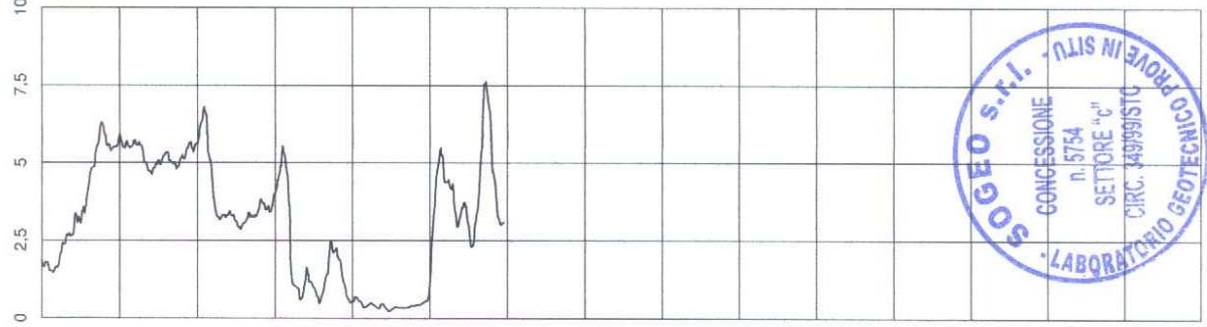
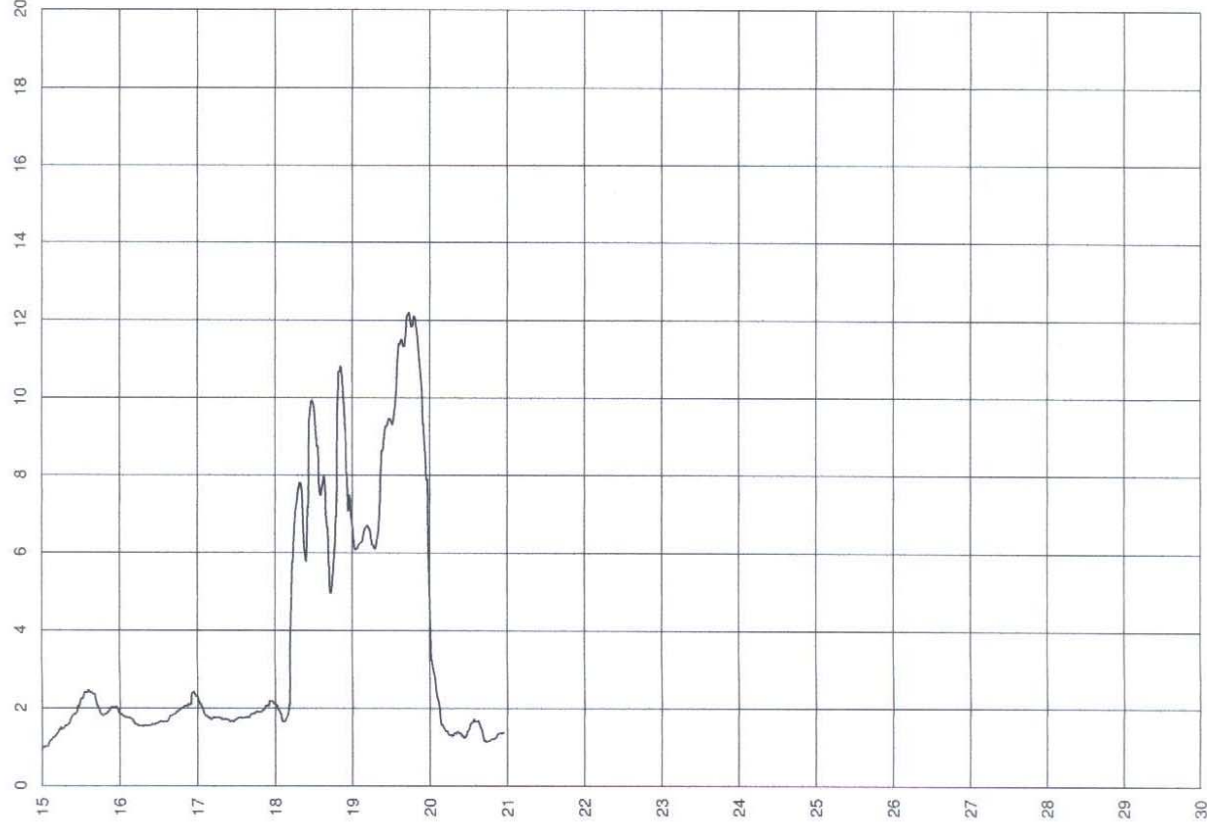
Data prova: 08/01/2013

Prova n: Cptu 1

Committente: Dott. Luca Tondi

Data Emissione: 09/01/2013

Falda (cm): 160



Qc [MPa]

Fs [kPa]

Rf [%]

Speed [cm/sec]

U2, U0, U2-U0 [kPa]

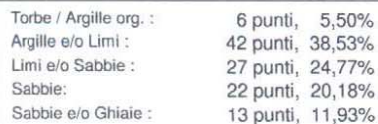
Certificato n: C13-002-1 - Cod. punta:MH160

Riferimento n: 209-12


SW TGSW02 for Pagani Geotechnical Equipment acquisition systems

C13-002-1

Data esec.:	08/01/2013
Data certificato:	09/01/2013
Falda:	-1.60 m



Il direttore laboratorio:


 Carlo Zucchi
 SOGEO
 Industrie Géographique
 1947/1948

IDott. Federico Porcarini FON000



SOGEO®
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

<input checked="" type="checkbox"/> CERTIFICATO N°:	C13-002-2	PROVA N°:	CPTU-2
<input type="checkbox"/> RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
DATA DI EMISSIONE:	09/01/2013	Latitudine:	N 44,699848°
		Longitudine:	E 11,396983°

Riferimento Preventivo n°:	209-12	Commessa n°:	13-001
Verbale di accettazione n°:	VA13-002	del:	09/01/2013

Richiedente:	Dott. Luca Tondi
Committente:	STUDIO TONDI - Via P.G. Martini 38/F - 40134 BOLOGNA
Cantiere:	Via de Zaiacomo
Località:	San Pietro in Casale (BO)

Il presente certificato di prova si compone di n° **3** pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTU
<input type="checkbox"/>	Installazione assestometro	<input checked="" type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata: Pagani TG73-200

Matricola n.: P000505 - Punta MH160

Allegati:

	Lo Sperimentatore: 	Il Direttore del Laboratorio: Dott. Federico Porcari
--	------------------------	---

Normativa di Riferimento: A.G.I. 1977

Sito: Via de Zaiacomo - San Pietro in Casale (BO)

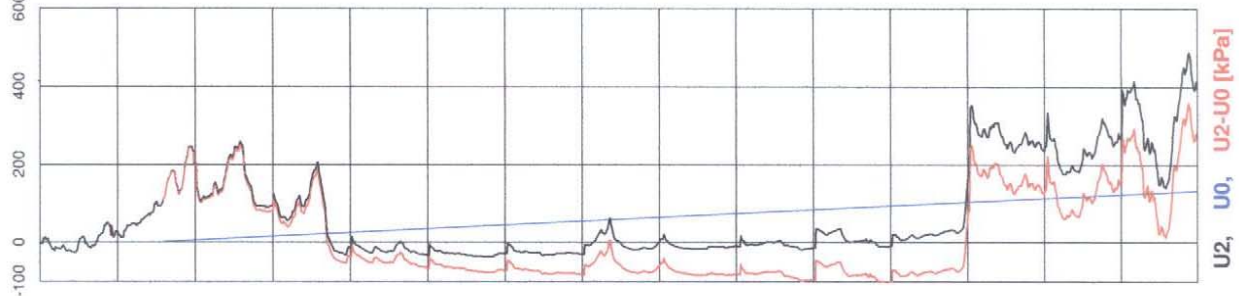
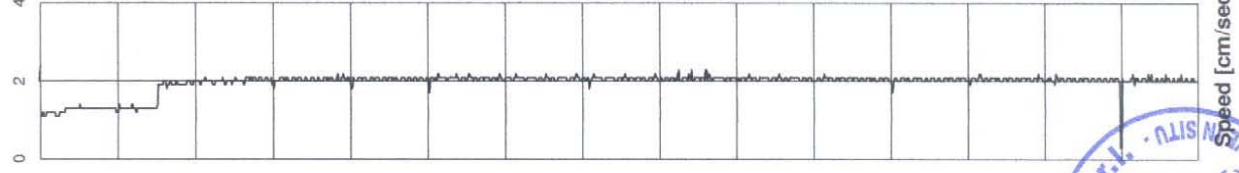
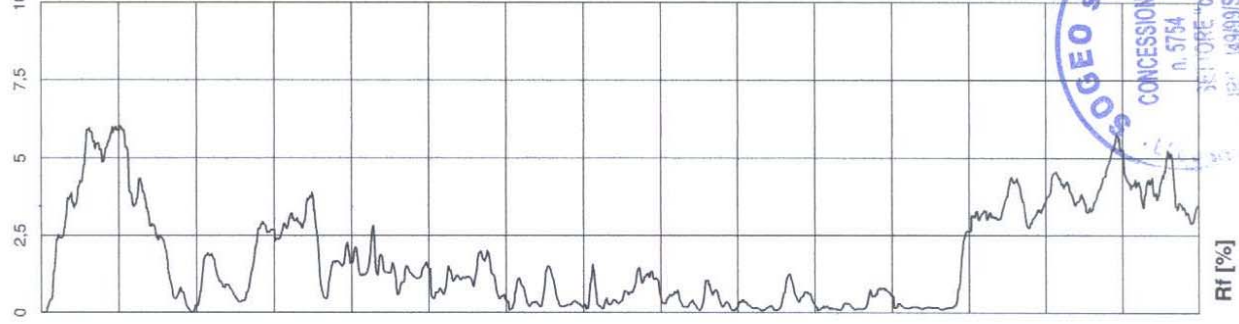
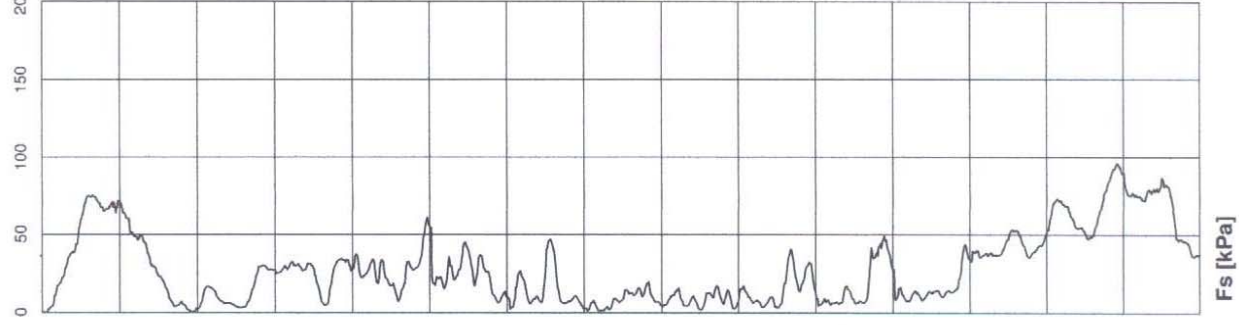
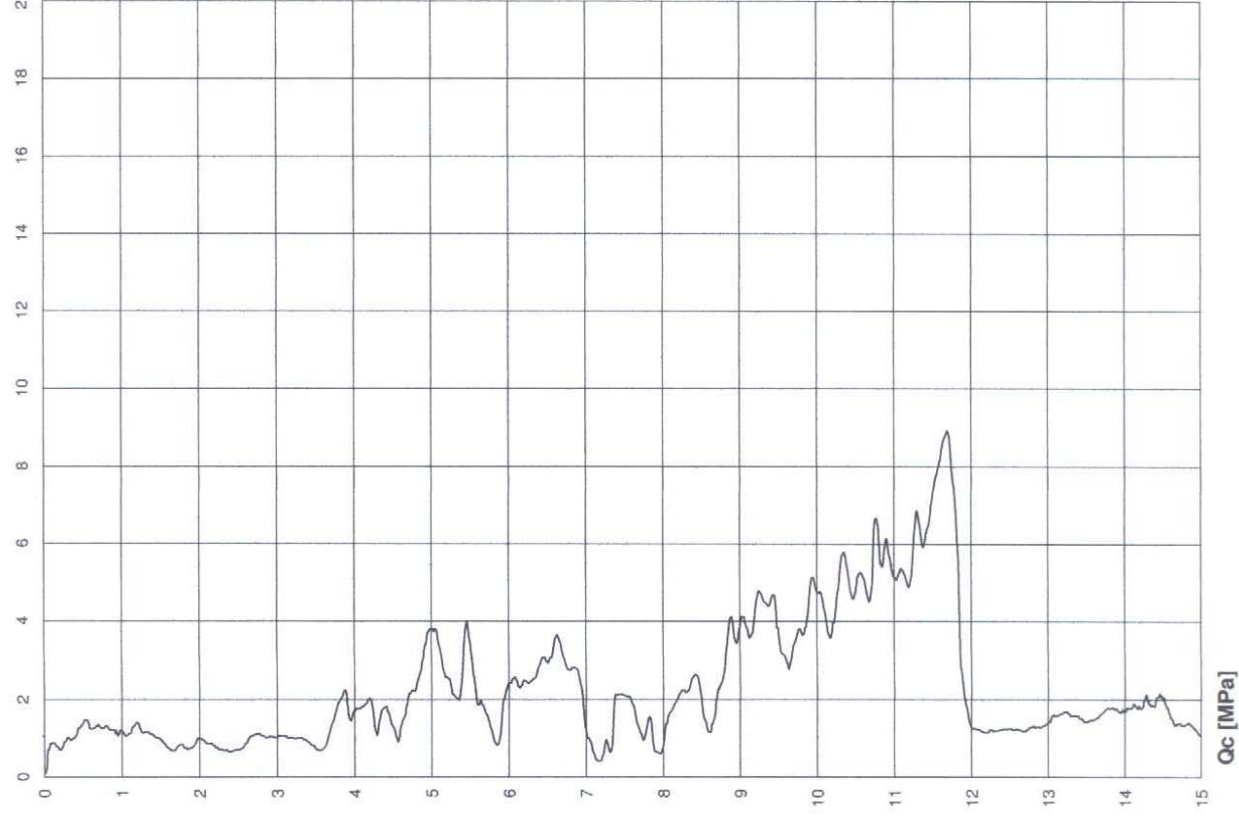
Data prova: 08/01/2013

Prova n: Cptu 2

Committente: Dott. Luca Tondi

Data Emissione: 09/01/2013

Falda (cm): 160



Sito: Via de Zaiacomo - San Pietro in Casale (BO)

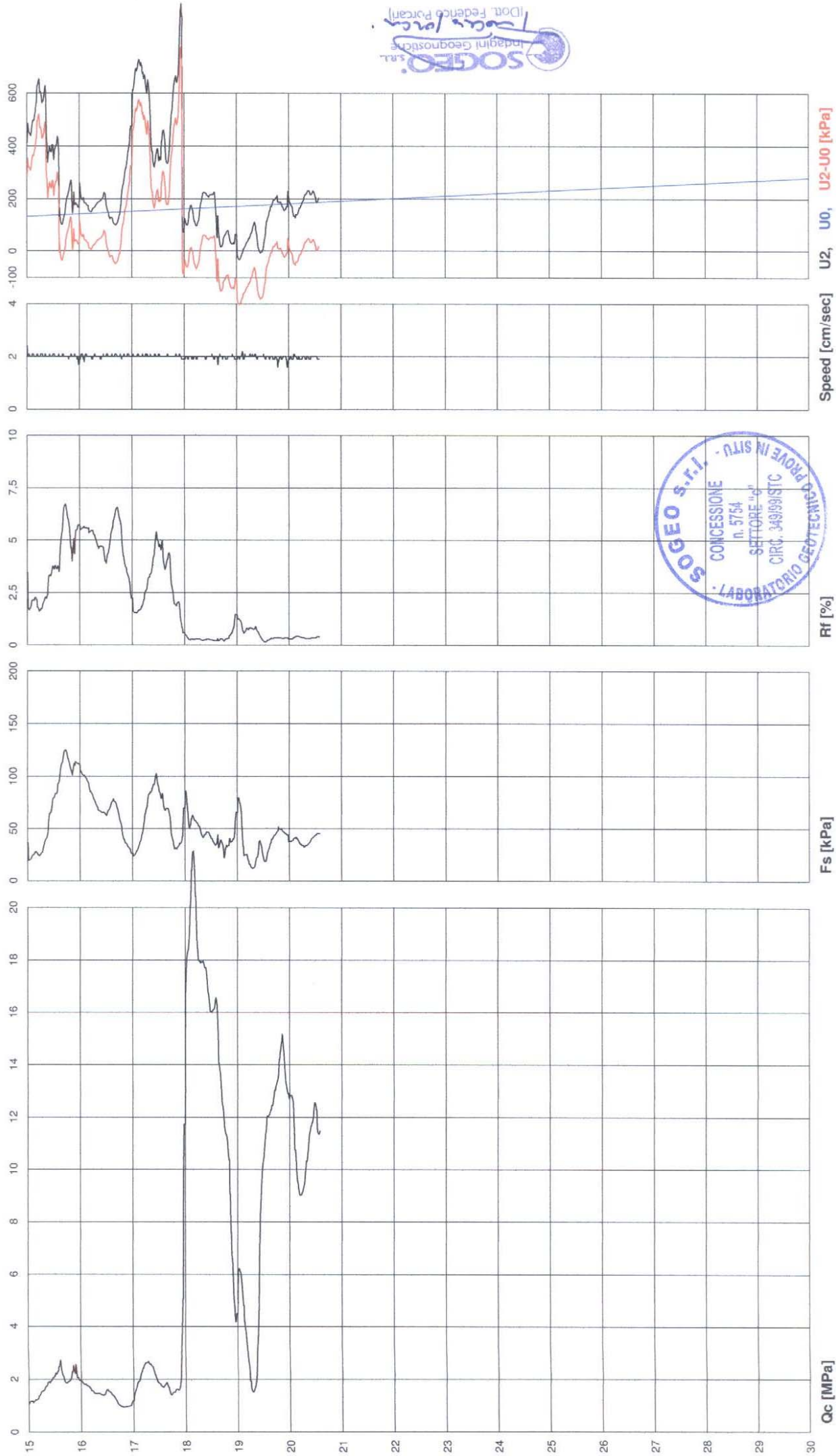
Data prova: 08/01/2013

Prova n: Cptu 2

Committente: Dott. Luca Tondi

Data Emissione: 09/01/2013

Falda (cm): 160



Certificato n: C13-002-2 - Cod. punta:MH160

Riferimento n: 209-12

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA**CPTU****2**

riferimento

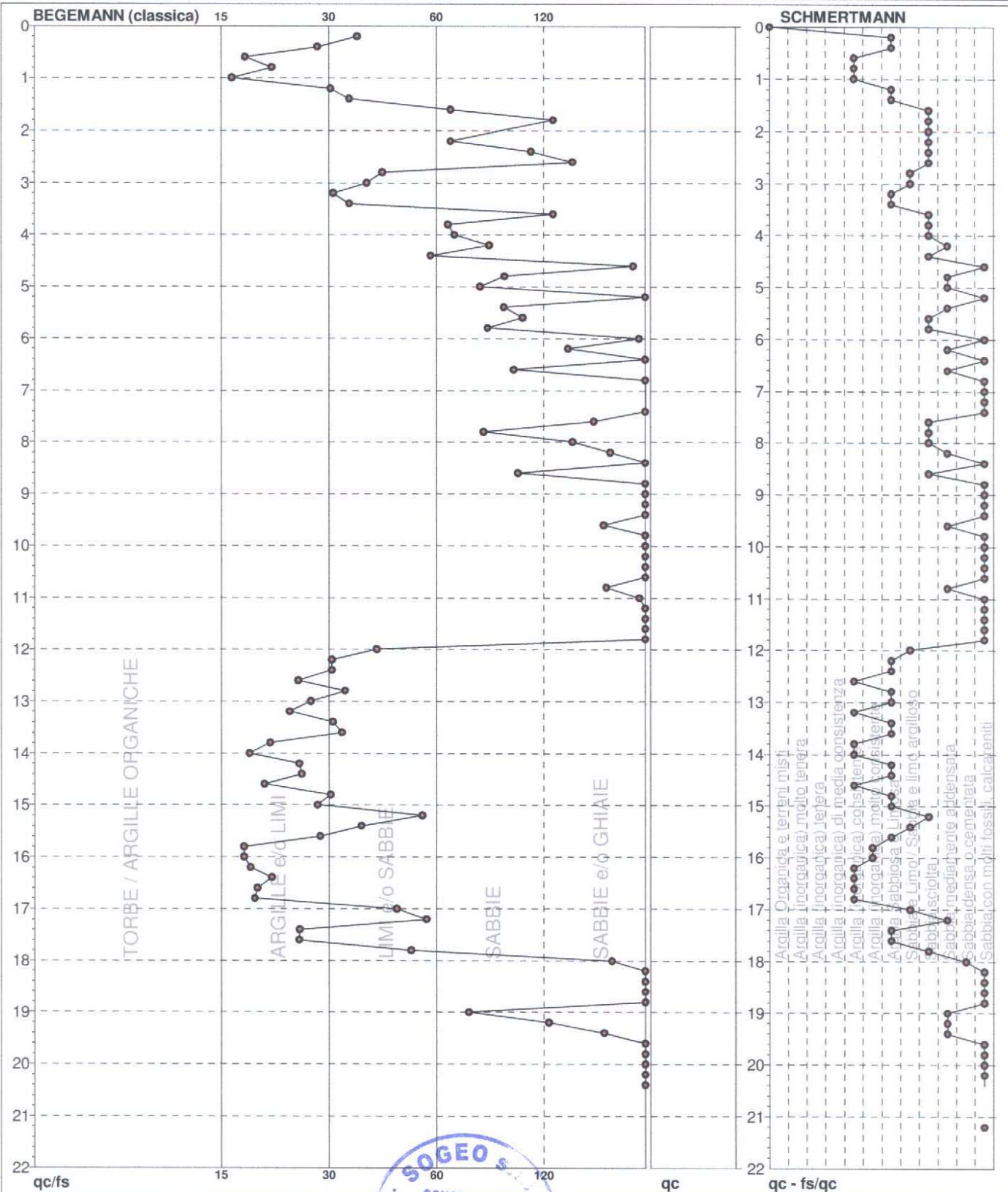
209-12

certificato n°

C13-002-2

Committente: **Dott. Luca Tondi**
Cantiere: **Via de Zaiacomo**
Località: **San Pietro in Casale (BO)**U.M.: **daN/cm²**Data eseg.: **08/01/2013**Scala: **1:110**Data certificato: **09/01/2013**Pagina: **1**

Elaborato:

Falda: **-1,60 m**

Torbe / Argille org. : 11 punti, 10,09%
Argille e/o Limi : 26 punti, 23,85%
Limi e/o Sabbie : 16 punti, 14,68%
Sabbie : 18 punti, 16,51%
Sabbie e/o Ghiaie : 39 punti, 35,78%



Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio:



FON000



SOGEO®
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

<input checked="" type="checkbox"/> CERTIFICATO N°:	C13-002-3	PROVA N°:	CPTU-3
<input type="checkbox"/> RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
DATA DI EMISSIONE:	09/01/2013	Latitudine: N	44,700134°
		Longitudine: E	11,397131°

Riferimento Preventivo n°:	209-12	Commessa n°:	13-001
Verbale di accettazione n°:	VA13-002	del:	09/01/2013

Richiedente:	Dott. Luca Tondi
Committente:	STUDIO TONDI - Via P.G. Martini 38/F - 40134 BOLOGNA
Cantiere:	Via de Zaiacomo
Località:	San Pietro in Casale (BO)

Il presente certificato di prova si compone di n° pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTE
<input type="checkbox"/>	Installazione assestimetro	<input checked="" type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata: Matricola n.:

Allegati:

	Lo Sperimentatore: 	Il Direttore del Laboratorio: SOGEO S.R.L. Indagini Geognostiche
--	------------------------	---

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

Sito: Via de Zaiacomo - San Pietro in Casale (BO)

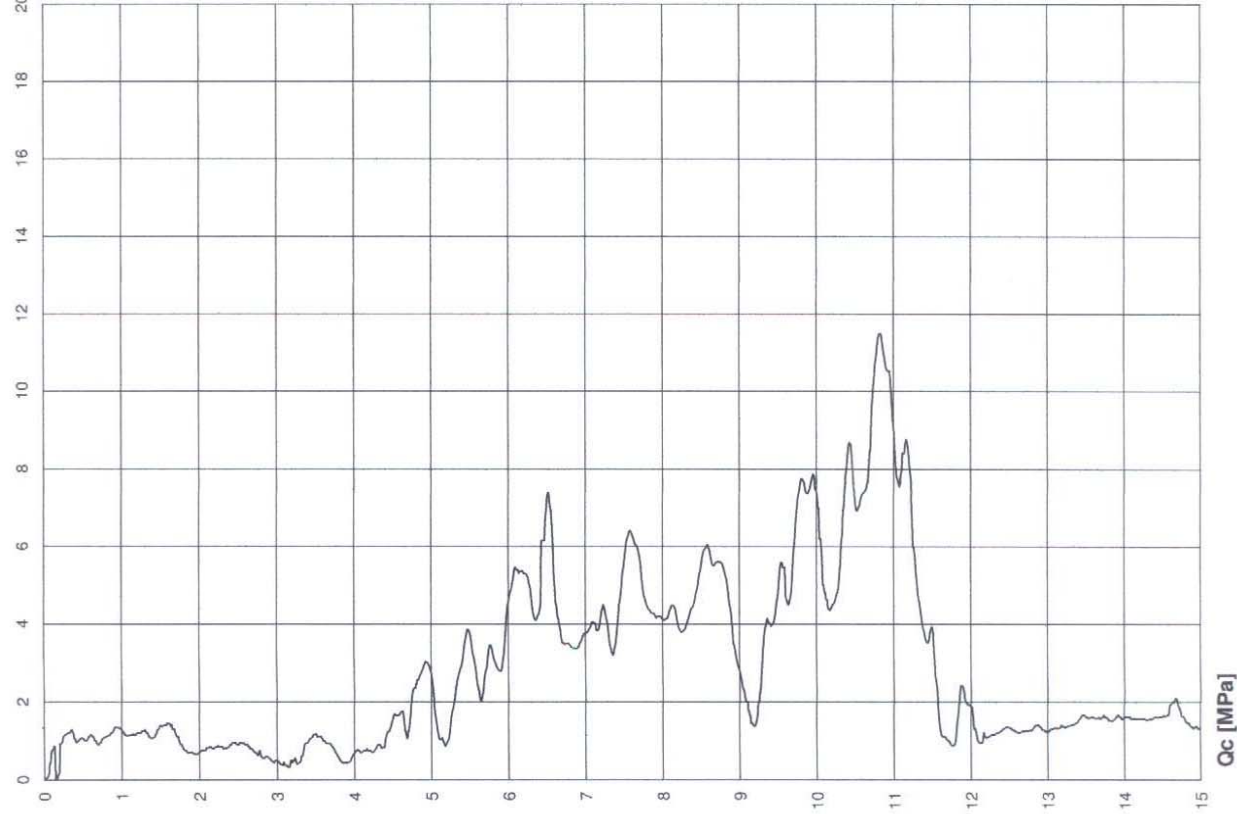
Data prova: 08/01/2013

Prova n: Cptu 3

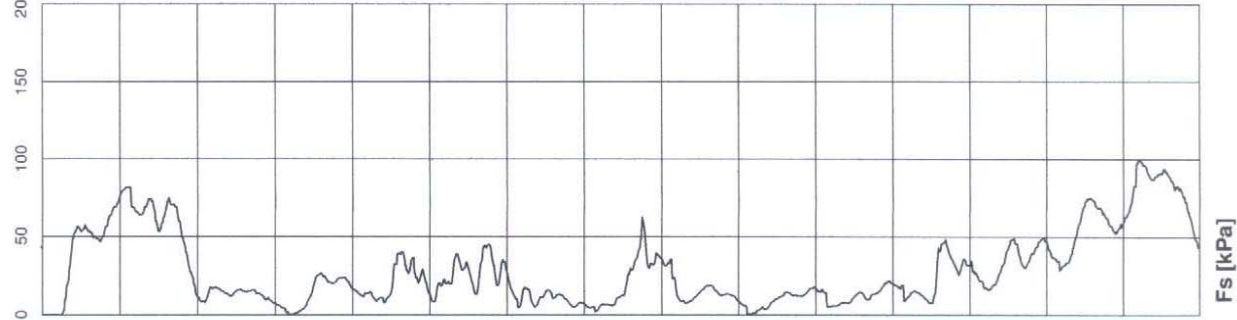
Committente: Dott. Luca Tondi

Data Emissione: 09/01/2013

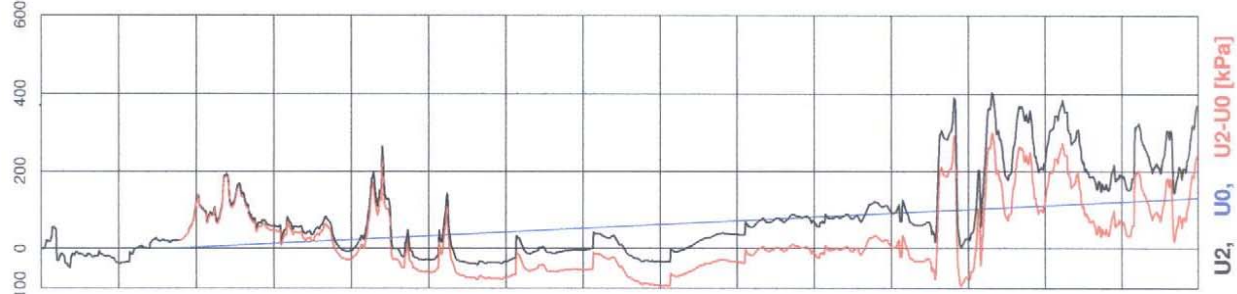
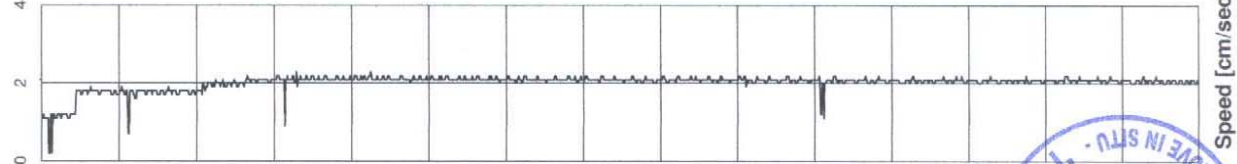
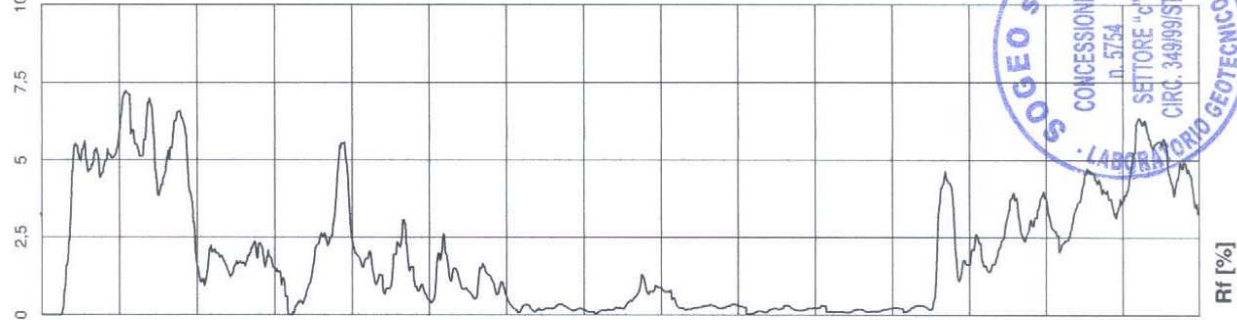
Falda (cm): 180



Certificato n: C13-002-3 - Cod. punta:MH160



Riferimento n: 209-12



Sito: Via de Zaiacomo - San Pietro in Casale (BO)

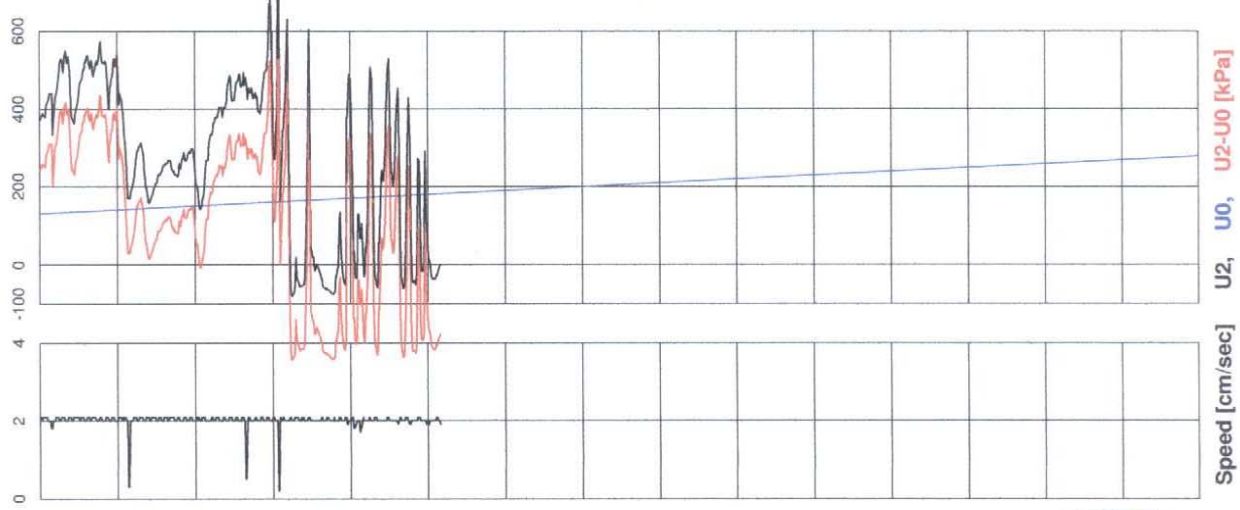
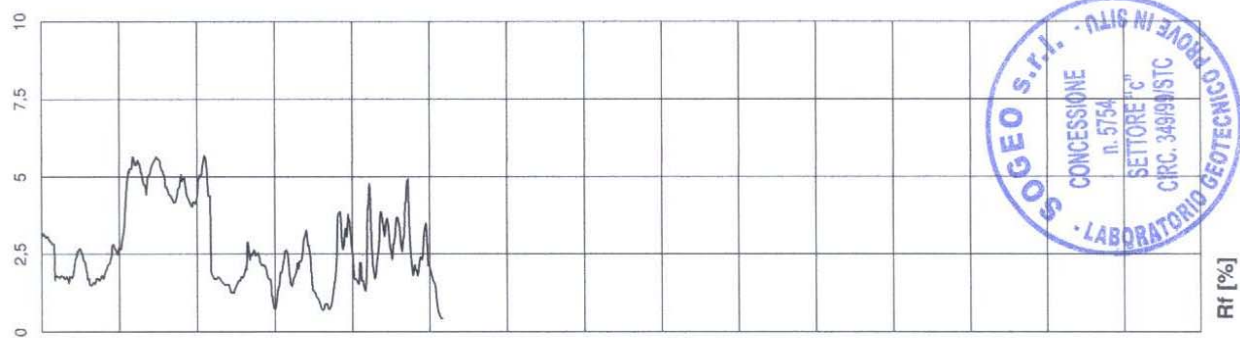
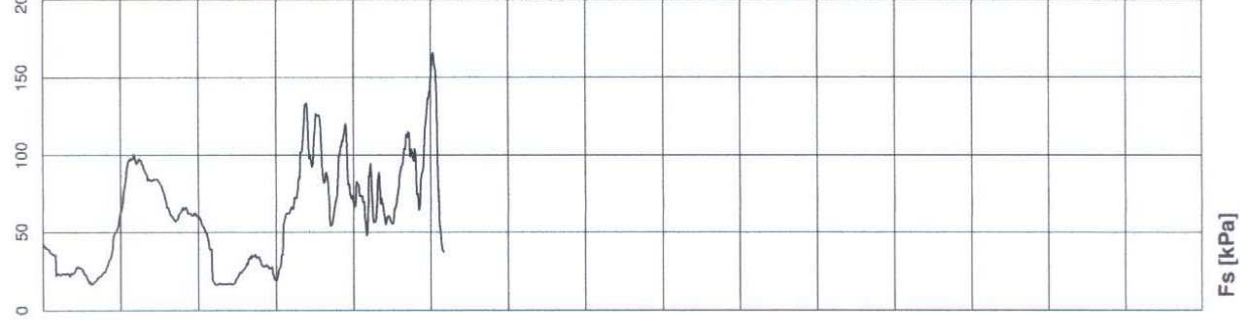
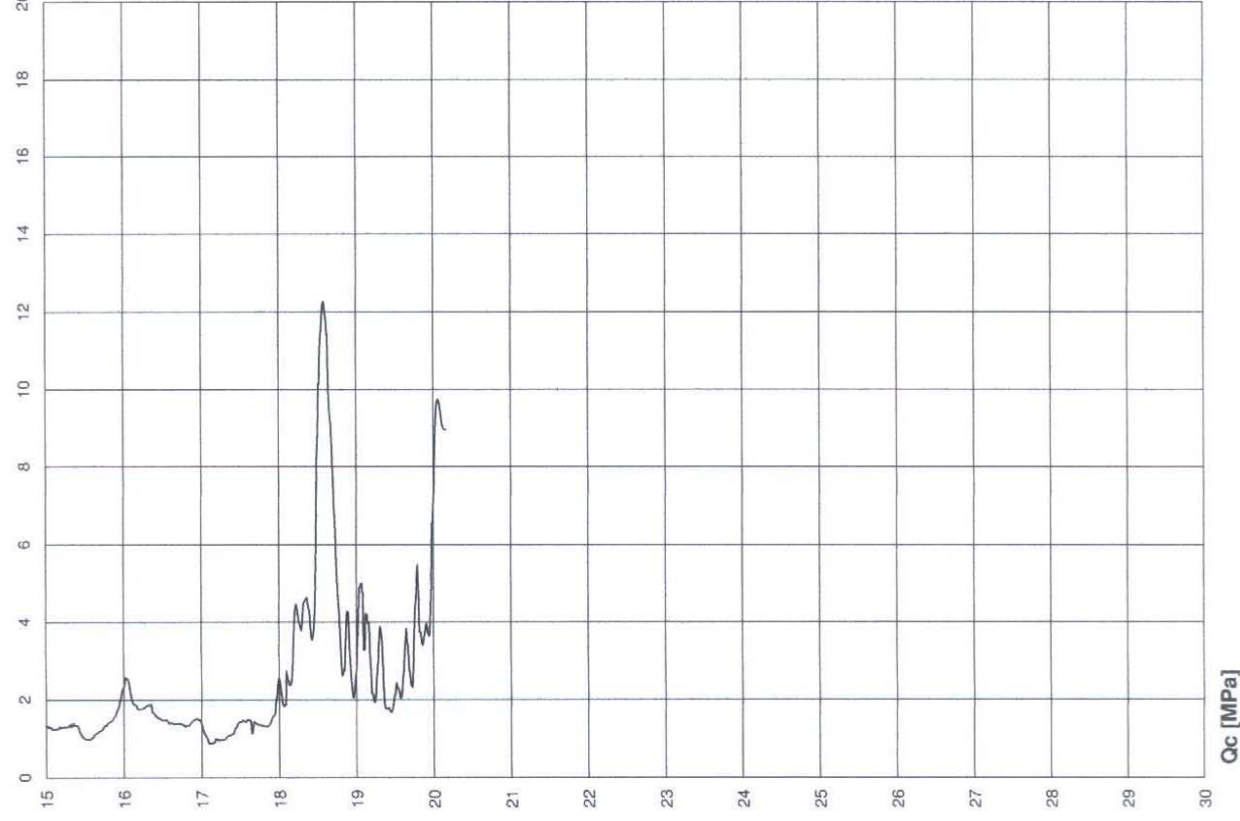
Data prova: 08/01/2013

Prova n: Cptu 3

Committente: Dott. Luca Tondi

Data Emissione: 09/01/2013

Falda (cm): 180



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPTU

3

riferimento

209-12

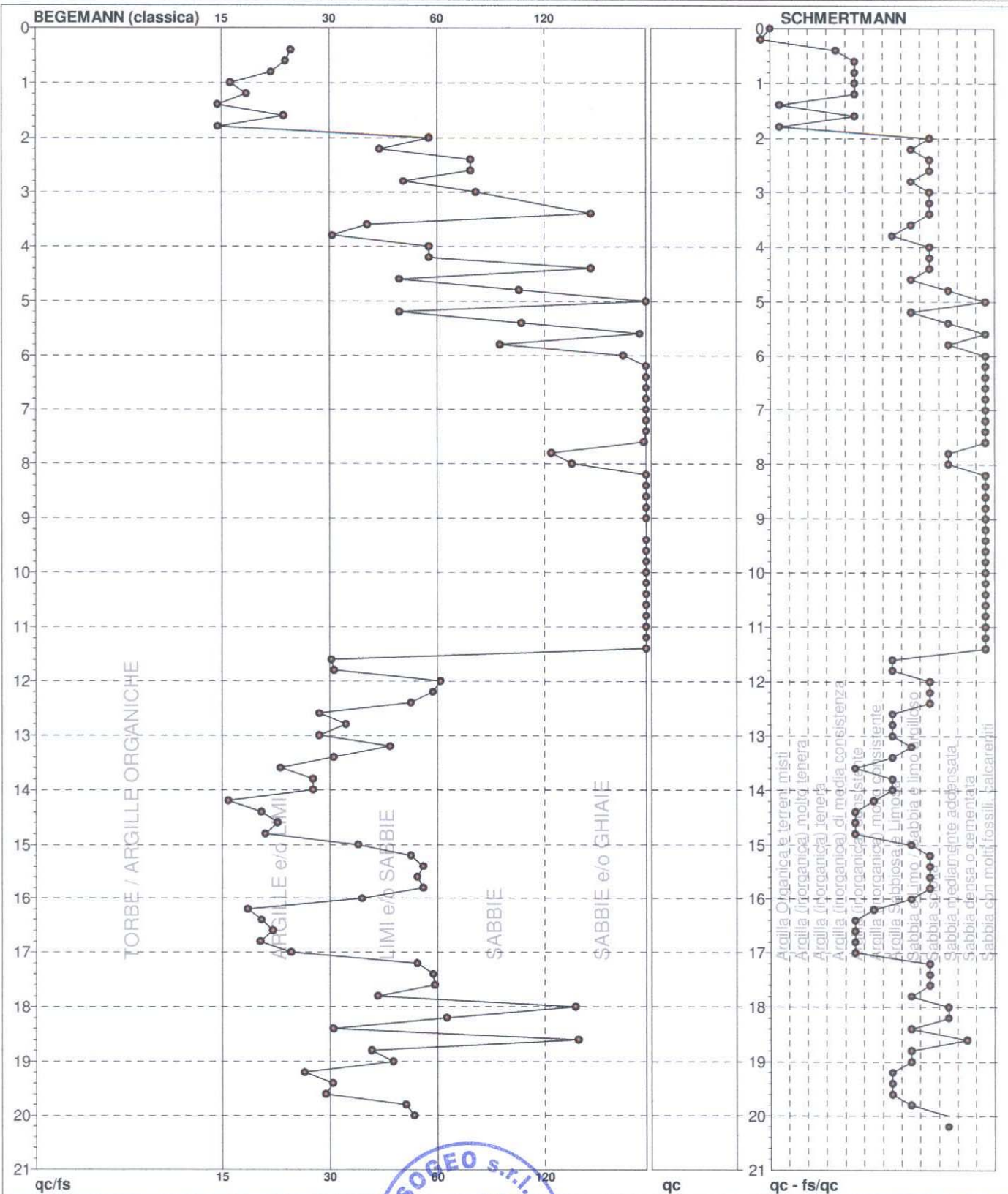
certificato n°

C13-002-3

Committente: **Dott. Luca Tondi**
Cantiere: **Via de Zaiacomo -**
Località: **San Pietro in Casale (BO)**

U.M.: **daN/cm²**
Scala: 1:105
Pagina: 1
Elaborato:

Data esec.:	08/01/2013
Data certificato:	09/01/2013
Falda:	-1,80 m



Torbe / Argille org. :	8 punti,	7,69%
Argille e/o Limi :	27 punti,	25,96%
Limi e/o Sabbie :	31 punti,	29,81%
Sabbie:	7 punti,	6,73%
Sabbie e/o Ghiaie :	32 punti,	30,77%

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio:

Geolo. Ingeg.
SOGEO S.R.L.
Indagini Geognostiche
Ind. Federico P...
Ind. Federico P...

FON000

PROVE PENETROMETRICHE

CONE PENETRATION TEST (C.T.P.)

PENETROMETRO STATICO SP120-C (DEEP-DRILL)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Letture	Punta-Laterale
Baricentro punta lungo l'altezza	30 cm
Area punta	10 cm ²
Area interna punta cono	8.5 cm ²
Angolo di apertura punta	60°
Diametro punta conica meccanica	35.7 mm
Altezza manicotto laterale	13.3 cm
Sistema di misura:	Meccanico
Passo:	20 cm
Peso manicotto ancoraggio	2 Kg
Superficie manicotto	150 cm ²
Anello allargatore:	Sì
Costante di trasformazione	20

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT**1**

riferimento

036-2012

certificato n°

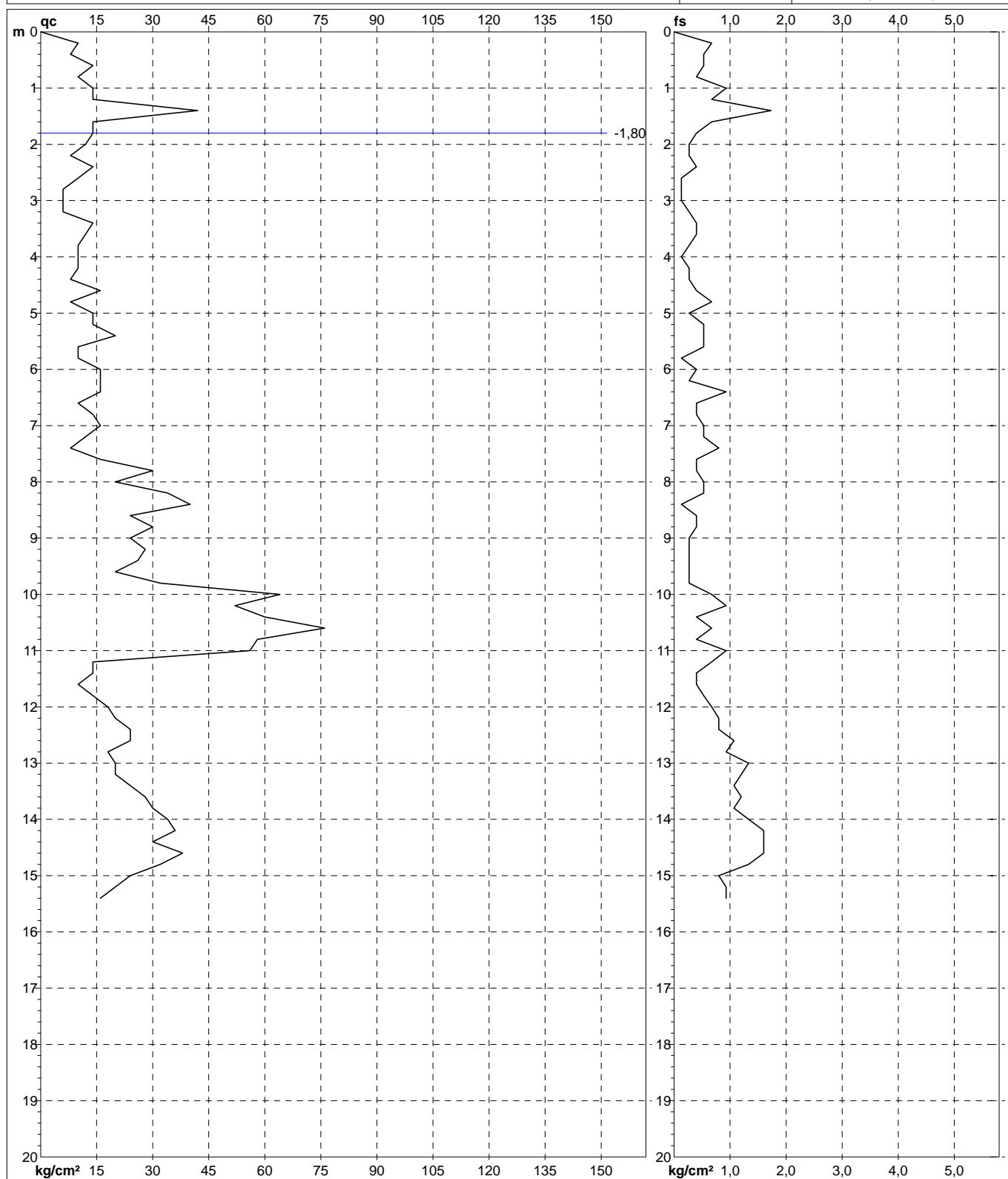
0312121

Committente: **Arch. Persi**Cantiere: **Via De Zaiacomo**Località: **San Pietro in Casale**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **03/12/2012**Data certificato: **03/12/2012**

Quota inizio:

Falda: **-1,80 m** da p.c.Penetrometro: **SP200**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kg/ml**Cod.ISTAT: **037055**

Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**1**

riferimento

036-2012

certificato n°

0312121

Committente: **Arch. Persi**Cantiere: **Via De Zaiacomo**Località: **San Pietro in Casale**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 03/12/2012

Pagina: 1

Data certificato: 03/12/2012

Elaborato:

Falda: -1,80 m da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	5	8		10,0	0,67	15	6,7	15,20	10	16		20,0	0,93	22	4,7
0,40	4	9		8,0	0,53	15	6,6	15,40	8	15		16,0	0,93	17	5,8
0,60	7	11		14,0	0,53	26	3,8								
0,80	5	9		10,0	0,40	25	4,0								
1,00	7	10		14,0	0,93	15	6,6								
1,20	7	14		14,0	0,67	21	4,8								
1,40	21	26		42,0	1,73	24	4,1								
1,60	7	20		14,0	0,67	21	4,8								
1,80	7	12		14,0	0,40	35	2,9								
2,00	6	9		12,0	0,27	44	2,3								
2,20	4	6		8,0	0,27	30	3,4								
2,40	7	9		14,0	0,40	35	2,9								
2,60	5	8		10,0	0,13	77	1,3								
2,80	3	4		6,0	0,13	46	2,2								
3,00	3	4		6,0	0,13	46	2,2								
3,20	3	4		6,0	0,27	22	4,5								
3,40	7	9		14,0	0,40	35	2,9								
3,60	6	9		12,0	0,40	30	3,3								
3,80	5	8		10,0	0,27	37	2,7								
4,00	5	7		10,0	0,13	77	1,3								
4,20	5	6		10,0	0,27	37	2,7								
4,40	4	6		8,0	0,27	30	3,4								
4,60	8	10		16,0	0,40	40	2,5								
4,80	4	7		8,0	0,67	12	8,4								
5,00	7	12		14,0	0,27	52	1,9								
5,20	7	9		14,0	0,53	26	3,8								
5,40	10	14		20,0	0,53	38	2,7								
5,60	5	9		10,0	0,53	19	5,3								
5,80	5	9		10,0	0,13	77	1,3								
6,00	8	9		16,0	0,40	40	2,5								
6,20	8	11		16,0	0,27	59	1,7								
6,40	8	10		16,0	0,93	17	5,8								
6,60	5	12		10,0	0,40	25	4,0								
6,80	7	10		14,0	0,40	35	2,9								
7,00	8	11		16,0	0,53	30	3,3								
7,20	6	10		12,0	0,53	23	4,4								
7,40	4	8		8,0	0,80	10	10,0								
7,60	8	14		16,0	0,40	40	2,5								
7,80	15	18		30,0	0,40	75	1,3								
8,00	10	13		20,0	0,53	38	2,7								
8,20	17	21		34,0	0,53	64	1,6								
8,40	20	24		40,0	0,13	308	0,3								
8,60	12	13		24,0	0,40	60	1,7								
8,80	15	18		30,0	0,40	75	1,3								
9,00	12	15		24,0	0,27	89	1,1								
9,20	14	16		28,0	0,27	104	1,0								
9,40	13	15		26,0	0,27	96	1,0								
9,60	10	12		20,0	0,27	74	1,4								
9,80	16	18		32,0	0,27	119	0,8								
10,00	32	34		64,0	0,67	96	1,0								
10,20	26	31		52,0	0,93	56	1,8								
10,40	30	37		60,0	0,40	150	0,7								
10,60	38	41		76,0	0,67	113	0,9								
10,80	29	34		58,0	0,40	145	0,7								
11,00	28	31		56,0	0,93	60	1,7								
11,20	7	14		14,0	0,67	21	4,8								
11,40	7	12		14,0	0,40	35	2,9								
11,60	5	8		10,0	0,40	25	4,0								
11,80	7	10		14,0	0,53	26	3,8								
12,00	9	13		18,0	0,67	27	3,7								
12,20	10	15		20,0	0,80	25	4,0								
12,40	12	18		24,0	0,80	30	3,3								
12,60	12	18		24,0	1,07	22	4,5								
12,80	9	17		18,0	0,93	19	5,2								
13,00	10	17		20,0	1,33	15	6,7								
13,20	10	20		20,0	1,20	17	6,0								
13,40	12	21		24,0	1,07	22	4,5								
13,60	14	22		28,0	1,20	23	4,3								
13,80	15	24		30,0	1,07	28	3,6								
14,00	17	25		34,0	1,33	26	3,9								
14,20	18	28		36,0	1,60	23	4,4								
14,40	15	27		30,0	1,60	19	5,3								
14,60	19	31		38,0	1,60	24	4,2								
14,80	16	28		32,0	1,33	24	4,2								
15,00	12	22		24,0	0,80	30	3,3								

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT**1**

riferimento

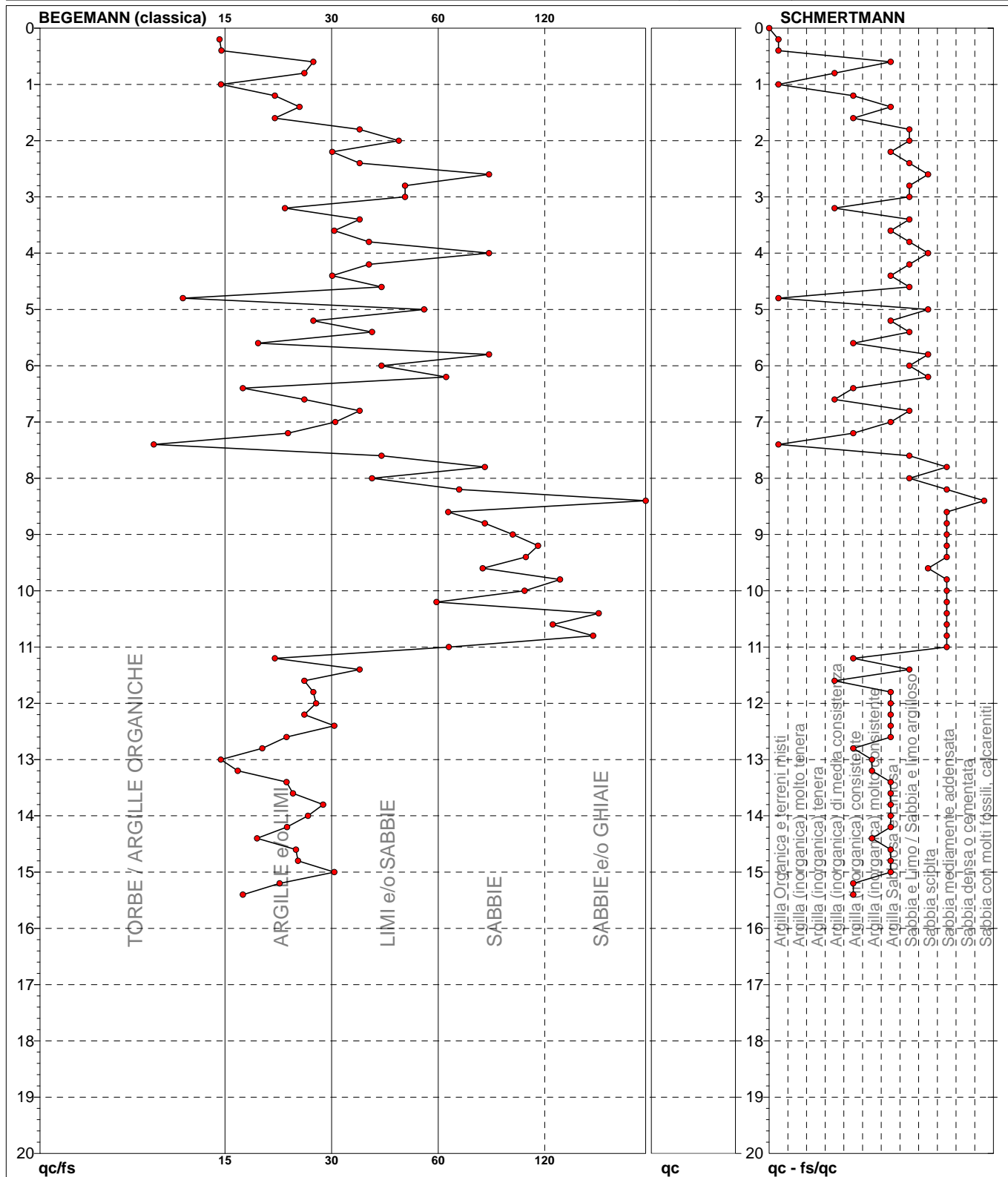
036-2012

certificato n°

0312121

Committente: **Arch. Persi**Cantiere: **Via De Zaiacomo**Località: **San Pietro in Casale**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data eseg.: **03/12/2012**Data certificato: **03/12/2012**Falda: **-1,80 m da p.c.**

Torbe / Argille org. :	26 punti, 26,26%	Argilla Organica e terreni misti:	5 punti, 5,05%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	20 punti, 20,20%
Argille e/o Limi :	37 punti, 37,37%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 4,04%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	15 punti, 15,15%
Limi e/o Sabbie :	20 punti, 20,20%	Argilla (inorganica) consistente:	9 punti, 9,09%	Sabbia sciolta:	6 punti, 6,06%
Sabbie:	14 punti, 14,14%	Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 3,03%	Sabbia mediamente addensata:	14 punti, 14,14%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 3,03%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1,01%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT**2**

riferimento

036-2012

certificato n°

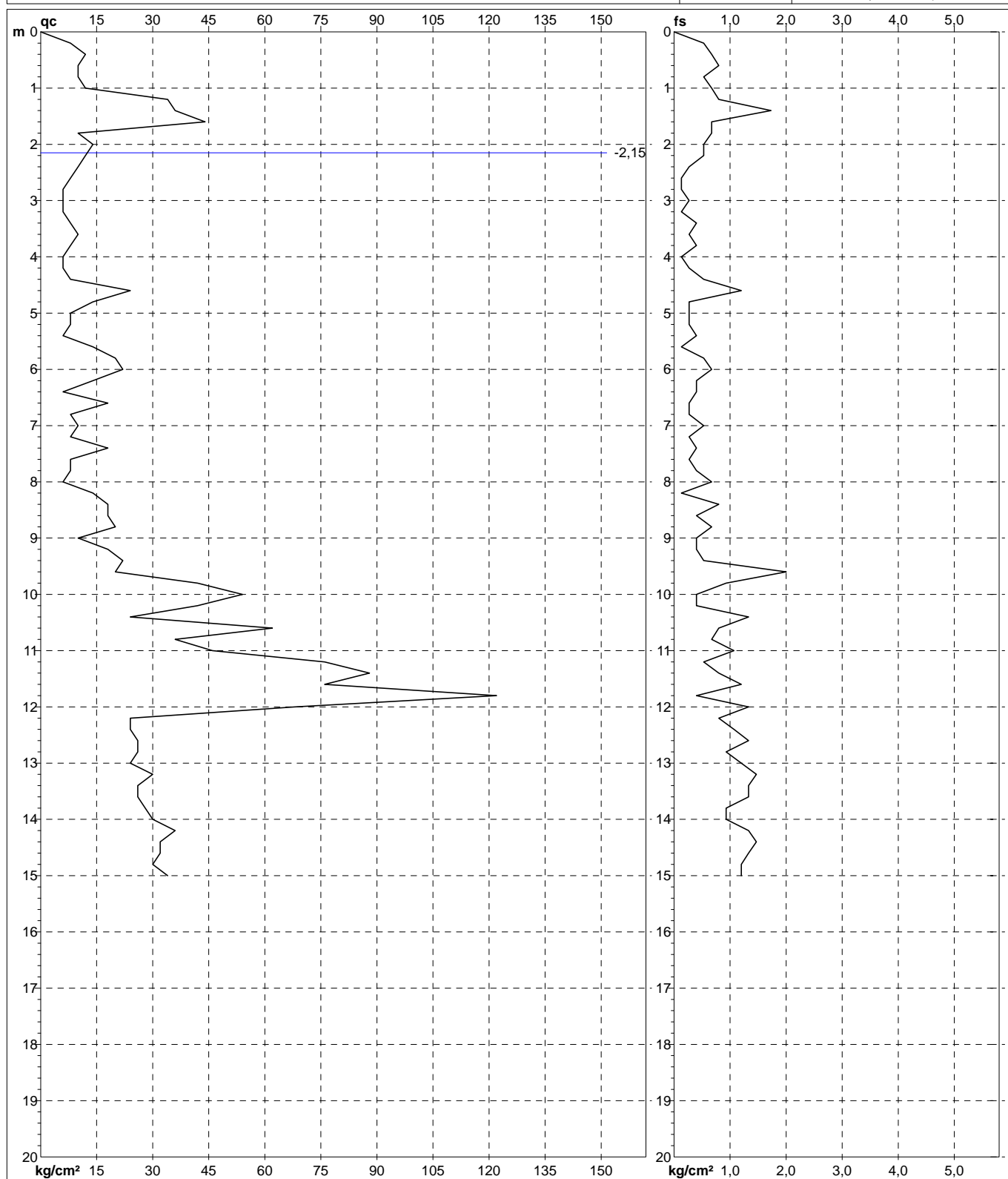
0312122

Committente: **Arch. Persi**Cantiere: **Via De Zaiacomo**Località: **San Pietro in Casale**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **03/12/2012**Data certificato: **03/12/2012**

Quota inizio:

Falda: **-2,15 m** da p.c.Penetrometro: **SP200**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kg/ml**Cod.ISTAT: **037055**

Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**2**

riferimento

036-2012

certificato n°

0312122

Committente: **Arch. Persi**Cantiere: **Via De Zaiacomo**Località: **San Pietro in Casale**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 03/12/2012

Pagina: 1

Data certificato: 03/12/2012

Elaborato:

Falda: -2,15 m da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	4	9		8,0	0,53	15	6,6								
0,40	6	10		12,0	0,67	18	5,6								
0,60	5	10		10,0	0,80	13	8,0								
0,80	5	11		10,0	0,53	19	5,3								
1,00	6	10		12,0	0,67	18	5,6								
1,20	17	22		34,0	0,80	43	2,4								
1,40	18	24		36,0	1,73	21	4,8								
1,60	22	35		44,0	0,67	66	1,5								
1,80	5	10		10,0	0,67	15	6,7								
2,00	7	12		14,0	0,53	26	3,8								
2,20	6	10		12,0	0,53	23	4,4								
2,40	5	9		10,0	0,27	37	2,7								
2,60	4	6		8,0	0,13	62	1,6								
2,80	3	4		6,0	0,13	46	2,2								
3,00	3	4		6,0	0,27	22	4,5								
3,20	3	5		6,0	0,13	46	2,2								
3,40	4	5		8,0	0,40	20	5,0								
3,60	5	8		10,0	0,27	37	2,7								
3,80	4	6		8,0	0,40	20	5,0								
4,00	3	6		6,0	0,13	46	2,2								
4,20	3	4		6,0	0,27	22	4,5								
4,40	4	6		8,0	0,53	15	6,6								
4,60	12	16		24,0	1,20	20	5,0								
4,80	7	16		14,0	0,27	52	1,9								
5,00	4	6		8,0	0,27	30	3,4								
5,20	4	6		8,0	0,27	30	3,4								
5,40	3	5		6,0	0,40	15	6,7								
5,60	7	10		14,0	0,13	108	0,9								
5,80	10	11		20,0	0,53	38	2,7								
6,00	11	15		22,0	0,67	33	3,0								
6,20	7	12		14,0	0,40	35	2,9								
6,40	3	6		6,0	0,40	15	6,7								
6,60	9	12		18,0	0,27	67	1,5								
6,80	4	6		8,0	0,27	30	3,4								
7,00	5	7		10,0	0,53	19	5,3								
7,20	4	8		8,0	0,27	30	3,4								
7,40	9	11		18,0	0,40	45	2,2								
7,60	4	7		8,0	0,27	30	3,4								
7,80	4	6		8,0	0,40	20	5,0								
8,00	3	6		6,0	0,67	9	11,2								
8,20	7	12		14,0	0,13	108	0,9								
8,40	9	10		18,0	0,80	23	4,4								
8,60	9	15		18,0	0,40	45	2,2								
8,80	10	13		20,0	0,67	30	3,4								
9,00	5	10		10,0	0,40	25	4,0								
9,20	9	12		18,0	0,40	45	2,2								
9,40	11	14		22,0	0,53	42	2,4								
9,60	10	14		20,0	2,00	10	10,0								
9,80	21	36		42,0	0,93	45	2,2								
10,00	27	34		54,0	0,40	135	0,7								
10,20	21	24		42,0	0,40	105	1,0								
10,40	12	15		24,0	1,33	18	5,5								
10,60	31	41		62,0	0,80	78	1,3								
10,80	18	24		36,0	0,67	54	1,9								
11,00	23	28		46,0	1,07	43	2,3								
11,20	38	46		76,0	0,53	143	0,7								
11,40	44	48		88,0	0,80	110	0,9								
11,60	38	44		76,0	1,20	63	1,6								
11,80	61	70		122,0	0,40	305	0,3								
12,00	34	37		68,0	1,33	51	2,0								
12,20	12	22		24,0	0,80	30	3,3								
12,40	12	18		24,0	1,07	22	4,5								
12,60	13	21		26,0	1,33	20	5,1								
12,80	13	23		26,0	0,93	28	3,6								
13,00	12	19		24,0	1,20	20	5,0								
13,20	15	24		30,0	1,47	20	4,9								
13,40	13	24		26,0	1,33	20	5,1								
13,60	13	23		26,0	1,33	20	5,1								
13,80	14	24		28,0	0,93	30	3,3								
14,00	15	22		30,0	0,93	32	3,1								
14,20	18	25		36,0	1,33	27	3,7								
14,40	16	26		32,0	1,47	22	4,6								
14,60	16	27		32,0	1,33	24	4,2								
14,80	15	25		30,0	1,20	25	4,0								
15,00	17	26		34,0	1,20	28	3,5								

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

2

riferimento

036-2012

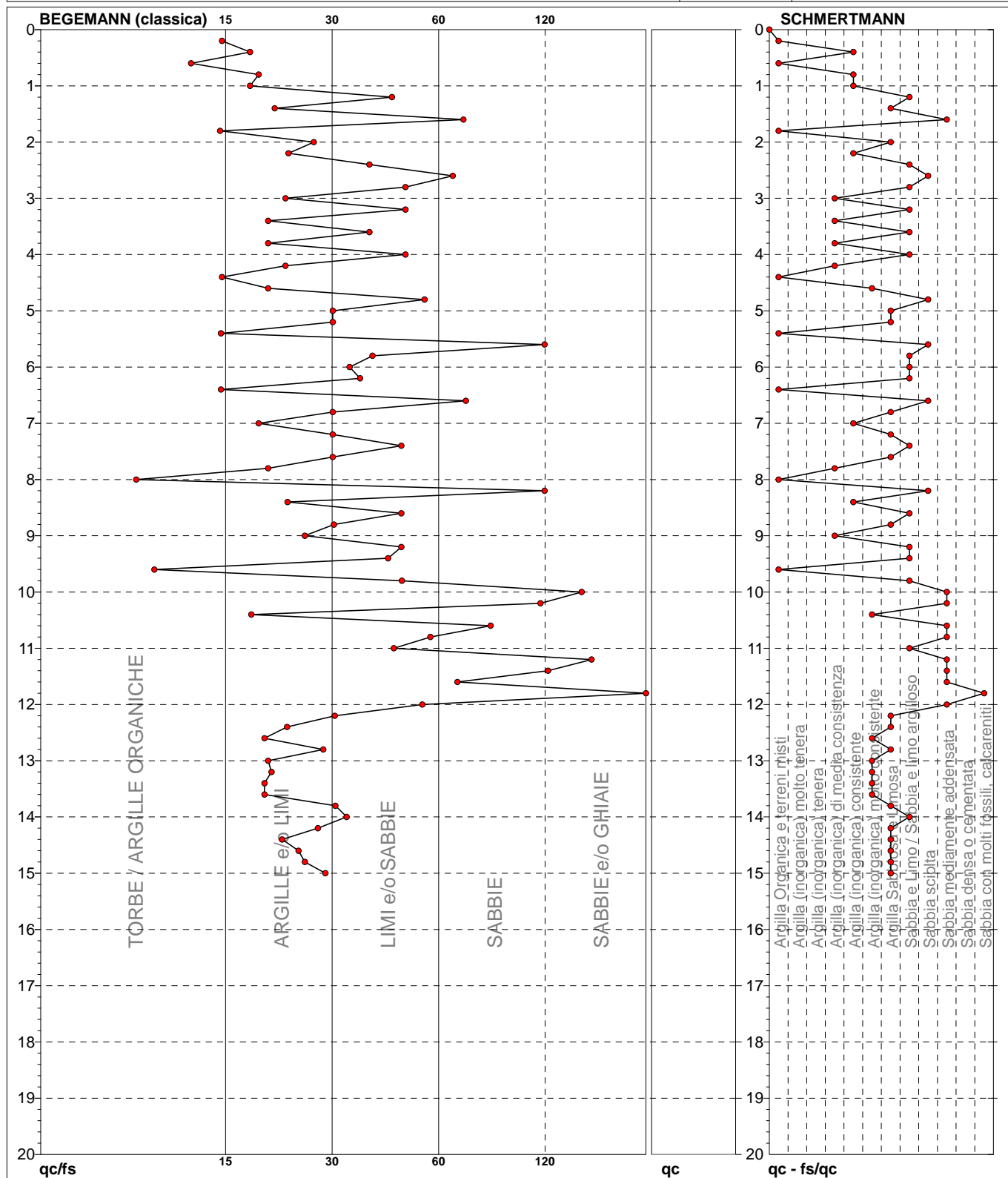
certificato n°

0312122

Committente: **Arch. Persi**
Cantiere: **Via De Zaiacomo**
Località: **San Pietro in Casale**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:100**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data eseg.: **03/12/2012**
Data certificato: **03/12/2012**
Falda: **-2,15 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	31 punti, 31,31%	Argilla Organica e terreni misti:	8 punti, 8,08%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	17 punti, 17,17%
Argille e/o Limi :	37 punti, 37,37%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 6,06%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	16 punti, 16,16%
Limi e/o Sabbie :	20 punti, 20,20%	Argilla (inorganica) consistente:	6 punti, 6,06%	Sabbia sciolta:	5 punti, 5,05%
Sabbie:	9 punti, 9,09%	Argilla (inorganica) molto consist.:	7 punti, 7,07%	Sabbia mediamente addensata:	9 punti, 9,09%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 3,03%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1,01%

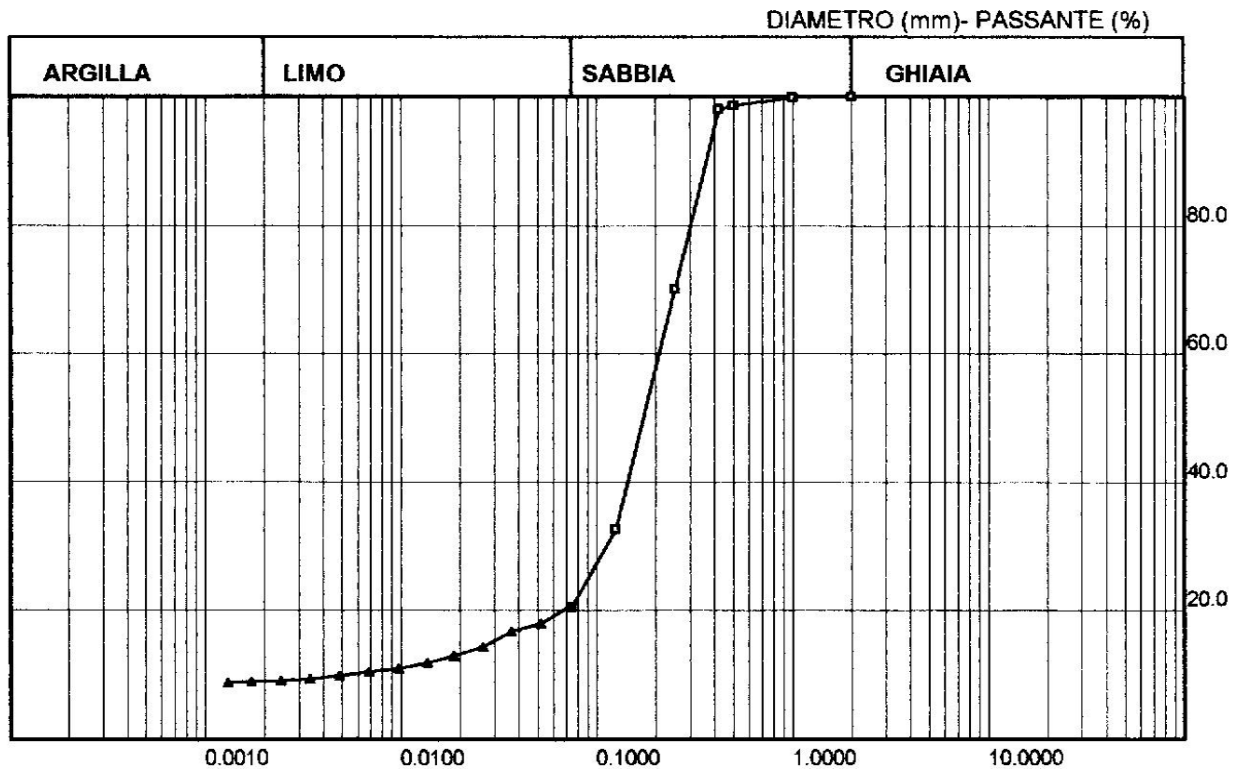
PROVE DI LABORATORIO

➤ ANALISI GRANULOMETRICHE

COMMITTENTE: Dr. Geol. TONDI LUCA
CANTIERE: VIA DE ZAIACOMO
LOCALITA': SAN PIETRO IN CASEALE (BO)

SONDAGGIO: S.1
CAMPIONE: C.1
PROF., m:7.00 - 7.20

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
2.000	100.00
1.000	99.94
0.500	98.57
0.420	98.05
0.250	70.06
0.125	32.66
0.074	20.45

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equivalente, mm	Passante, %
0.07235	20.63
0.05164	17.88
0.03665	16.78
0.02613	14.30
0.01856	12.93
0.01360	11.83
0.00964	11.00
0.00683	10.45
0.00484	9.90
0.00343	9.35
0.00243	9.08
0.00172	8.94
0.00130	8.80

SABBIA, %= 79.55
LIMO, %= 11.45
ARGILLA, %= 9.00
d₆₀, mm= 0.21639
d₃₀, mm= 0.11389
d₁₀, mm= 0.00519

NOTA:

DATA: 05/02/2013

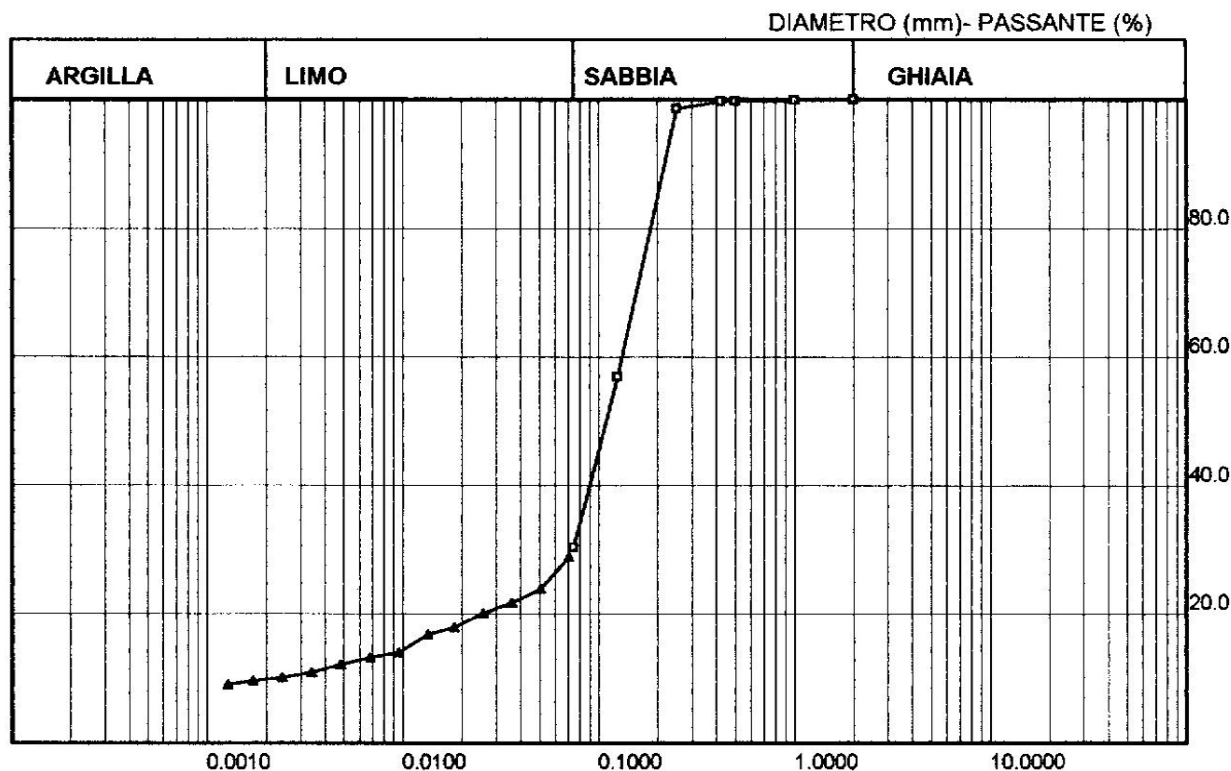
FIRMA:

[Handwritten signature]

COMMITTENTE: Dr. Geol. TONDI LUCA
CANTIERE: VIA DE ZAIACOMO
LOCALITA': SAN PIETRO IN CASALE (BO)

SONDAGGIO: S.2
CAMPIONE: C.1
PROF., m:6.20 - 6.50

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
2.000	100.00
1.000	99.88
0.500	99.74
0.420	99.71
0.250	98.64
0.125	56.86
0.074	30.35

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equivalente, mm	Passante, %
0.07028	28.89
0.05058	23.94
0.03604	21.74
0.02563	20.09
0.01826	17.88
0.01338	16.78
0.00955	14.03
0.00677	13.21
0.00480	12.11
0.00341	11.01
0.00242	10.18
0.00171	9.63
0.00127	9.08

SABBIA, %= 69.65
LIMO, %= 20.50
ARGILLA, %= 9.85
d₆₀, mm= 0.13440
d₃₀, mm= 0.07310
d₁₀, mm= 0.00219

NOTA:

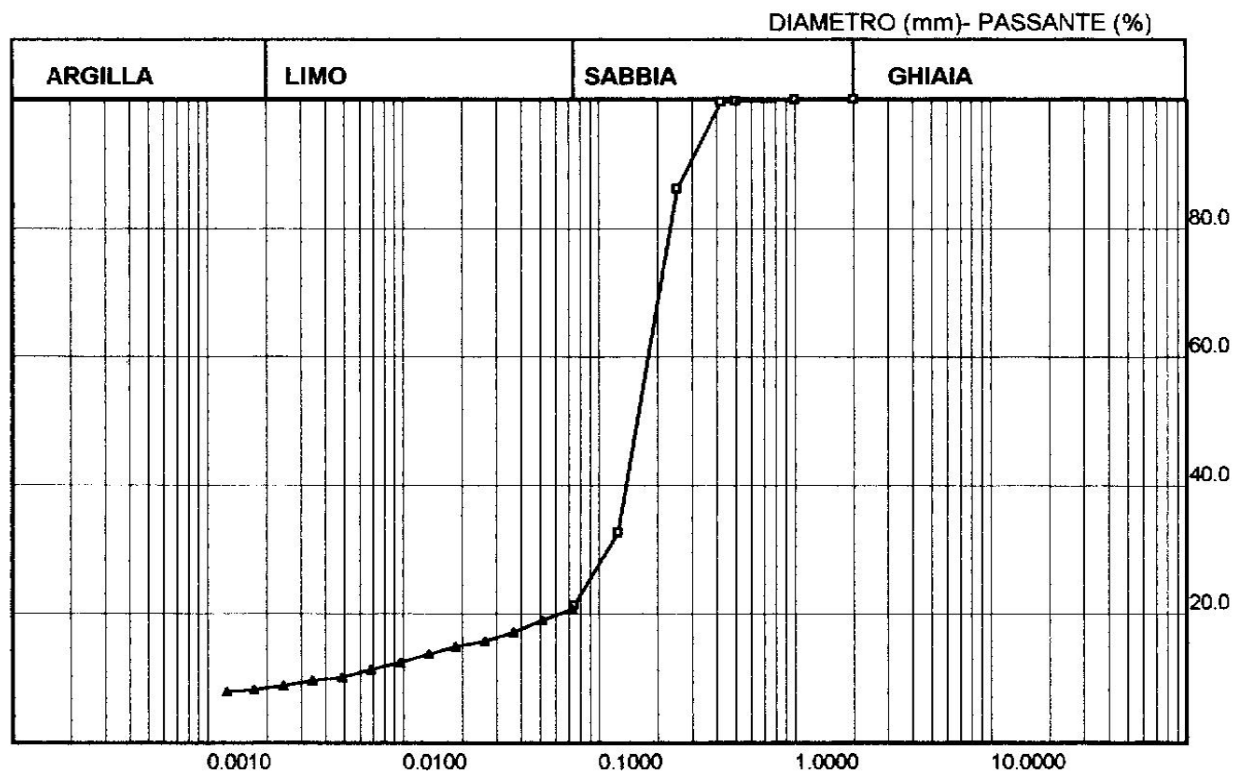
DATA: 05/02/2013

FIRMA:

COMMITTENTE: Dr. Geol. TONDI LUCA
CANTIERE: VIA DE ZAIACOMO
LOCALITA': SAN PIETRO IN CASEALE (BO)

SONDAGGIO: S.3
CAMPIONE: C.1
PROF., m: 6.70 - 7.10

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Apert. setaccio, mm	Passante, %	Diametro equivalente, mm	Passante, %
2.000	100.00	0.07235	20.69
1.000	99.97	0.05145	19.03
0.500	99.70	0.03661	17.10
0.420	99.61	0.02601	15.72
0.250	86.11	0.01844	14.89
0.125	32.71	0.01352	13.79
0.074	21.30	0.00960	12.41
		0.00681	11.31
		0.00483	10.21
		0.00342	9.65
		0.00243	8.83
		0.00172	8.27
		0.00126	8.00

SABBIA, %= 78.70
LIMO, %= 12.80
ARGILLA, %= 8.49
d₆₀, mm= 0.18888
d₃₀, mm= 0.11288
d₁₀, mm= 0.00431

NOTA:

DATA: 05/02/2013

FIRMA:

INDAGINI SISMICHE

- MISURE CON TROMOGRAFO DIGITALE

SAN PIETRO IN CASALE , VIA DEZAIACOMO

Start recording: 08/01/13 10:36:23 End recording: 08/01/13 10:48:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 97% trace (automatic window selection)

Sampling rate: 128 Hz

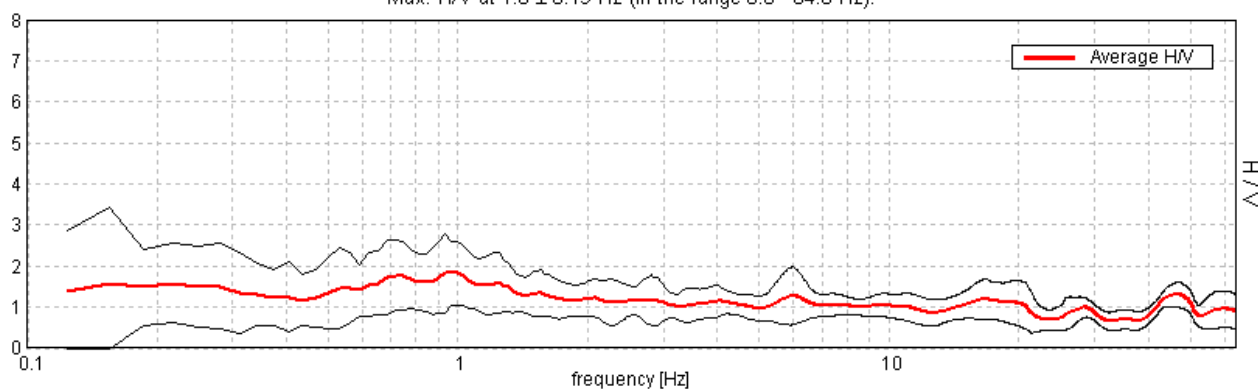
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

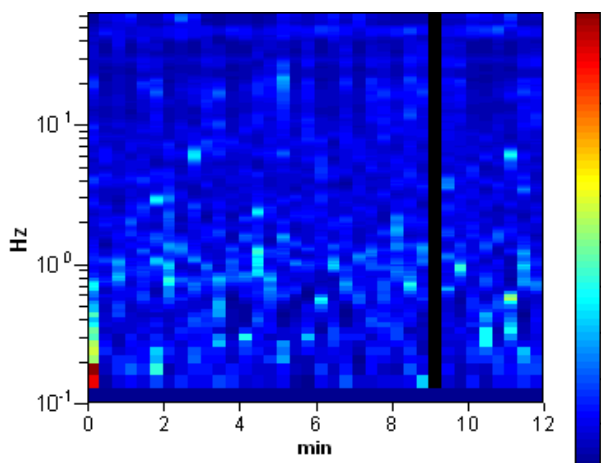
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

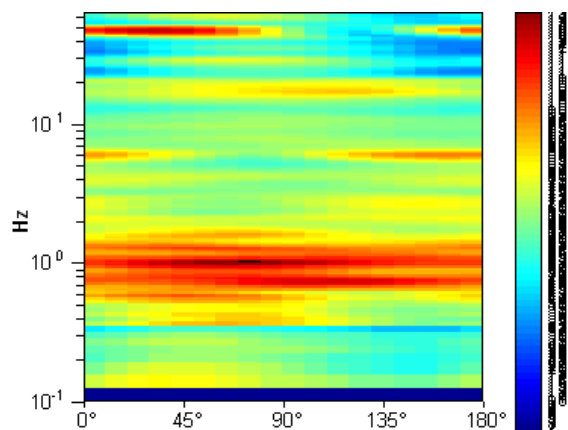
Max. H/V at 1.0 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



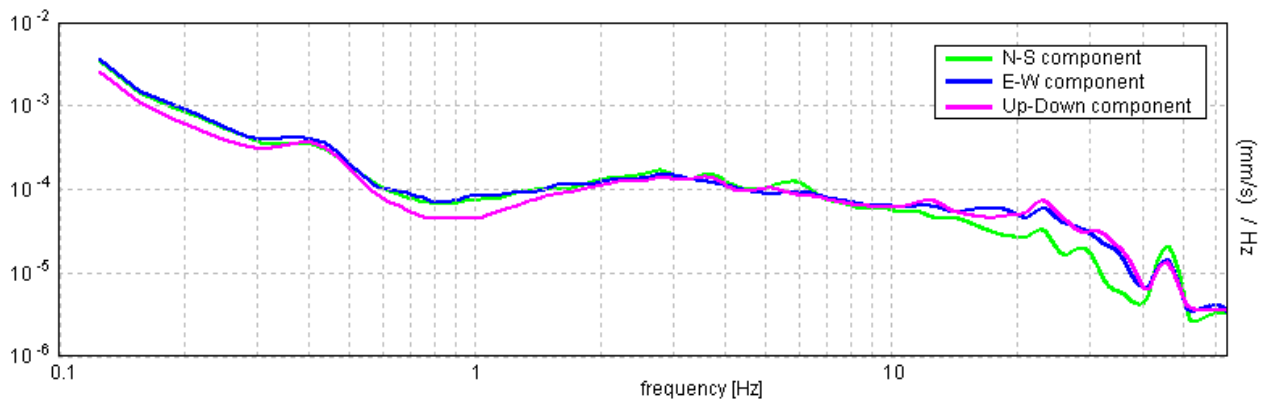
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

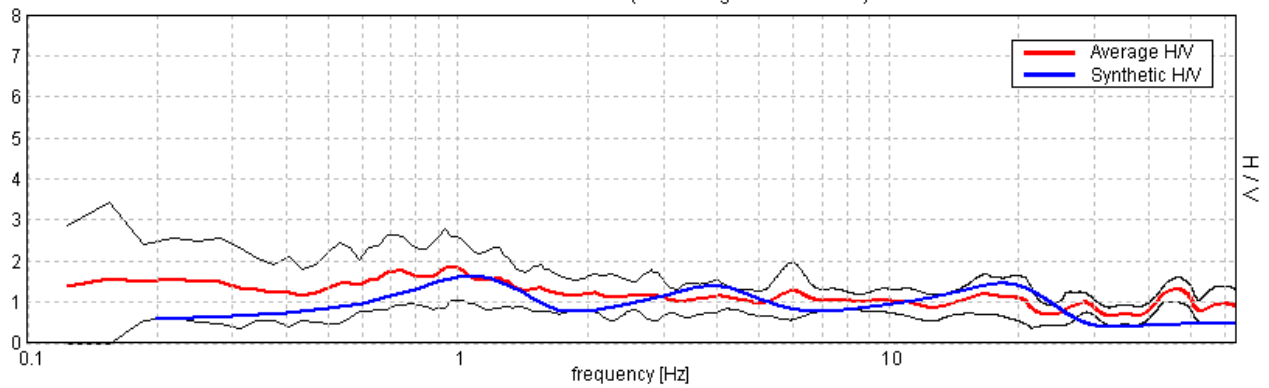


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.0 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.30	1.30	100	0.35
6.30	5.00	200	0.35
15.30	9.00	240	0.35
80.30	65.00	360	0.35
inf.	inf.	630	0.35

$V_s(0.0-30.0)=258\text{m/s}$

