



**COMUNE DI CASTENASO**

**P O C 3**

**2017**

**PIANO OPERATIVO COMUNALE**

(L.R. 24 marzo 2000, n. 20 - art. 30)

---

**Relazione Geologica e Sismica**

**Comparto ANS\_C2.4 "Villanova"**

---

Adozione D.C.C. n. ____ del ____/____/____	Approvazione D.C.C. n. ____ del ____/____/____
--	--

---

**il Sindaco**

Stefano SERMENGHI

**l'Assessore all'Urbanistica**

Stefano SERMENGHI

**il Segretario Generale**

Andrea FANTI

**ARCH.it Studio**

William BERTI

Paolo GROSSI

Luca MAGRI

**Comune di Castenaso**

Fabrizio RUSCELLONI

Deborah CAVINA

Leonardo ALTILIA

**STUDIO GEOTECNICO CHILI GIULIANO**

Dott. Geol. Giuliano CHILI

# COMUNE DI CASTENASO

## PROVINCIA DI BOLOGNA




### COMPARTO VILLANOVA ANS C2.4

PROPRIETA'
• ABITARE VILLANOVA S.R.L. ..... .....
• CASTENASO IMMOBILIARE S.R.L. ..... .....
• DIPIERRI R.E. S.R.L. ..... .....

	DOCUMENTI SPECIALISTICI	
	Relazione geologica	
	.....	
	.....	



A	1	a
B	2	b
C	3	c
D	4	d
E	5	e
F	6	f
G	7	g
H	8	h
I	9	i
L	10	l
M	11	m
N	12	n
O	13	o
P	14	p
Q	15	q
R	16	r
S	17	s
T	18	t
U	19	u
V	20	v
Z	21	z

TECNICI		
	<b>STUDIO GBA</b> Arch. Gianluca Brini Arch. Luca Pedrazzi	
	<b>STUDIO GIOVANNINI</b> Ing. Gian Franco Giovannini Ing. Roberto Tranquilli	
	<b>STUDIO TEAM WORK S.C.A.R.L.</b> Arch. Ing. Nicola Zanni	

*Studio Geotecnico Chili Giuliano*

Via Bruno Bottau n° 4 – 40055 Castenaso (BO)

p.i. 01625471204 - c.f. CHL GLN 59R28 A944U

## **Città Metropolitana di Bologna**

### **Comune di Castenaso**

#### **RELAZIONE GEOLOGICA**



Progetto: per PUA relativo al Comparto ANS C2.4 sito in Villanova di Castenaso tra le Vie Baden Powell e Elsa Morante - località Villanova di Castenaso in Comune di Castenaso

Proprietà: DIPIERRI RE; Abitare Villanova srl e Castenaso Immobiliare srl

Data: 11/04/2017

Relazione n. 04/17

## 1.0 Premessa

### 1.1 Premessa

Nell'ambito della progettazione per il PUA relativo al Comparto ANS C2.4 sito in Villanova di Castenaso tra le Vie Baden Powell e Elsa Morante - località Villanova di Castenaso in Comune di Castenaso, i Committenti DIPIERRI RE; Abitare Villanova srl e Castenaso Immobiliare srl mi hanno affidato la redazione della presente Relazione Geologica nella quale verranno definiti:

- l'inquadramento geologico generale dell'area;
- i livelli litologici presenti nel sito e la loro variazione spaziale;
- le caratteristiche geomorfologiche dell'area evidenziando eventuali vincoli presenti nell'area in esame;
- le caratteristiche idrogeologiche dell'area;
- la microzonazione sismica, la valutazione del rischio sismico, la risposta dei terreni della successione al sisma atteso per l'area in esame ed il comportamento dei terreni nei riguardi del fenomeno della liquefazione.
- La valutazione sulla fattibilità dell'intervento.

Gli scopi precedentemente elencati sono stati perseguiti mediante l'utilizzo di n°3 prove penetrometriche statiche con piezocono e n° 5 prove statiche con punta meccanica Begemann le prove sono state spinte fino a – 20 m di profondità o fino a rifiuti all'avanzamento dell'attrezzatura di perforazione.

Per definire la frequenza tipica del terreno ed in via preliminare la Vs 30 sono stati eseguiti due rilievi geofisici di sismica passiva mediante l'utilizzo di un tromografo digitale elaborando i dati mediante la teoria proposta da Nakamura (HVSr)

Nelle prove n° 1, 3 e 8 sono stati inseriti n°3 tubi piezometrici tipo tubo aperto per verificare l'andamento e l'escursione della falda.

Il presente elaborato verrà redatto secondo quanto prescritto dalla normativa vigente, di cui si riportano gli estremi:

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni.**
- **Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. n°30 del 14/01/ 2008.**
- **Circolare applicativa NTC08 n. 617 C.S.LL.PP. del 2 febbraio 2009.**
- **Decreto Giunta Regionale Emilia Romagna n. 567 del 7/04/2003.**
- **Atto d'Indirizzo Tecnico dell'Assemblea Legislativa RER, Progr. N. 112, oggetto n. 2131 del 2/05/2007.**
- **Decreto Giunta Regionale Emilia Romagna n. 2319 del 15/12/2015.**
- **L.R. n. 19 del 30/10/2008.**
- **PTCP Provincia di Bologna adottato con delibera c.d. n. 3 del 11/02/2003.**
- **PSC in forma associata "Comuni Valle Idice"**
- **Norme AGI 1977 – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.**
- **Norme AGI 2005 – Aspetti Geotecnici della progettazione in zona sismica.**

Il lavoro è stato completato dall'esame di dati pubblicati (sia su supporto cartaceo che informatico)



quali:

Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 – Foglio 221 Bologna Est

Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Boccaletti, Martelli e alii 2004

Carta Strutturale dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Feroni et. alii 2002

Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Preti et. alii 1999

Carta del Territorio di Pianura del Comune di Bologna scala 1:25.000 Bergonzoni e Elmi 2003

Risorse Idriche sotterranee della RER – Di Dio 1998

Carta Geomorfologica della Pianura Padana scala 1:250.000 – Castiglioni et. alii 1997

Prove e rilievi effettuati dallo Scrivente in zone limitrofe a quella oggetto di studio hanno completato lo studio del sito.

## 2.0 Modalità di prova

### 2.1. Prova penetrometrica statica (CPT) Norma ATSM (D..3441 – 79) aggiornata (D3441 – 86)

La prova Penetrometrica Statica (CPT) è conosciuta e usata in tutto il mondo essendo da tempo codificata in maniera univoca.

Essa consiste nell'infiggere una punta conica di dimensioni standard (area del cono 10 cm<sup>2</sup> ed angolo al vertice di 60°) nel terreno per mezzo di un martinetto idraulico misurando lo sforzo necessario; di seguito si infolge un manicotto avente dimensioni pure standardizzate (area laterale 150 cm<sup>2</sup>), anche in questo caso si misura lo sforzo necessario all'avanzamento.

I valori ottenuti opportunamente elaborati tramite programmi automatici di calcolo vengono poi diagrammati fornendo il grafico della resistenza alla punta (Rp) e il grafico del rapporto tra la resistenza alla punta (Rp) e la resistenza laterale (Rl); tale rapporto conosciuto in letteratura come rapporto di Begemann dà indicazioni sulla natura dei terreni offrendo la possibilità di riconoscere i coesivi dagli incoerenti e, tra i primi quelli a maggiore o minore contenuto in argilla.

Per l'acquisizione dei dati è stata utilizzata una macchina di marca Deepdrill tipo KN 20 con cella tipo Gouda a lettura analogica e costante di cella K = 20.

Di seguito si riporta la legenda relativa all'elaborazione di Rp ed Rl partendo dai dati di campagna

PENETROMETRO STATICO tipo:			
Caratteristiche:			
- punta conica meccanica	Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - ( area punta Ap = 10 cm <sup>2</sup> )		
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann'	( Ø 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm <sup>2</sup> )		
- velocità di avanzamento costante	V = 2 cm / sec ( ± 0,5 cm / sec )		
- spinta max nominale dello strumento	Smax variabile a seconda del tipo		
- costante di trasformazione (lett.⇒spinta )	Ct = spinta (Kg) / LETTURA al manometro		
fase 1 - resistenza alla punta	qc ( Kg / cm <sup>2</sup> )	=	L1 x Ct / 10
fase 2 - resistenza laterale locale	fs ( Kg / cm <sup>2</sup> )	=	(L2 - L1) x Ct / 150
fase 3 - resistenza totale	Rt ( Kg )	=	(Lt) x Ct
	qc / fs	=	rapporto Begemann
- L1. punta	= lettura di campagna durante l' infissione della sola punta		( fase 1 )
- L2. totale	= lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto		( fase 2 )
- Lt. aste	= lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne		( fase 3 )
N.B. : la spinta S ( Kg ) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione Ct .			
N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale fs viene computata 20 cm sopra la punta .			

Tabella 2.1 caratteristiche dell'attrezzatura di prova e modalità di elaborazione per ricavare Rp ed Rl

## 2.2. Prova penetrometrica statica con piezocono SCPTu

La prova Penetrometrica Statica con cono sismico (SCPTu) è conosciuta ed usata in tutto il mondo essendo presente sul mercato dal 1974 come CPTe (punta Elettrica).

L'attrezzatura di prova è costituita da una punta conica del diametro di 35 mm e angolo di apertura del cono di 60° che viene infissa nel terreno con un velocità di 2 mm/s. La punta è seguita da un settore che porta un anello poroso necessario per misurare le variazioni delle pressione interstiziale al passaggio della punta, tale anello può essere posizionato in tre zone della punta ovvero: direttamente sul cono (u1), immediatamente sopra al cono (u2) e sul manicotto a tergo del cono (u3). Generalmente si usa un settore poroso solo ma esistono punte con 2 e con tre settori porosi applicati contemporaneamente.

Dietro al cono, generalmente subito a monte rispetto al settore poroso u2, si trova un tratto di 150 mm utilizzato per la misura della pressione di attrito laterale esercitata dal terreno dopo il passaggio della punta. Questa misura, definita come  $f_s$ , viene utilizzata in combinazione con la pressione di rottura del terreno ( $q_c$ ) al fine di definire per via indiretta il tipo litologica attraversato.

Tutte le misure avvengono mediante celle di carico e sensori posizionati sulla punta e vengono trasmesse e registrate in tempo reale (tramite un cavo coassiale contenuto entro le aste di prolunga) da un elaboratore elettronico in superficie.

La punta SCPTu contiene anche sensori che permettono di misurare la velocità delle onde sismiche di taglio nel terreno dando modo di poter ricercare tutti quei parametri meccanici che definiscono il terreno dal punto della risposta sismica.

La procedura e la qualità della prova sono ancora oggetto di discussione normativa da parte dell'IRTP (International reference test procedure) che comunque ha definito 4 classi di qualità delle prove a seconda del tipo di progetto e dell'accuratezza con cui bisogna ricostruire il sottosuolo.

L'attrezzatura di esecuzione della prova deve essere così costituita:

- n°1 attrezzatura autocarrata o cingolata con capacità di spinta compresa tra 5 ton e 20 ton
- n°1 punta SCPTu dotata di celle di carico per la lettura di  $q_c$  ed  $f_s$ ; la cella deve essere dotata di anello poroso per effettuare le letture di  $u$  (nel nostro caso u2). Nella cella devono essere inseriti anche sensori che registrano la temperatura e l'inclinazione della attrezzatura di perforazione questo in quanto le Norme prevedono che oltre il 2% di inclinazione occorre eseguire delle correzioni sulla lettura della profondità ed inoltre la  $q_c$  è funzione della temperatura dei circuiti all'interno della punta.
- n° di aste di prolunga in numero idoneo a raggiungere la profondità prevista dalle indagini.

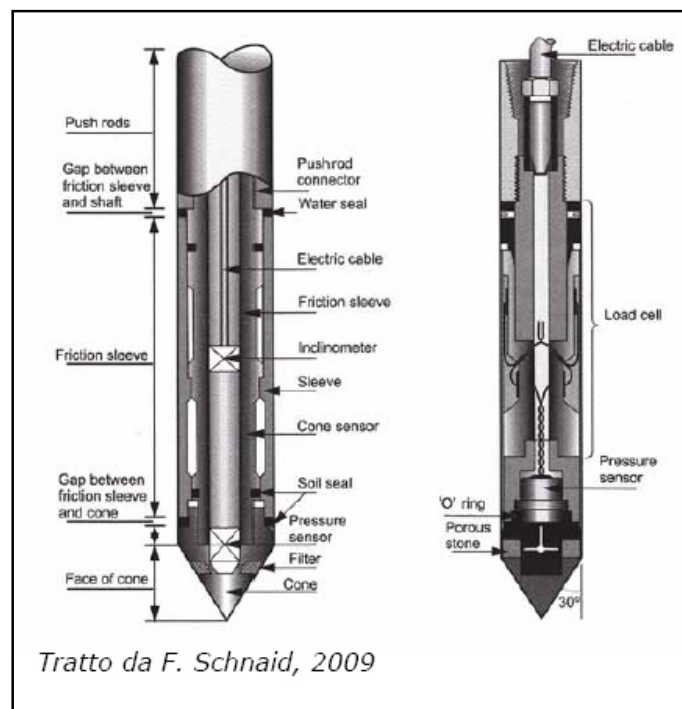
La modalità di esecuzione della prova prevede le seguenti fasi:

- Disaerazione della punta e del vano anteriore della cella di carico mediante iniezioni di olio siliconato; questa tecnica presenta diversi svantaggi consistenti nel fatto che se la punta viene utilizzata al di fuori di terreni saturi è altissima la probabilità di desaturazione della punta per fuoriuscita del liquido. Pertanto prima di iniziare una prova con questo tipo di saturazione bisogna eseguire un preforo (p.es con una punta meccanica CPT), estrarre le aste di preforo e introdurre nel foro la punta opportunamente confinata (p.es guaina in lattice di gomma). Per questo motivo è invalso l'uso di effettuare la desaturazione della

punta mediante grasso siliconico che, avendo una densità maggiore fuoriesce in maniera più lenta permettendo di raggiungere la falda prima che avvenga al desaturazione. La differenza tra le due modalità sta nel fatto che le reazioni ai cambiamenti di pressione nella punta saturata a liquido sono immediate mentre, pur non pregiudicando la validità della prova, quelle con la punta saturata a grasso sono più lente.

- Approfondimento della punta entro il terreno della punta in maniera continua con una velocità di avanzamento di  $2 \pm 0,5$  cm/sec; uniche interruzioni concesse sono quelle per la aggiunta di aste di prolunga e per le prove di dissipazione (che verranno trattate in un paragrafo a parte). In merito alle aste di prolunga è ammessa una flessione al centro di 0,5 mm per le aste più profonde ed 1 mm per le aste più superficiali, è per questo che è buona norma inserire nella batteria di aste alcune prolunghie dotate di anello centratore (allargatore) che essendo a contatto con i terreni attraversati riduce la flessione delle aste durante la fase di spinta.
- Una volta raggiunta la profondità desiderata si ritira la batteria di perforazione

In fig. 2.1 è rappresentata una punta CPTu con indicate le sue parti interne.



*Fig. n. 2.1 -Punta per prove penetrometriche statiche con elettriche continue con misurazione delle pressioni interstiziali (CPTu)misurazione*

La stratigrafia del terreno viene ricavata mediante il raffronto tra  $q_c$ ,  $f_c$  e  $\Delta u$  in figura 2.2 si riportano i diagrammi realizzati da Robertson 1990 ed utilizzati per la determinazione della stratigrafia (parzialmente modificata) oggetto delle schede riportate in allegato 1.

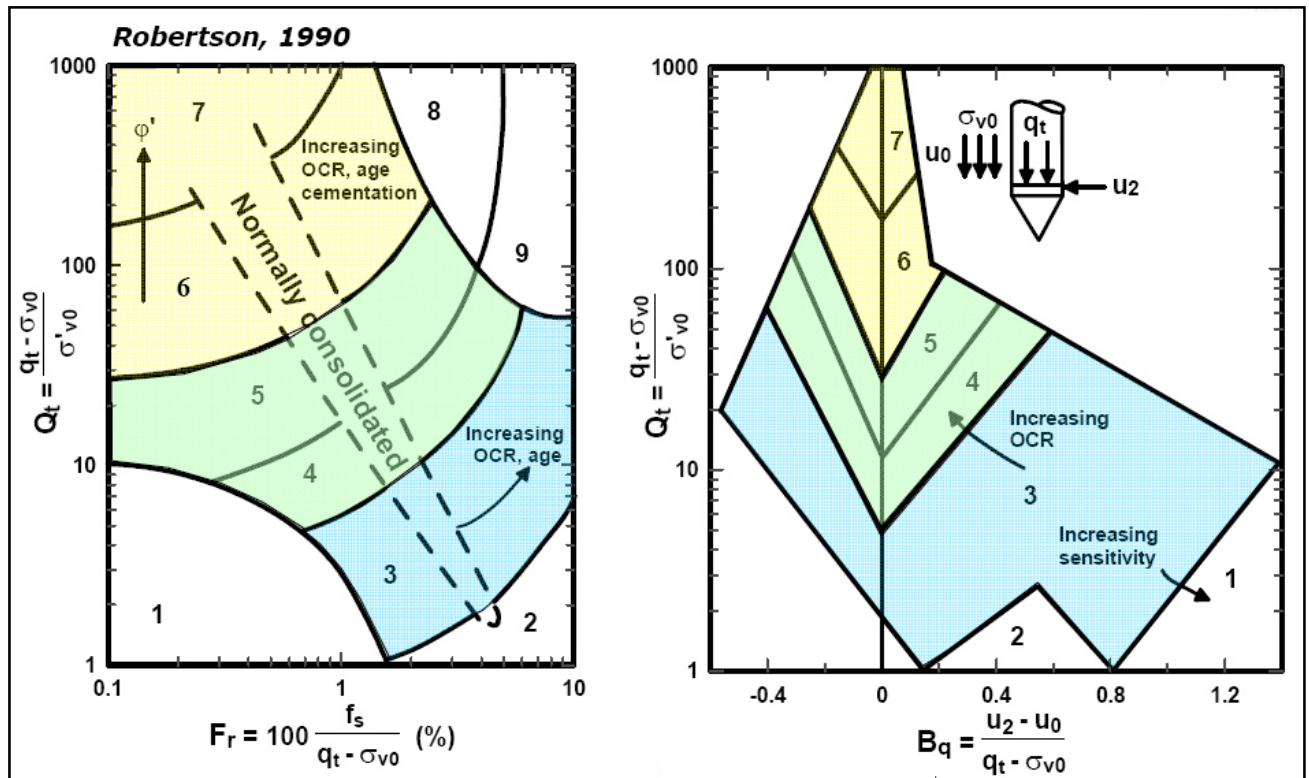


Fig. n. 2.2 -Diagrammi utilizzati per l'elaborazione dei dati rilevati ai fini della determinazione della stratigrafia incontrata da Robertson 1990

Il colore azzurro indica l'area in cui si hanno terreni dotati di comportamento coesivo (argille e argille limose, sabbie argillose etc.); l'area in verdino indica terreni a comportamento misto (limo argilloso sabbioso, limo sabbioso, sabbia fine limosa) e l'area in giallo indica terreni a comportamento drenato (sabbia media e fine con poco limo, sabbia media e sabbia grossolana).

La prova non è indicata per terreni ghiaiosi

La punta utilizzata per l'esecuzione delle prove è di Marca TECNO PENTA Tipo TP CPL2IN

### 2.3 Prove geofisiche: Sismica – Tromografo digitale

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) rappresenta uno dei metodi utilizzati per estrarre informazioni relative al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ( $10^{-15}$  [m/s<sup>2</sup>] in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

La tecnica prevede il rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale ed è ormai consolidata come strumento di stima affidabile delle principali frequenze di risonanza del sottosuolo, informazione di notevole importanza per l'ingegneria sismica. Riconosciuta questa capacità, ove sia nota una stima della stratigrafia locale, dalle frequenze di risonanza è possibile ricavare un modello di sottosuolo monodimensionale discreto caratterizzato da strati a diversa impedenza sismica ( $V_s$ ,  $\rho$ ), mediante un approccio numerico di modellazione della curva HVSR (fitting della curva H/V sintetica).

Se consideriamo un sistema stratificato semplice a due strati 1D in cui gli strati si distinguono per diverse densità e velocità delle onde sismiche, si ha condizione di risonanza quando la lunghezza dell'onda incidente che viaggia nel mezzo con  $V_{s1}$  e  $\rho_1$ , è pari a 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $h$  dello strato (o insieme di strati omogenei).

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) relativa alle onde "S" è descritta dall'equazione:

$$f_r = V_s / (4 h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Nonostante il microtremore sia costituito in gran parte da onde superficiali (in particolare da onde di Rayleigh), ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime.

### 3.0 Ubicazione

#### 3.1 Corografia

Gli elaborati tecnici in cui è riportata l'area oggetto dell'intervento sono:

Foglio CTR scala 1:50.000: 221 Bologna Est

Tavoletta CTR scala 1:25.000: 221SO Bologna Sud Est

Sezione CTR scala 1:10.000: 221100 Idice

Elemento CTR scala 1:5.000 221104 Villanova

In fig. 3.1 si riporta la corografia dell'area in scala 1:5.000.

In fig. 3.2 si riporta l'ubicazione delle prove su planimetria di progetto scala 1:2.000.

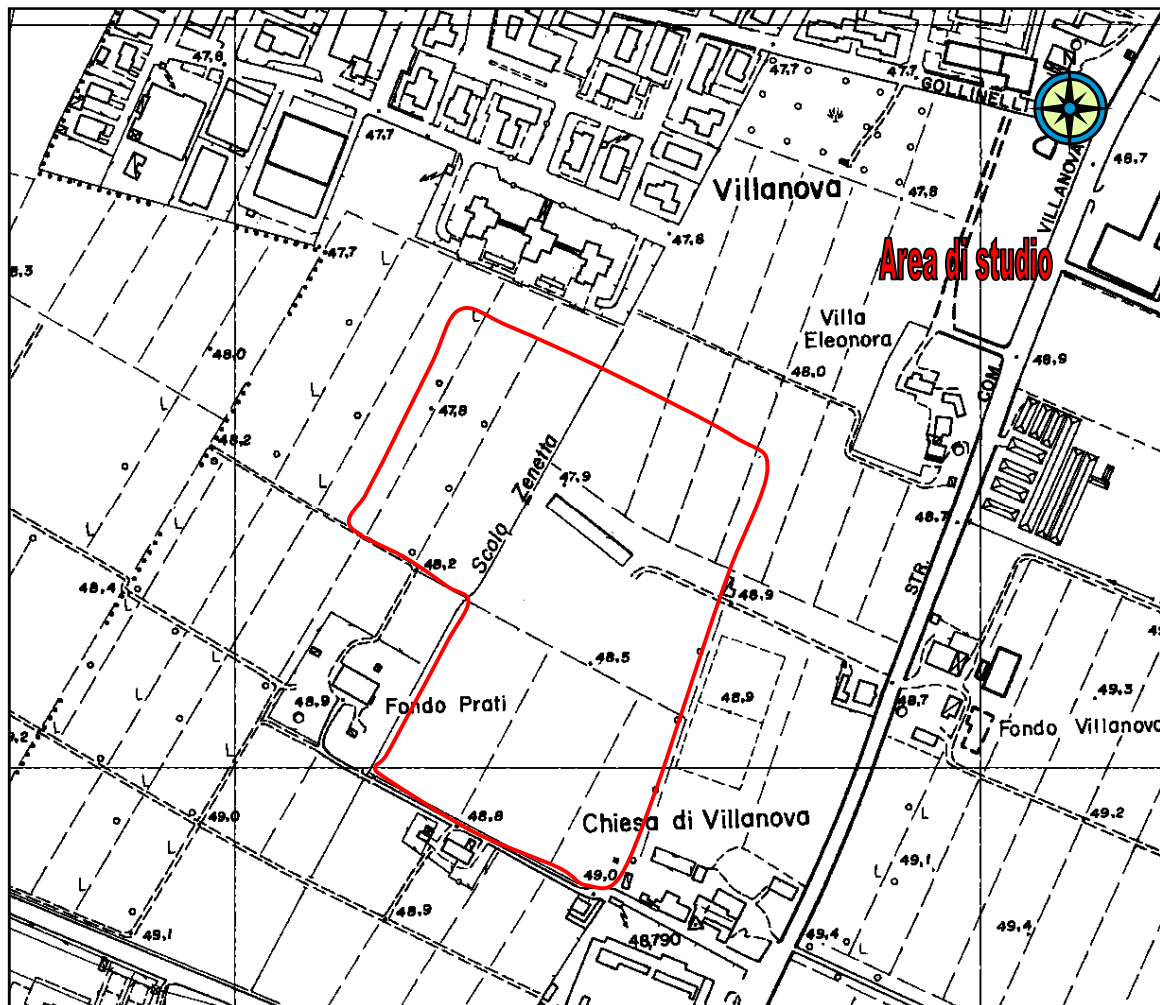


Fig. 3.1 - Ubicazione dell'area: estratto dall'Elemento C.T.R. 221104 Villanova in scala 1 : 5.000



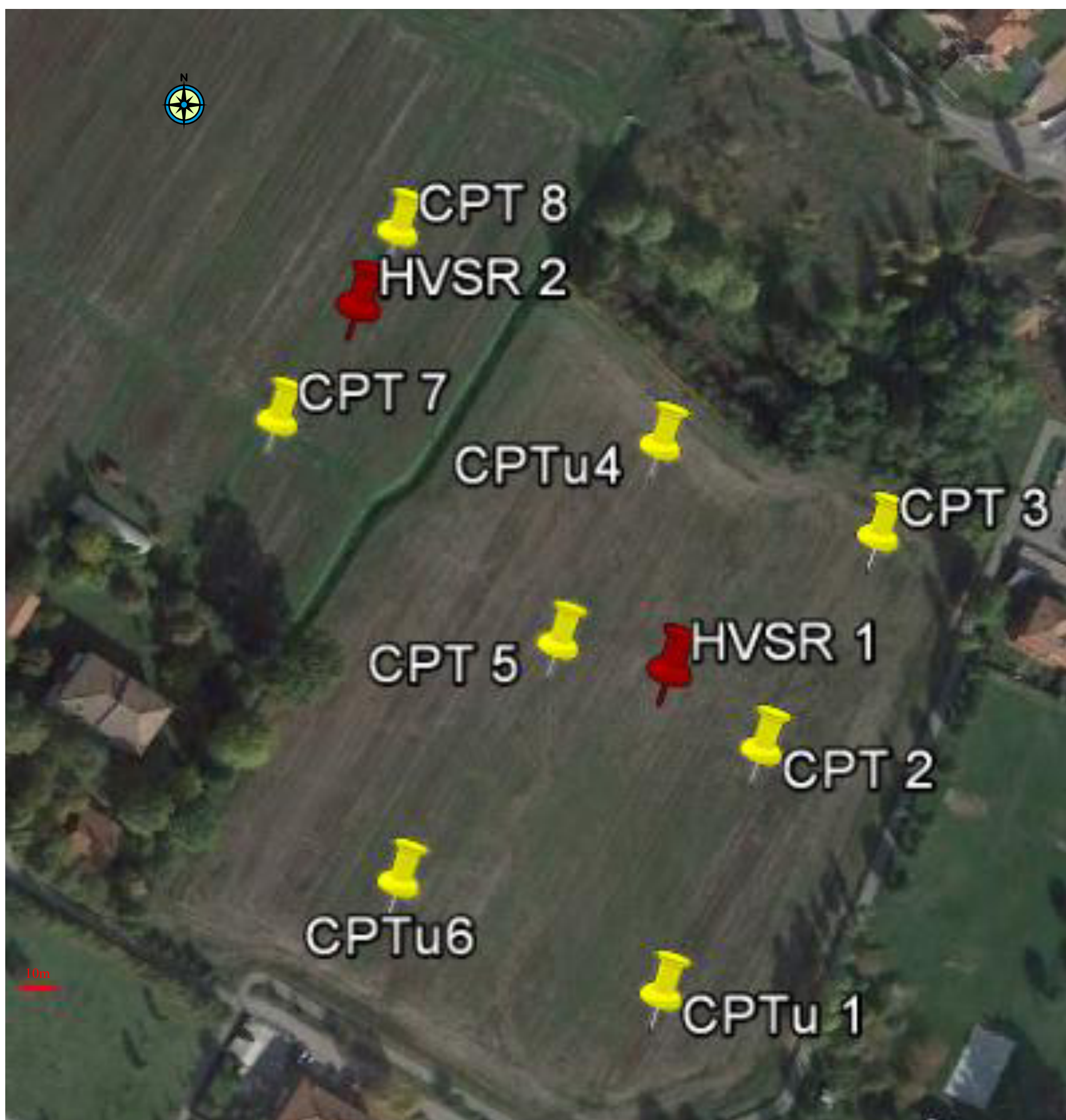
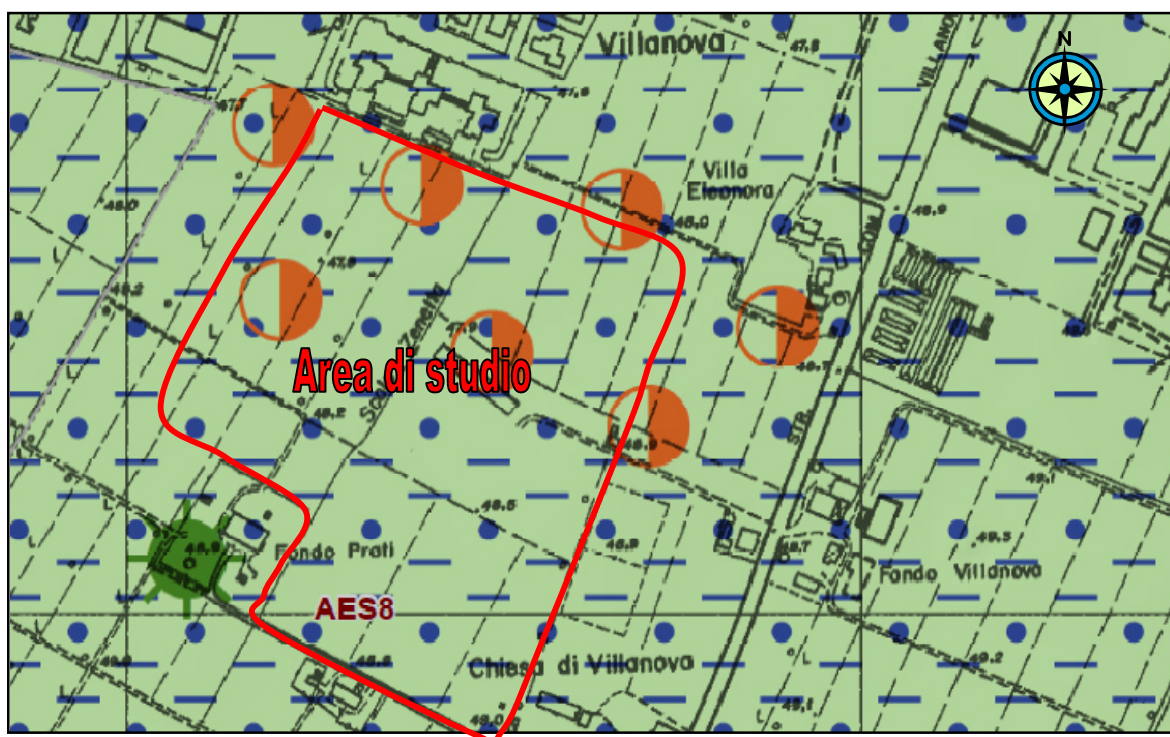


Fig. 3.2 – Ubicazione delle Prove statiche delle Indagini geofisiche estratto da foto aerea fonte sito Google Earth scala 1:2.000

## 4.0 Inquadramento stratigrafico e litologico

I terreni presenti nell'area oggetto di studio sono di origine sedimentaria “recente” di genesi legata con ogni probabilità alla dinamica deposizionale del fiume Reno.

Analizzando la Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 (di cui un estratto ingrandito alla scala 1:10.000 si riporta in Fig. 4.1) si deduce che i terreni più superficiali appartengono al Supersistema Emiliano Romagnolo Superiore (AES 0,45 Ma – attuale); esso comprende tutti i sedimenti Quaternari (Olocenici) depositatisi in ambiente continentale; questi terreni rappresentano il termine finale della successione che costituisce il riempimento dell'avanfossa formatasi in seguito all'ultima fase parossistica (Pliocene Superiore) nell'orogenesi della Catena Appenninica.



### Legenda

#### **AES8** *Subsintema di Ravenna*

Elemento sommatile di AES. Ghiaie, sabbie limi ed argille di terrazzo alluvionale, conoide alluvionale e piana alluvionale. Limite superiore coincidente con il piano topografico.

PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE

*Figura 4.1 – Estratto dalla “Carta Geologica d'Italia” – Foglio 221 Bologna a cura della Regione Emilia Romagna- in scala 1:50.000 ingrandita alla scala 1:5000 (Fonte sito RER)*

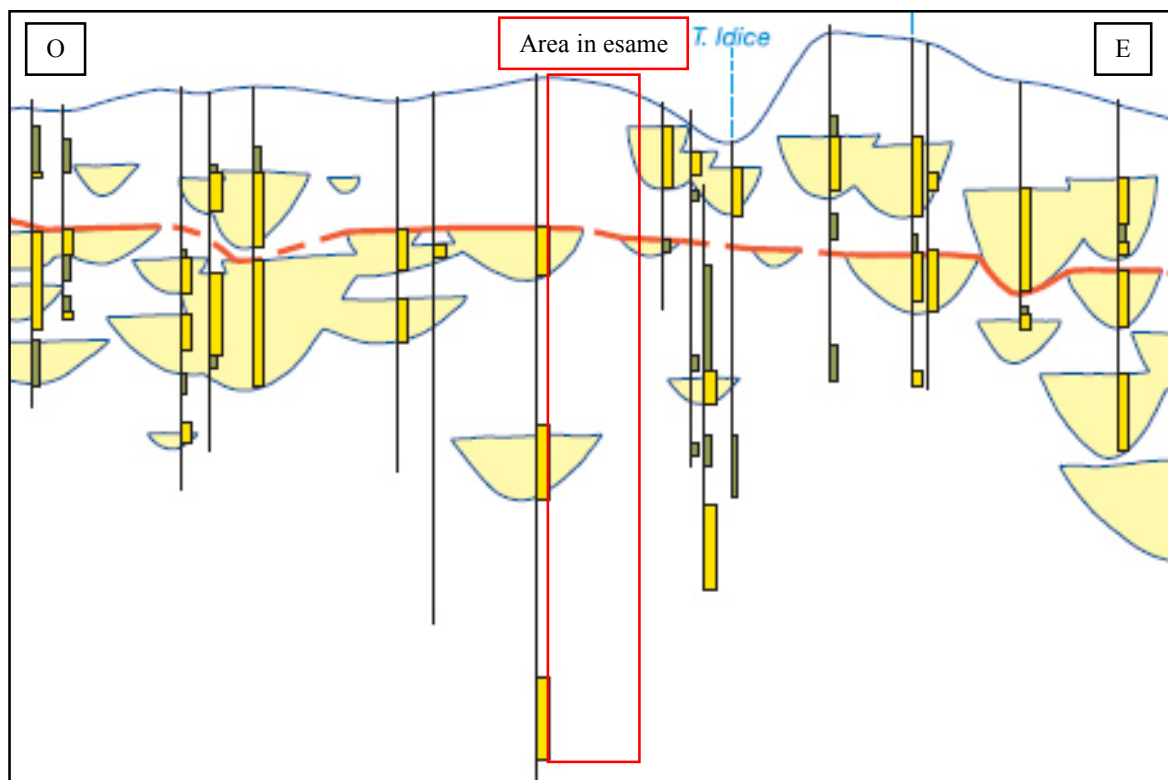
In particolare i terreni affioranti nell'area oggetto d'intervento, appartengono al Subsintema di Ravenna. Questo Subsintema è sviluppato dall'ambito intramontano fino ad alcune porzioni della bassa Pianura; esso si sviluppa a partire da circa 16.000 anni fa in corrispondenza con la fase di alluvionamento seguente un periodo glaciale (nel nostro caso la glaciazione Wurmiana). Le litologie che formano AES 8 sono costituite, nella parte di Pianura in cui ci troviamo, da argilla di



intercanale fino a sabbia da media a grossolana tipica di quelle porzioni interessate da corrente trattiva ed energia significativa; tra gli elementi granulometrici estremi si trova tutta la serie di terreni misti a partire da argille limose fino a limi sabbiosi. In alcuni tratti si possono sviluppare anche terreni in cui prevale la componente organica sono questi paleo suoli oppure zone in ambiente fluviale s.s in cui si avevano difficoltà nel fluire delle acque (morte).

I sedimenti si AES 8 nel nostro caso sono frutto della dinamica deposizionale che ha coinvolto il torrente Idice.

Il Subsistema di Ravenna poggia con contatto concordante (in alcuni tratti erosivo) e disconforme sul Subsistema di Villa Verrucchio (AES7) Le indagini hanno incontrato (ed in qualche caso superato) il limite inferiore di AES8 che è posizionato a profondità comprese tra i 10.4 m ed i 19.4 m (area NE) con media attorno ai 12.0 m (vedi anche sezione 014 pubblicata nel sito RER della Difesa del Suolo di cui in fig. 4.2 si riporta un estratto). I sedimenti di AES 7 in questa zona sono costituiti da sabbia ghiaiosa fino a sabbia e sono da attribuire ad antichi tracciati geneticamente legati all'odierno torrente Savena.

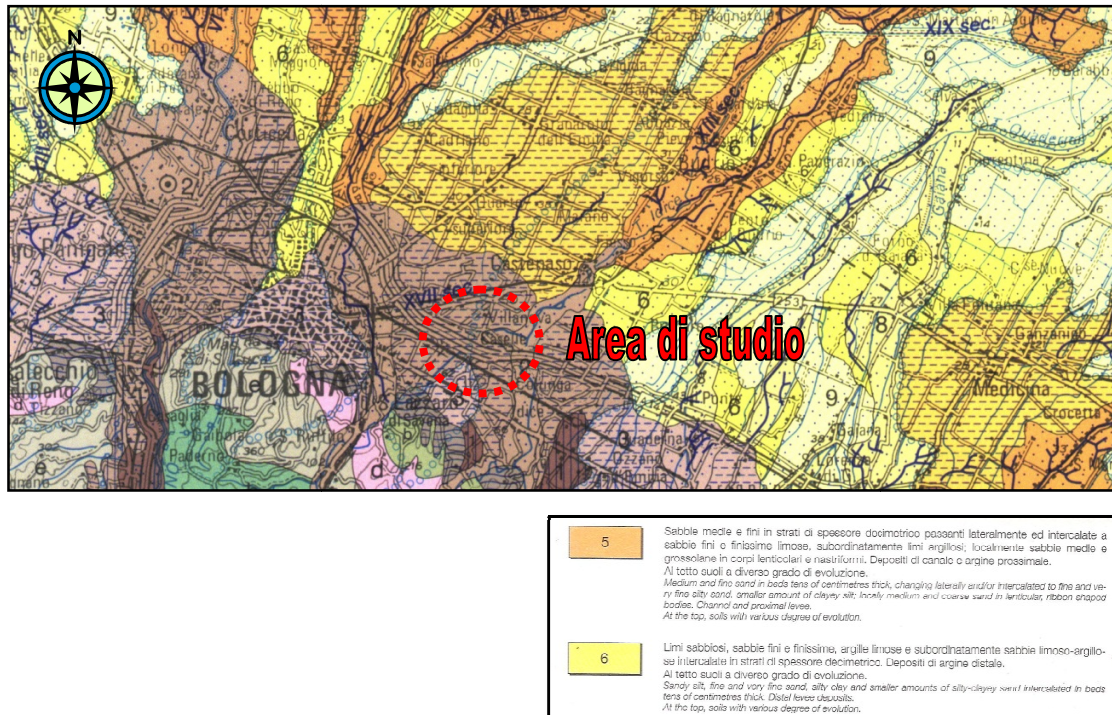


*Figura 4.1 – Estratto dalla Sezione 014 pubblicata dalla RER alla scala 1:1000 con scala verticale aumentata di 50x (Fonte sito RER)*

#### Legenda

	ghiaie prevalenti	S14	sondaggio progetto CARG
	sabbie prevalenti	● 3.4	datazione radiometrica $^{14}\text{C}$ espressa in ka
	limi e argille ricche in sostanze organiche		POZZI E CAROTAGGI
	limiti UBSU		argille e limi prevalenti
			sabbie prevalenti
			ghiaie prevalenti

Per quanto riguarda la situazione geologica locale, i dati bibliografici evidenziano (Figura 4.3) come l'area di studio, in prossimità dell'abitato di Villanova sia caratterizzata da depositi di conoide mediana in cui si possono trovare depositi di canale, argine ed in percentuale minore di intercanale variamente interdigitali tra loro. Il sedimento prevalente può variare da zona a zona passando da siti in cui prevalgono argille con sottili strati di limo sabbioso e sabbia (p.es CPT2 e CPT3) a siti in cui si hanno quasi esclusivamente sabbia e sabbia ghiaiosa (p.es CPTu 1 e CPTu 4) con la frazione fine e finissima fortemente subordinata.. I depositi delle unità pedostratigrafiche sono di tipo maturo con un fronte di alterazione > 1 mt (150 - 200 cm).



*Figura 4.3. Stralcio carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna - scala 1:250.000 (Preti et alii 1999)*

I dati relativi alla successione indagata sono stati restituiti ed elaborati mediante un programma di elaborazione elettronica (Static Probing) che, utilizzando il rapporto di Begemann (per le prove CPT) e la teoria proposta da Robertson (per le CPTu), ha consentito di interpretare le litologie incontrate lungo le verticali di indagine.

Le verticali di indagine sono state così suddivise secondo un criterio litologico che ha portato, montando le prove su 3 profili topografici, alla definizione di 3 sezioni litologiche (appendice 3).

La sezione n°1 mostra che la parte a S (CPTu1) è interessata da sabbia e sabbia ghiaiosa per tutta la profondità indagata; l'addensamento di questi tipi litologici porta rapidamente a rifiuto all'avanzamento. Le prove CPT2 e CPT3 mostrano invece la prevalenza di terreni a tessitura fine e finissima in cui si hanno pochi e discontinui strati limoso sabbiosi e sabbiosi.

La Sezione 2 mostra la tendenza inversa con i sedimenti grossolani posti nella parte N del sito (CPTu 4) e la parte centrale e meridionale che mostrano alternanza da pluri decimetrica a metrica di

tipi litologici coesivi ed incoerenti. Entrambe le prove CPT5 e CPTu6 terminano con sabbia molto addensata e a luoghi ghiaiosa con il tetto posto a circa – 12.2 m dal p.c.

La sezione 3 è costituita dalle sole prove CPT 7 e CPT 8. Anche in questo caso si rilevano alteranze di terreni a tessitura fine e finissima con terreni a tessitura più grossolana in strati da pluridimetrisici a metrici con percentuali di spessore circa paritarie. Le prove terminano su uno strato sabbioso ghiaioso molto addensato posto a profondità rispettivamente di 10.4 m e 11.4 m da p.c. attuale. La frazione fine e finissima vede in alcuni strati (al massimo decimetrici) una elevata percentuale di materia organica

Dall'esame di quanto illustrato in precedenza si possono formulare le seguenti osservazioni:

- La successione indagata può essere distinta in due settori principali: il primo che va da p.c. fino a profondità comprese tra - 10.4 m da p.c. e -19.4 m da p.c. con trend di inspessimento da O verso E costituito da una elevata variabilità dei terreni sia in senso laterale che verticale; il secondo di cui non è stato rilevato il letto o per raggiunto limite di perforazione (20 m) o per raggiungimento del rifiuto all'avanzamento dell'attrezzatura di perforazione costituito da sabbia e sabbia ghiaiosa che diviene meno addensata man mano che si procede verso NE.
- Le prove CPTu 1 e CPTu 4 hanno incontrato terreni quasi esclusivamente sabbiosi e sabbioso ghiaiosi attribuibili a un ambiente di canale in senso stretto; dalla distribuzione delle prove si può ipotizzare una direzione di flusso da SSE verso NNO in accordo con un possibile corso del torrente Idice; dati in possesso dello Scrivente indicano che questo tracciato si trova anche più a valle in località Marano (ghiaia a – 14.0 m di profondità) da cui procedeva in direzione NNE.
- Come indicato in precedenza le prove hanno incontrato un corpo sabbioso e sabbioso ghiaioso a profondità variabile tra i 10.4 m ed i 19.4 m con un andamento del tetto che si innalza verso la parte O dell'area di indagine. Questo corpo sabbioso ghiaioso può essere attribuito, ad un antico tracciato del torrente Savena
- La falda è stata rilevata a profondità costante di – 4.0 m ad estrazione delle aste di perforazione (luglio 2016) mentre rilevazioni successive nei tubi piezometrici lasciati nelle CPTu1, CPT 3 e CPT 8 hanno evidenziato un livello statico compreso tra – 3.50 m nella CPTu 1 e – 4.01 m nella CPT 2.

Nelle tabelle 4.1 ÷ 4.8 si forniscono le stratigrafie di dettaglio mentre in allegato 1 si forniscono i dati di campagna delle CPTu; in appendice 1 i grafici e le valutazioni litologiche delle CPTu. In appendice 2 i dati di campagna, i grafici e le valutazioni litologiche delle CPT; in appendice 3 le sezioni litologiche derivate dall'interpretazione dei dati.

PROVA ... Nr.1

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso Immobiliare srl

Strumento utilizzato: TECNO PENTA TP CPL2IN

Falda: - 4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 15/07/2016

Profondità prova: 7.80 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato		qc	fs	Descrizione	FC	Dr
	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		%	%
1	0.00	0.36	0.90	0.06	Preforo		
2	0.36	0.64	72.20	1.07	Sabbia limosa	16.03	93.73
3	0.64	1.00	81.36	4.14	Limo argilloso estrem. consistente	29.83	
4	1.00	1.22	82.53	1.80	Sabbia limosa	18.54	83.56
5	1.22	2.64	35.10	0.25	Limo sabbioso	19.79	50.38
6	2.64	4.16	55.30	0.23	Sabbia limosa	11.27	54.62
7	4.16	4.58	86.81	0.31	Sabbia	6.64	64.21
8	4.58	4.82	53.69	0.22	Sabbia limosa	11.35	49.91
9	4.82	6.42	86.52	0.26	Sabbia	6.23	61.79
10	6.42	6.64	67.93	0.37	Sabbia limosa	10.68	53.43
11	6.64	7.80	163.43	0.76	Sabbia	3.55	77.28

Tabella 4.1 – Stratigrafia di dettaglio prova n°1.

PROVA ... Nr.2

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Falda: - 4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 15/07/2016

Profondità prova: 20,00 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato		Descrizione	qc	fs
	m	m		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	0.00	0.40	Argilla limosa	37.14	1.64
2	0.40	0.80	Argilla molto consistente	47.64	3.70
3	0.80	1.60	Argilla molto consistente	24.75	1.85
4	1.60	2.80	Sabbia	41.53	0.75
5	2.80	3.20	Limo sabbioso	34.48	1.00
6	3.20	3.40	Argilla consistente	14.55	0.73
7	3.40	4.20	Argilla limosa	16.09	0.64
8	4.20	4.40	Argilla molto consistente	13.69	0.80
9	4.40	5.20	Argilla limosa	14.73	0.45
10	5.20	5.60	Argilla mediamente consistente	11.33	0.47
11	5.60	5.80	Sabbie	22.83	0.20
12	5.80	6.20	Argilla consistente	16.40	0.70
13	6.20	6.40	Argilla molto consistente	15.97	1.07
14	6.40	7.00	Argilla consistente	14.30	0.64
15	7.00	7.20	Sabbia sciolta	11.10	0.20
16	7.20	7.60	Argilla mediamente consistente	11.10	0.44
17	7.60	8.00	Argilla consistente	12.60	0.70
18	8.00	8.40	Argilla consistente	13.24	0.57
19	8.40	9.60	Argilla consistente	14.48	0.83
20	9.60	10.40	Argilla molto consistente	25.20	1.32
21	10.40	11.20	Argilla consistente	15.31	0.93
22	11.20	12.40	Argilla consistente	17.37	0.93
23	12.40	13.20	Argilla molto consistente	25.33	1.49
24	13.20	13.40	Argilla molto consistente	25.93	2.67
25	13.40	14.00	Sabbia addensata	99.26	1.20
26	14.00	14.60	Argilla limosa	37.07	1.71
27	14.60	15.00	Sabbia	64.07	1.14
28	15.00	15.20	Limo sabbioso	39.21	0.87
29	15.20	15.40	Argilla molto consistente	32.21	2.80
30	15.40	15.60	Argilla limosa	32.21	1.07
31	15.60	17.40	Argilla molto consistente	21.46	1.15
32	17.40	18.80	Argilla molto consistente	30.85	1.58
33	18.80	19.00	Argilla molto consistente	22.62	2.27
34	19.00	19.20	Argilla limosa	52.76	2.87
35	19.20	19.40	Argilla limosa	35.76	1.33
36	19.40	19.60	Limo sabbioso	66.76	1.80
37	19.60	20.00	Limo sabbiose	42.26	1.04

Tabella 4.2 – Stratigrafia di dettaglio prova n°2.



PROVA ... Nr.3

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Falda: - 4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 15/07/2016

Profondità prova: 20.00 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato		Descrizione	qc	fs	Dr%
	m	m		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	
1	0.00	0.60	Limo sabbioso	71.14	1.75	95.5
2	0.60	1.20	Argilla molto consistente	60.52	4.31	
3	1.20	2.00	Argilla molto consistente	26.78	2.72	
4	2.00	2.80	Argilla limosa	33.66	1.49	
5	2.80	3.20	Argilla molto consistente	19.98	1.20	
6	3.20	3.40	Sabbia	20.55	0.40	26.4
7	3.40	4.20	Argilla molto consistente	23.34	1.28	
8	4.20	5.00	Limo sabbioso	20.69	0.54	23.02
9	5.00	5.80	Argilla consistente	18.08	0.77	
10	5.80	6.00	Sabbia	35.83	0.40	36.8
11	6.00	6.80	Argilla consistente	15.47	0.67	
12	6.80	7.80	Argilla consistente	10.47	0.53	
13	7.80	8.00	Argilla organica	14.10	1.13	
14	8.00	9.20	Argilla consistente	15.60	0.91	
15	9.20	9.60	Argilla limosa	18.88	0.77	
16	9.60	9.80	Argilla organica	14.38	1.07	
17	9.80	10.80	Argilla molto consistente	23.89	1.45	
18	10.80	12.20	Argilla molto consistente	15.94	1.02	
19	12.20	13.80	Argilla molto consistente	29.61	1.88	
20	13.80	14.00	Argilla limosa	31.93	1.33	
21	14.00	14.20	Argilla consistente	16.07	0.93	
22	14.20	14.40	Limo sabbioso	38.07	1.00	30.19
23	14.40	14.80	Argilla limosa	24.07	0.97	
24	14.80	15.20	Argilla molto consistente	23.14	1.33	
25	15.20	15.40	Limo sabbioso	33.21	0.80	25.53
26	15.40	15.80	Argilla limosa	20.71	0.83	
27	15.80	16.00	Limo sabbioso	28.21	0.87	20.45
28	16.00	17.40	Argilla molto consistente	19.24	1.09	
29	17.40	17.60	Argilla limosa	17.48	0.53	
30	17.60	17.80	Argilla molto consistente	22.48	1.47	
31	17.80	19.40	Argilla molto consistente	30.14	1.72	
32	19.40	20.00	Sabbia	45.76	0.76	31.69

Tabella 4.3 – Stratigrafia di dettaglio prova n°3

PROVA ... Nr.4

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso Immobiliare srl

Strumento utilizzato: TECNO PENTA TP CPL2IN

Falda: - 4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 16/07/2016

Profondità prova: 5,98 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato		qc	fs	Descrizione	FC	Dr
	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		%	%
1	0.00	0.38	5.05	0.05	Preforo		
2	0.38	0.60	42.59	0.45	Sabbia limosa	19.52	76.28
3	0.60	0.90	47.50	1.95	Limo argilloso	33.59	
4	0.90	1.70	47.98	0.50	Sabbia limosa	18.31	64.23
5	1.70	2.44	21.98	0.58	Limo argilloso	41.03	
6	2.44	2.86	65.44	0.30	Sabbia limosa	11.29	62.71
7	2.86	3.40	117.78	0.55	Sabbia	5.69	76.84
8	3.40	3.88	44.48	0.53	Sabbia limosa	20.71	46.88
9	3.88	4.14	48.27	0.34	Sabbia limosa	15.87	47.82
10	4.14	4.22	24.83	0.88	Limo argilloso	44.10	
11	4.22	5.34	54.38	0.32	Sabbia limosa	13.98	49.81
12	5.34	5.78	68.17	0.27	Sabbia	8.91	54.92
13	5.78	5.98	129.74	0.45	Sabbia	4.09	72.67

Tabella 4.4 – Stratigrafia di dettaglio prova n°4.

PROVA ... Nr.5

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Falda: - 4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 16/07/2016

Profondità prova: 14,60 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato		Descrizione	qc	fs	Dr%
	m	m		Kg/cm²	Kg/cm²	
1	0.00	0.20	Argilla limosa	0.00	1.20	
2	0.20	1.20	Argilla molto consistente	40.17	3.05	
3	1.20	2.00	Argilla molto consistente	32.28	2.35	
4	2.00	2.20	Argilla limosa	26.41	1.13	
5	2.20	2.40	Argilla limosa	34.41	1.33	
6	2.40	2.80	Argilla molto consistente	27.41	1.43	
7	2.80	3.20	Limo sabbioso	24.98	0.64	35,87
8	3.20	3.40	Argilla molto consistente	17.55	1.07	
9	3.40	4.60	Sabbia	44.95	0.84	50,07
10	4.60	4.80	Argilla limosa	40.69	1.60	
11	4.80	5.00	Argilla molto consistente	14.69	0.67	
12	5.00	5.20	Sabbia	26.83	0.40	33,08
13	5.20	5.60	Argilla molto consistente	37.33	2.27	
14	5.60	5.80	Argilla limosa	56.83	2.13	
15	5.80	6.20	Sabbia molto densa	292.90	1.20	99,27
16	6.20	6.80	Limo sabbioso	103.64	3.33	68,79
17	6.80	7.40	Sabbia molto densa	230.39	2.62	90,44
18	7.40	9.80	Argilla consistente	13.09	0.73	
19	9.80	10.20	Argilla limosa	18.95	0.77	
20	10.20	10.40	Argilla molto consistente	17.52	1.00	
21	10.40	10.60	Argilla organica	12.52	1.40	
22	10.60	11.20	Limo sabbioso	28.57	0.73	26,67
23	11.20	11.60	Argilla consistente	11.16	0.54	
24	11.60	12.00	Argilla limosa	22.16	0.70	
25	12.00	12.20	Argilla organica	14.79	2.00	
26	12.20	13.80	Sabbia molto densa	145.36	2.28	70,84
27	13.80	14.00	Argilla organica	10.93	2.93	
28	14.00	14.60	Sabbia molto densa	318.07	2.04	91,93

Tabella 4.5 – Stratigrafia di dettaglio prova n°5.

PROVA ... Nr.6

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova; Castenaso Immobiliare.

Strumento utilizzato: TECNO PENTA TP CPL2IN

Falda: - 4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 16/07/2016

Profondità prova: 12,70 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato		qc	fs	Descrizione	FC	Dr
	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		%	%
1	0.00	0.46	0.15	0.04	Preforo		
2	0.46	0.90	52.37	1.15	Sabbia limosa	23.60	5.00
3	0.90	1.48	36.18	1.34	Limo argilloso	36.93	
4	1.48	1.62	25.72	1.33	Argilla limosa	48.20	
5	1.62	1.74	35.58	1.18	Limo argilloso	35.67	
6	1.74	2.18	61.13	0.90	Sabbia limosa	18.52	66.34
7	2.18	2.40	42.93	1.76	Limo argilloso	35.87	
8	2.40	2.82	47.22	0.82	Limo sabbioso	23.60	54.41
9	2.82	3.06	23.14	0.86	Limo argilloso	45.90	
10	3.06	4.78	12.60	0.46	Argilla deb.limosa	58.07	
11	4.78	6.52	10.02	0.47	Argilla	68.93	
12	6.52	6.94	5.57	0.37	Argilla organica	97.51	
13	6.94	7.16	8.94	0.21	Argilla	62.51	
14	7.16	7.34	16.77	0.38	Limo argilloso	47.45	
15	7.34	7.82	49.80	0.38	Sabbia limosa	16.85	45.05
16	7.82	9.86	7.95	0.31	Argilla	75.04	
17	9.86	10.08	17.18	0.33	Limo argilloso	40.93	
18	10.08	10.74	11.81	0.39	Argilla	59.65	
19	10.74	11.02	21.69	0.40	Limo argilloso	38.83	
20	11.02	11.14	35.56	0.46	Limo sabbioso	25.24	32.01
21	11.14	11.48	26.13	0.39	Limo argilloso	34.39	
22	11.48	11.78	11.11	0.31	Limo argilloso	61.27	
23	11.78	12.22	44.88	0.41	Argilla	21.58	
24	12.22	12.44	71.94	0.50	Limo sabbioso	12.11	37.72
25	12.44	12.52	26.55	0.97	Sabbia limosa	43.83	50.78
26	12.52	12.70	167.38	0.71	Sabbia	5.23	74.47

Tabella 4.6 – Stratigrafia di dettaglio prova n°6

PROVA ... Nr.7

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Falda: -4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 16/07/2016

Profondità prova: 12.40 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato	Descrizione	qc	fs	Dr%
m	m		Kg/cm²	Kg/cm²	
1	0.00	0.20 Sabbia sciolta	9.14	0.13	54.98
2	0.20	0.60 Argilla organica	13.14	1.67	
3	0.60	1.00 Argilla molto consistente	46.14	3.50	
4	1.00	1.60 Argilla molto consistente	30.95	3.02	
5	1.60	1.80 Argilla limosa	44.28	2.00	
6	1.80	2.00 Limo sabbioso	62.28	1.33	66.10
7	2.00	2.20 Argilla limosa	51.41	2.80	
8	2.20	2.80 Sabbia	67.08	1.24	64.30
9	2.80	3.20 Argilla limosa	42.48	2.17	
10	3.20	3.40 Limo sabbioso	29.55	0.73	37.04
11	3.40	3.80 Argilla limosa	29.05	1.30	
12	3.80	4.20 Argilla organica	12.62	0.90	
13	4.20	4.40 Sabbia	42.69	0.53	44.50
14	4.40	5.60 Argilla consistente	16.09	0.79	
15	5.60	6.20 Argilla mediamente consistente	8.54	0.31	
16	6.20	7.00 Sabbia	64.47	1.23	52.97
17	7.00	7.20 Argilla limosa	44.10	1.87	
18	7.20	7.80 Argilla organica	13.43	0.96	
19	7.80	8.00 Argilla organica	13.10	1.33	
20	8.00	8.40 Argilla consistente	11.24	0.60	
21	8.40	8.60 Argilla organica	7.24	1.47	
22	8.60	8.80 Limo sabbioso	31.24	0.80	29.92
23	8.80	9.80 Argilla mediamente consistente	9.55	0.45	
24	9.80	10.00 Argilla organica	10.38	1.93	
25	10.00	10.20 Limo sabbioso	18.52	0.53	13.75
26	10.20	10.40 Argilla molto consistente	29.52	1.73	
27	10.40	10.80 Sabbia	75.52	1.17	53.20
28	10.80	11.00 Argilla molto consistente	52.52	4.80	
29	11.00	12.40 Sabbia addensata	231.13	2.08	83.91

Tabella 4.7 – Stratigrafia di dettaglio prova n°7.



PROVA ... Nr.8

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Falda: - 4.0 m da p.c.

Prova eseguita in data: 16/07/2016

Profondità prova: 13.40 mt

Località: Villanova di Castenaso

Strato	Prof. Strato		Descrizione	qc	fs	Dr%
	m	m		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	
1	0.00	0.20	Limo sabbioso	42.14	1.13	96.23
2	0.20	2.20	Argilla molto consistente	23.44	1.81	
3	2.20	2.60	Limo sabbioso	63.91	1.40	63.53
4	2.60	3.00	Argilla limosa	60.91	2.64	
5	3.00	3.20	Limo sabbioso	67.55	2.07	61.29
6	3.20	3.40	Argilla limosa	48.55	2.00	
7	3.40	3.60	Limo sabbioso	41.55	1.33	45.68
8	3.60	4.00	Argilla limosa	39.55	1.77	
9	4.00	4.20	Sabbia	37.69	0.47	41.00
10	4.20	4.40	Argilla limosa	38.69	1.40	
11	4.40	4.80	Limo sabbioso	35.69	0.87	38.60
12	4.80	5.00	Argilla limosa	40.69	2.00	
13	5.00	5.40	Sabbia	53.83	0.27	49.34
14	5.40	5.60	Argilla organica	13.83	0.93	
15	5.60	6.20	Sabbia	25.54	0.27	27.21
16	6.20	6.40	Argilla organica	6.97	0.60	
17	6.40	7.40	Sabbia	94.22	1.03	63.06
18	7.40	7.60	Argilla molto consistente	21.10	1.33	
19	7.60	8.40	Argilla limosa	15.42	0.48	
20	8.40	9.00	Argilla consistente	13.57	0.82	
21	9.00	9.20	Sabbia sciolte	9.38	0.13	5.00
22	9.20	9.60	Argilla consistente	12.88	0.64	
23	9.60	10.00	Argilla limosa	13.38	0.44	
24	10.00	10.20	Argilla limosa	11.52	0.40	
25	10.20	10.80	Argilla organica	12.52	0.82	
26	10.80	11.00	Argilla limosa	29.52	1.00	
27	11.00	11.20	Limo sabbioso	76.66	1.67	52.87
28	11.20	11.40	Argilla limosa	78.66	3.33	
29	11.40	12.00	Sabbia addensate	138.33	1.44	69.02
30	12.00	12.60	Limo sabbioso	51.12	1.22	
31	12.60	13.40	Sabbia addensate	291.36	4.13	88.95

Tabella 4.8 – Stratigrafia di dettaglio prova n°8

## 5.0 Inquadramento Geomorfologico ed Idrogeologico

L'area oggetto di indagine è posta ad una quota media di 48.5 m slm; in base alla sua posizione rispetto al margine sollevato della Catena appenninica, al tracciato dei corsi d'acqua principali, al rapporto del loro letto con il livello della pianura ed alla presenza o meno di arginature si può inserire l'area in un paesaggio di alta pianura

Prendendo in considerazione le quote inserite entro la CTR ricordata in fig 3.1 si è tentato di ricostruire il microrilievo in un intorno significativo dell'area oggetto di studio; il risultato è presentato in fig 5.1

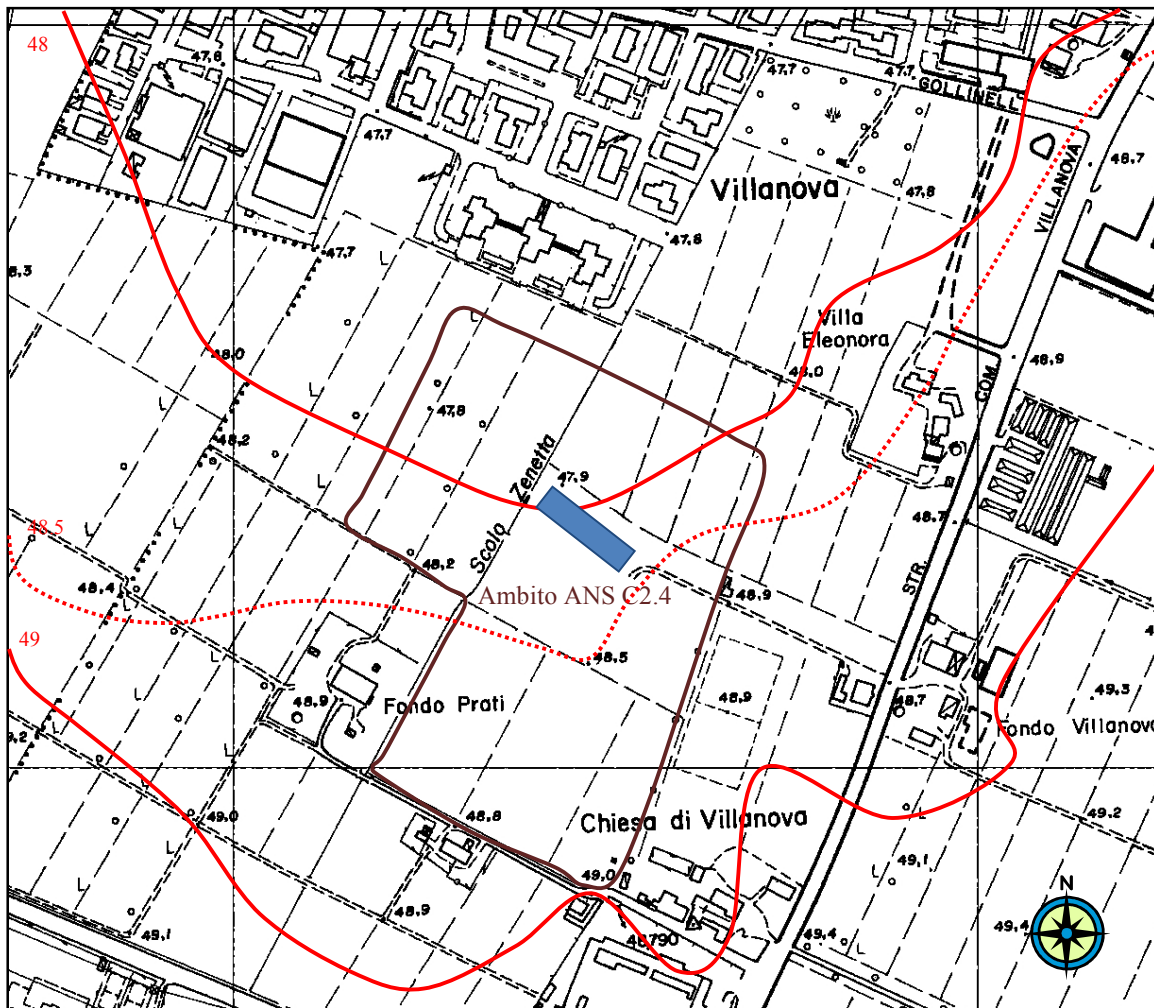


Figura 5.1. Carta del micro rilievo- Estratto dalla CTR Elemento 221104 – Villanova scala 1:5.000

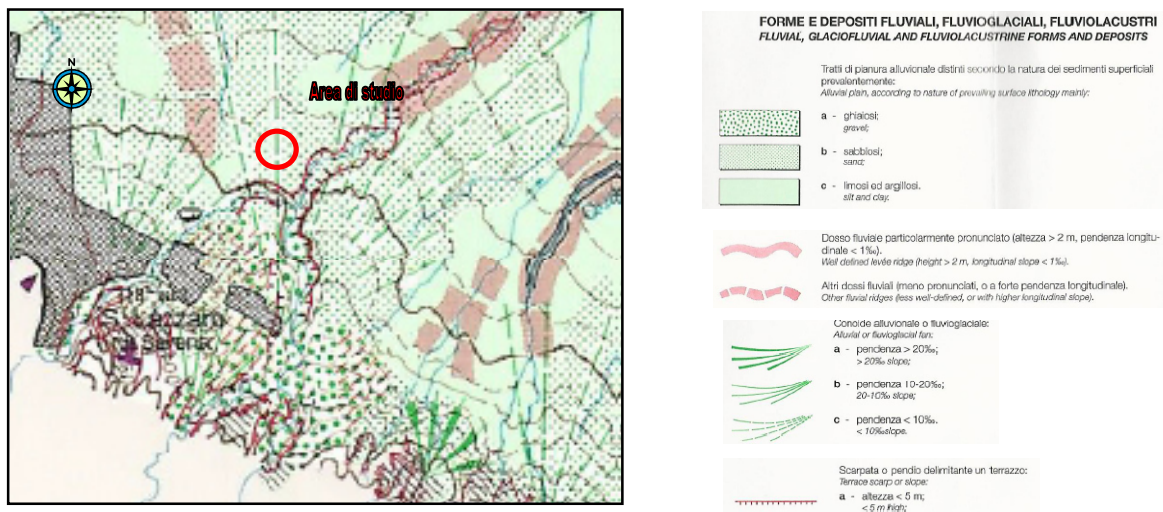
L'esame del risultato porta a formulare le seguenti osservazioni:

- Il trend generale di andamento delle curve di livello indica la presenza di una depressione che ha il suo minimo sull'asse dell'attuale scolo Zenetta.



- La isoipsa di quota 49 mostra due ondulazioni in prossimità della chiesa di Villanova che potrebbero essere interpretate (in particolar modo la più orientale in quanto continua, anche se in maniera più blanda, anche nella quota 48.5) come resti relitti di antichi canali di rotta

Dall'esame delle foto aeree pubblicate da Google Earth a partire dal 2003 nell'area in esame, forse a causa della sempre intensa attività agricola, non si rilevano particolari evidenze di strutture sub-superficiali che comunque sono visibili nelle aree limitrofe.



*Figura 5.3. Stralcio Carta geomorfologica Pianura Padana scala 1: 250.000 ingrandita alla scala 1:100.000*

Dall'interpretazione della carta geomorfologica della Pianura Padana di cui si riporta un estratto in fig. 5.3) può notare come il sito in esame insista su un ambiente caratterizzato da dinamiche esclusivamente fluviali con la formazione di aree che, ad una forma generalmente improntata su di una superficie conica, presentano locali ondulazioni che portano a generare zone allungate e strette probabile segno di tracciati fluviali relitti. Nella fattispecie si può verificare che nella zona di Castenaso – Villanova e pianura immediatamente a N sono presenti due di queste forme che interferiscono tra loro fino ad impedire il riconoscimento sicuro della genesi dei sedimenti (Savena ? Idice?). L'area in oggetto presenta queste caratteristiche anche in profondità con un pacco di sedimenti sabbioso limosi superficiali che indicano direzioni di flusso, in base ad una analisi della distribuzione degli spessori, di probabile derivazione da tracciati relitti del torrente Idice. Nella parte più profonda si nota invece la presenza di sedimenti più grossolani e maggiormente addensati riferibili, in base alla forma del tetto delle ghiaie, a direzioni più confacenti al torrente Savena.

I tracciati di questi due corsi d'acqua possono essere stati sub paralleli ed a breve distanza l'uno dall'altro in epoca pre romana (> 2500 anni fa) perché successivamente sono sempre stati separati con Idice che non ha mai cambiato, in questa zona, il proprio tracciato e il torrente Savena che seguiva un corso avente direzione SSE – NNO (Viale Lenin, Sant'Antonio di Savena, Via Stalingrado, Cà de Fabbri – Altedo).

Durante il XVII<sup>o</sup> sec. il Savena fu deviato in Idice in quanto quest'ultimo non garantiva la portata minima per il funzionamento dei numerosi mulini che sorgevano lungo il suo tracciato.

Tale situazione persiste ancora oggi.

La falda freatica nel comparto dovrebbe avere una direzione circa SE – NO ed una soggiacenza da – 3.00 m a – 3.50 m rispetto al piano di campagna attuale, come riportato nelle carte delle isofreatiche allegate sia al PRG del Comune di Castenaso (1993) a cura dello Scrivente che al Quadro Conoscitivo del PSC in forma associata “Associazione Valle dell’Idice” (2008) a cura dello Studio di geologia del Dott. Geol. Giovanni Viel; di quest’ultimo elaborato si riporta un estratto in fig. 5.4

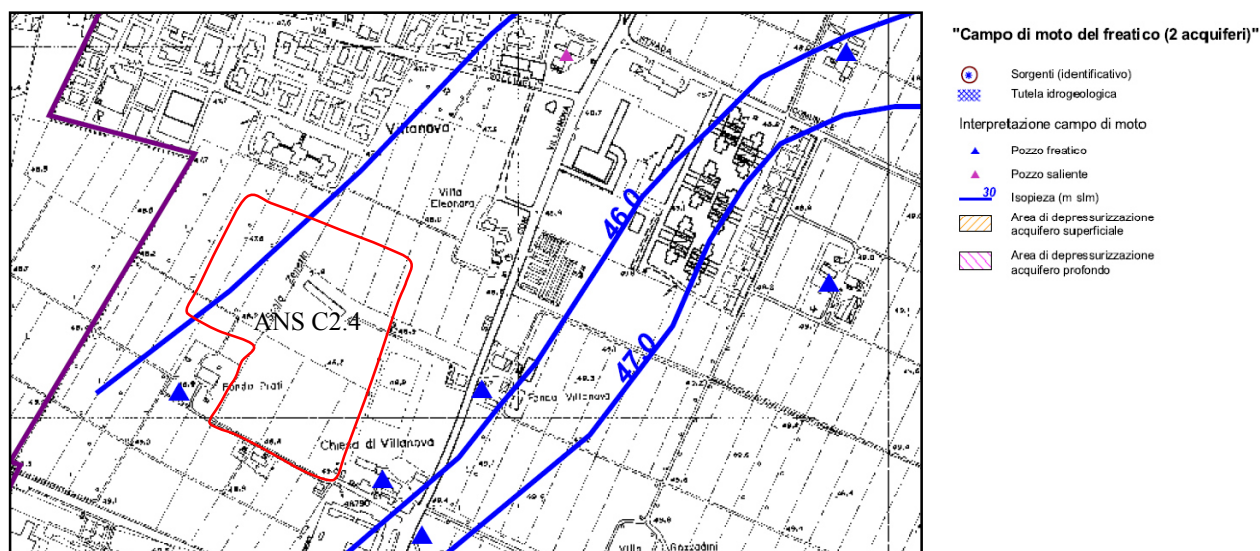


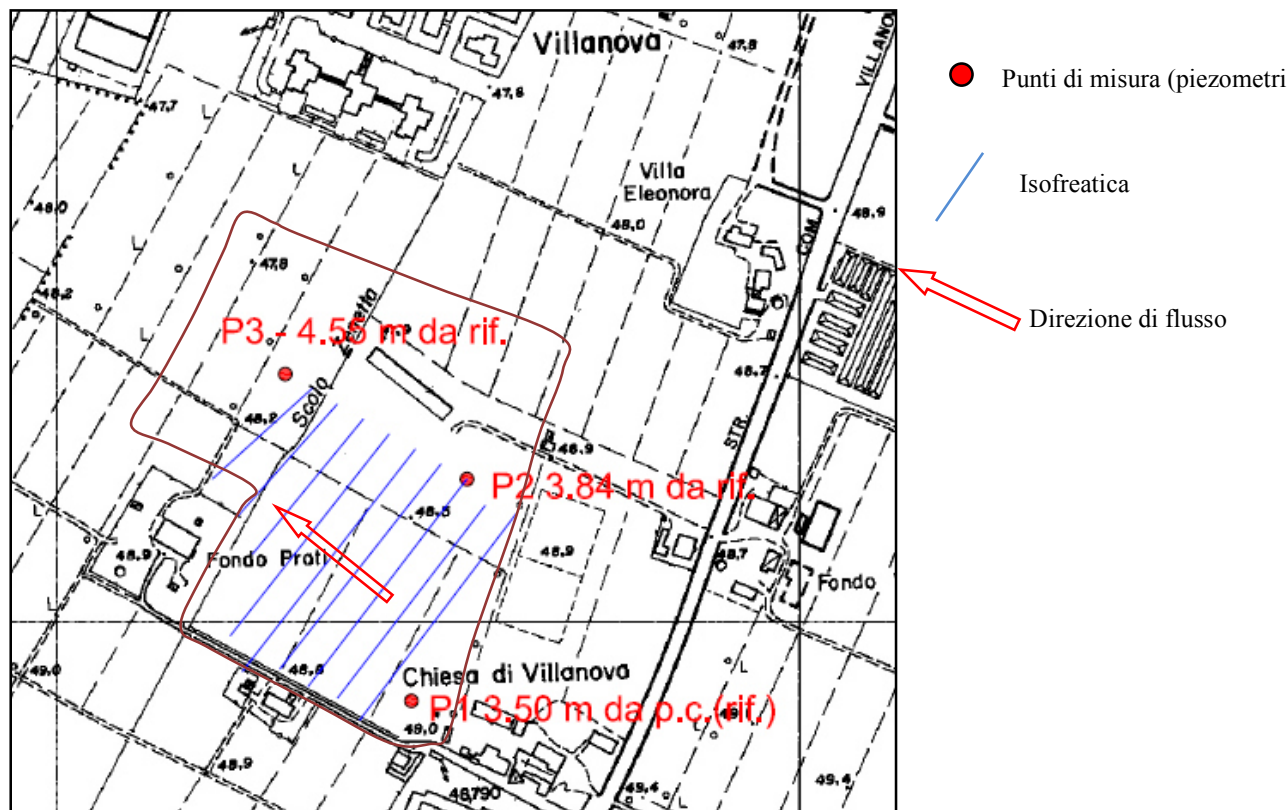
Figura 5.4. Estratto dalla Carta Idrogeologica Ca.B.1.2 allegata al Quadro Conoscitivo del PSC in forma associata “Associazione Valle dell’Idice) in scala 1:10.000 a cura dello Studio geologico del Dott.Geol. Giovanni Viel.

Per verificare i dati proposti nella Carta Idrogeologica citata sono stati inseriti nei fori di prova n°3 piezometri tipo Norton e successivamente, dopo aver rilevato il livello relativo del terreno, è stata svolta una campagna di rilievo della falda; i risultati sono riportati in tabella 5.1

Letture Piezometriche			
	06/07/2016	15/12/2016	15/03/2017
	m	m	m
P1	3.50	3.65	3.50
P2	3.64	3.85	3.57
P3	3.93	4.01	3.88
N.B. Letture da p.c.			

Tabella 5.1 – Letture piezometriche

In Fig 5.5 si è tentato di ricostruire l’andamento della falda con le letture del 06/07/2016 sia la direzione di flusso che la soggiacenza si possono ben confrontare con quelle riportate nella Carta idrogeologica di Fig. 5.4



*Figura 5.5. Carta Idrogeologica del Comparto ANS C2.4 ricostruita per interpolazione lineare su base CTR scala 1:5.000 – Le quote sono riferite al piezometro n°1*

La permeabilità degli strati superficiali è variabile a seconda dei tipi litologici rilevati, così nelle CPT 3 e CPT 5 la permeabilità sarà da molto bassa (dell'ordine di  $10^{-8}$  m/s) al contrario di tutte le altre prove in cui il primo strato di terreno è a permeabilità medio alta (sull'ordine dai  $10^{-3}$  m/s ai  $10^{-5}$  m/s). Tuttavia mentre nelle prove CPT2, CPTu6, CPT7 e CPT8 al di sotto dello strato permeabile abbiamo uno strato metrico di argilla (bassa e bassissima permeabilità), nelle prove CPTu 1 e CPTu 4 lo strato permeabile interessa tutto lo spessore indagato.

Dal punto di vista idraulico l'area vede come elementi principali più prossimi all'area il torrente Savena e Il torrente Idice che scorrono a circa 1 km a S (il torrente Savena) e a circa 1 km a E ( il torrente Idice). Per quello che riguarda lo scolo delle acque di gronda dei campi entro l'area si rileva la presenza dell'inizio dello scolo Zenetta. L'esame del PSAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno vede l'area al di fuori delle zone a rischio idraulico.

Dal punto di vista dell'amplificazione sismica derivata da fattori morfologici data la pendenza del terreno si può inserire l'area entro la categoria T1 tra quelle riportate entro il NTUC 2008.

## 6.0 Definizione della Zonizzazione Geotecnica

Per definire la zonizzazione geotecnica si utilizza lo stesso principi contenuto nella Relazione geologica allegata al PSC Associazione dei Comuni della Valle dell'Idice a firma del Dott. Geol. Giovanni Viel ed a cui si rimanda per la descrizione più approfondita del metodo.

In questa sede si vogliono solamente ricordare i principi fondamentali per questa classificazione; essa si basa sulla definizione della resistenza media alla punta di un penetrometro statico compresa negli intervalli tra 0,0 m ÷ 5,00 m e 5,00 m ÷ 10,00 m.

Questi intervalli sono significativi in quanto nel primo sono impostate la maggioranza delle strutture di fondazione degli edifici che utilizzano fondazioni superficiali e nel secondo si ha, per la stessa tipologia di edifici, viene a trovarsi il volume significativo del terreno reagente con il carico degli edifici nel quale si esauriscono la maggior parte dei cedimenti.

Le prove eseguite hanno fornito i seguenti risultati:

Definizione della Classe geotecnica del terreno			
	R <sub>p</sub>	R <sub>p</sub>	Classe
	0,0 m - 5,0 m	5,01 m - 10,0 m	
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
CPT <sub>u</sub> 1	53.12	R	D3
CPT 2	28.89	15.06	D3
CPT 3	34.93	16.06	D3
CPT <sub>u</sub> 4	50.18	R	D3
CPT 5	34.57	76.90	D3
CPT <sub>u</sub> 6	27.45	13.06	C
CPT 7	34.97	21.70	D3
CPT 8	38.05	34.46	D3

Tabella 6.1 – definizione della Classe di geotecnica del terreno

Come evidenziato nella tabella 6.1 i valori della resistenza alla punta elaborati dalle prove penetrometriche eseguite possono essere racchiusi nei seguenti casi:

- 1) CPT<sub>u</sub> 1, CPT<sub>u</sub> 4 e CPT 5 – La resistenza dei primi 5 metri è da elevata a molto elevata con quella dei cinque metri sottostanti il doppio (o più) rispetto alla prima.
- 2) CPT 8 – La resistenza dei primi 5 metri è elevata e comparabile con quella dei metri da 5 a 10
- 3) CPT 2 e CPT<sub>u</sub> 6 la resistenza dei primi 5 metri è da mediocre a buona con quella dei secondi 5 metri che è di valore metà rispetto a quella dei primi 5 metri.

Con queste caratteristiche si classificano i terreni dal punto di vista geotecnico nella classe “D3” per quei terreni che ricadono nelle aree di tutte le prove tranne che la prova CPT<sub>u</sub> 6 che ricade entro la categoria C

Si riporta, per completezza la descrizione completa delle classi di terreno richiamate in precedenza.



C = Zone caratterizzate da terreni dotati di qualità meccaniche da normali ( $1.000 < r_p < 1.500 \text{ kPa}$ ) a discrete ( $> 1.500 \text{ kPa}$ ) nel primo intervallo (fino a - 5 m dal p.c.), e da qualità scadente ( $r_p < 1.000 \text{ kPa}$ ) nel secondo strato. Sono aree edificabili con normali tecniche costruttive (fondazioni superficiali a "nastri" continui e legati), per insediamenti di normale impegno (edifici residenziali fino a due piani, con pressioni fino a 12 t/ml di fondazione). In questa zona di edificabilità, per alcuni comparti, possono presentarsi limitazioni legate all'interazione sedimenti-struttura, cioè ai cedimenti assoluti o differenziali ed all'entità delle pressioni di esercizio;

D = Zone dotate di terreni di qualità meccaniche da normali ( $1.000 < r_p < 1.500 \text{ kPa}$ ) a discrete ( $> 1.500 \text{ kPa}$ ) per entrambi gli strati considerati. In questa zona di edificabilità, le possibili variazioni di caratteristiche tra il primo ed il secondo intervallo possono essere molto grandi, tali da richiedere ulteriori suddivisioni in sottoclassi. Le due sottoclassi "D1", "D2", rappresentano rispettivamente un andamento del parametro meccanico ( $r_p$ ) vicino, rispettivamente, alle situazioni della classe "B", oppure della classe "C". L'edificabilità con normali tecniche costruttive è in genere assicurata, per questa classe. Nei casi in cui sono verificate caratteristiche meccaniche classificabili come classe "D1" o classe "D2", vi possono essere limitazioni anche per edifici di normale impegno o a causa dei cedimenti assoluti o differenziali, oppure alle pressioni di esercizio. La sottoclasse "D3", rappresenta le situazioni di distribuzione omogeneamente più che discreta ( $> 1.500 \text{ kPa}$ ) dei valori meccanici.



Figura 6.1. Classificazione geotecnica dell'area su foto aerea estratta dal sito Google Earth non in scala

## 7.0 Inquadramento Strutturale e Sismico

La convergenza tra la placca Europea e quella Africana produce nell'Appennino Settentrionale un pattern deformativo ed un'attività sismica molto complessi.

Il campo di stress attivo rivela la presenza di un settore tirrenico della catena in cui predomina un campo deformativi estensionale, mentre nel settore Adriatico prevale una compressione attiva.

Alcune teorie spiegano questa disposizione dei campi tensionali con la presenza di una zona di subduzione che si svilupperebbe in direzione SO portando il basamento dell'Appennino al di sotto del Tirreno creando un inarcamento al di sotto della Toscana (finestra tettonica delle Alpi Apuane) e la creazione di un cuneo di subduzione a tergo (catena Appenninica sollevata e sepolta).

In quest'ultimo settore, in cui si colloca l'Emilia – Romagna, evidenze geologiche, sezioni sismiche e studi morfotettonici, indicano infatti che la tettonica attiva sia generalmente caratterizzata dalla presenza di strutture compressive attive, come sovrascorrimenti e piegamenti (vedi sezione geologica riportata in fig. 7.1 – Estratto dalla Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna – Boccaletti e alii 2004 ed. SELCA).

L'analisi sismotettonica dell'Emilia – Romagna ha messo in evidenza come parte delle strutture individuate da profili sismici che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e di Ferrara.

A tali strutture (in particolare alla dorsale Ferrarese) possono essere associati i fenomeni di fagliazione superficiale osservati in alcune aree di Pianura Padana, nelle province di Reggio Emilia e Modena (Pellegrini & Mezzani, 1978).

Dall'analisi della Carta Strutturale edita dalla Regione Emilia Romagna si può verificare come l'abitato di Villanova sia delimitato a NE e a SO da strutture sepolte classificate come fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene – Pleistocene inferiore (4,5 Ma – 1 Ma); la struttura a SO costituisce un elemento strutturale classificato sovrascorrimento con riattivazioni a vergenza verso Nord e andamento generale SE NO (direzioni appenniniche).

A NE dell'area in oggetto si evidenzia un secondo lineamento sub parallelo al primo costituito da un sovrascorrimento generatosi con la fase pliocenica inferiore successivamente riattivato nel Quaternario. La direzione di tale linea è circa SSE – NNO ma in breve sia a SSE che NNO si incurva andando a formare un arco

Quanto indicato precedentemente si riflette sull'andamento del tetto del Pliocene tenuto in conto come bed rock (a meno di strati più superficiali con velocità delle onde sismiche di taglio  $> 600$  m/s ) si può notare infatti come questo si prolunghi sulla pianura, soprattutto nella quota di  $- 200$  (mslm)

Nell'estratto della Carta Sismotettonica fig. 7.2 (non in scala) si può inoltre notare come la successione stratigrafica costituita da depositi del Pliocene medio superiore, Messiniano superiore e Miocene siano attraversati da faglie Plio-quaternarie con vergenza N; risalta inoltre come la successione carbonatica mesozoica sia interessata da un sovrascorrimento post Pliocene medio.



## Legenda

### Strutture sepolte Buried structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo  
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsoil geological data

- Sovrascorrimento  
Thrust fault
- Anticlinale  
Anticline
- Sinclinale  
Syncline
- Fronti di accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica  
Meso-Cenozoic carbonates thrust front
- Fronte di accavallamento del basamento  
Basement thrust front

### Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)  
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data

Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)  
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)

- Sovrascorrimento di età Miocene-Pliocene inferiore successivamente riattivato  
Reactivated Miocene-Early Pliocene thrust fault
- Faglia trascorrente  
Strike-slip fault
- Faglia normale  
Normal fault
- Faglia con cinematica indeterminata  
Fault with undetermined kinematics
- Anticlinale  
Anticline
- Sinclinale  
Syncline

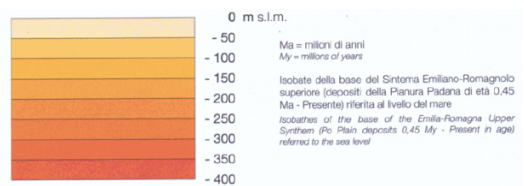
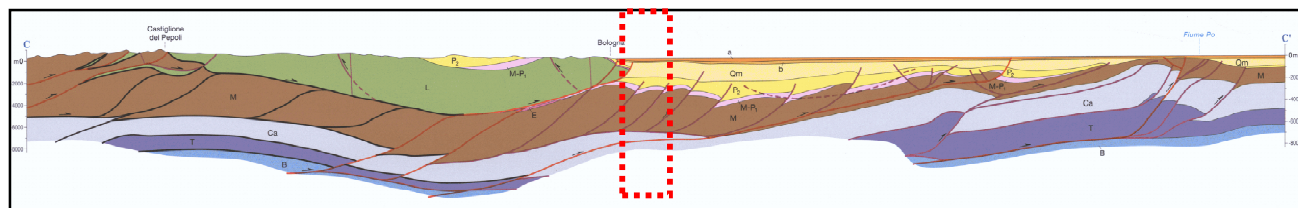
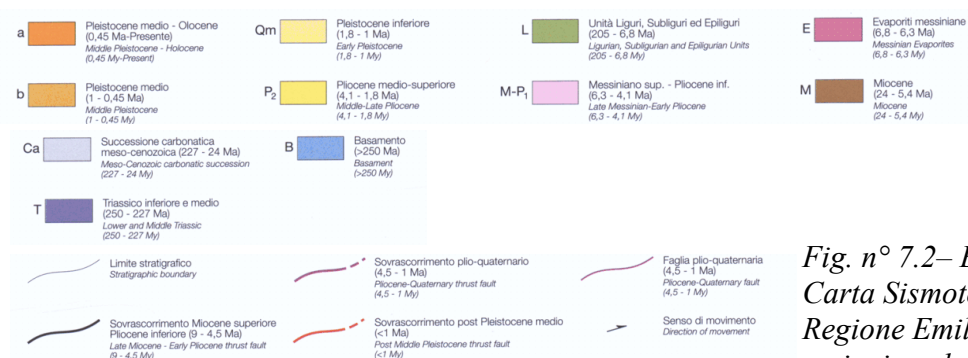


Fig. n°7.1— Estratto dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000 ingrandita alla scala 1:100.000





## Legenda



## Sezione indicativa

Fig. n° 7.2— Estratto dalla  
Carta Sismotettonica della  
Regione Emilia Romagna –  
sezioni geologiche – non in  
scala.

L'esame della carta Interattiva D.I.I.S. 3.0.2 mostra che il complesso delle linee descritte in precedenza va a formare una zona sismogenetica definita come ITCS 047 Castelvetro di Modena – Castel San Pietro Terme



Fig. n°7.3— Estratto dalla Carta Interattiva delle Sorgenti Sismogenetiche D.I.S.S. edita da  
INGV scala 1:200.000 (fonte sito internet INGV)

I cui parametri fondamentali sono:

#### ITCS 047

Parametric Information							
Parameter	Quality	Evidence					
Min depth [m]	2	OD	Based on geological data from various authors.				
Max depth [m]	8	OD	Based on geological data from various authors.				
Strike [deg]	85...135	OD	Based on geological data from various authors.				
Dip [deg]	20...40	OD	Based on geological data from various authors.				
Rake [deg]	80...100	EJ	Inferred from regional geological data.				
Slip Rate [mm/yr]	0.24...0.63	EJ	Based on geological data by Ponza et al. (2010)				
Max Magnitude	6	EJ	Based on geological data and analysis of regional seismicity.				
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;							

Questa sorgente sismogenica ha dato luogo nel tempo a sismi che da quanto riportato nei cataloghi dei sismi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostra una concentrazione sia di sismi di intensità intermedia ( $4.5 < M_w \leq 5.0$ ) che dannosi nei settori centrali e occidentali dell'area interessata da questa linea sismogenica.

I terremoti principali sono avvenuti (partendo da E verso O): il 3 Gennaio 1505 ( $M_w$  5.5, Bologna), 20 Aprile 1929 ( $M_w$  5.5, Bolognese), e 20 Luglio 1399 ( $M_w$  5.4, Modenese). Immediatamente a S dell'area ha avuto origine un evento il 6 Febbraio 1455 ( $M_w$  5.4, Bolognese).

#### 7.2 Inquadramento Sismico e determinazione dell'azione sismica di progetto

La regione Emilia – Romagna è interessata da una sismicità media relativamente a quella nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5 e 6.0 della scala Richter, e intensità del IX- X grado della scala MCS; il Comune di Castenaso è classificato nella categoria III<sup>+</sup> (bassa sismicità) entro la Classificazione dei Comuni Sismici d'Italia allegata all'OPCM 03/2003.

La struttura che potrebbe maggiormente interessare l'area oggetto di studio, sempre consultando la Carta edita dall'INGV è quella Classificata come ITCS 047 – Castelvetro di Modena – Castel San Pietro Terme che da evidenze storiche ha dato sismi di magnitudo  $M_w = 5.6$  ma che in seguito ad una recente revisione della Carta D.I.S.S. 3.2.0 è stata portata a  $M_w = 6.0$

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla 'pericolosità sismica di base del sito che costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche

Secondo quanto prescritto da NTUC per l'area analizzata deve essere stabilita dalla "pericolosità sismica di base" del sito che costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante specifiche analisi che fornissero la quantificazione della Velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di spessore ( $V_{s30}$ ) e la frequenza di risonanza tipica del terreno.

Tali scopi, come indicato nel paragrafo 1.0 e 2.0 sono stati ottenuti mediante rilievi geofisici con HVSR (indagine tromografica); i risultati sono riportati in allegato 4 e 5.

Dalle elaborazioni effettuate si è riscontrato che i terreni di fondazione ricadono entro la categoria C essendo caratterizzati da un valore  $V_{s30_1} = 206$  m/s ed un valore  $V_{s30_2} = 219$  m/s

Tale categoria è così definita nelle NTUC2008: “*depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180mt/sec e 360 mt/sec (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 \text{ kPa} < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$  nei terreni a grana fina)*”.

I fattori di amplificazione da utilizzare per la costruzione degli spettrogrammi di accelerazione, desunti dal DGR Emilia Romagna 2913/15 (vedi par. 1.0) saranno quelli previsti per il tipo morfologico PIANURA 2 e si riportano di seguito:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Tabella n.7.1 – Valori di amplificazione, relativi all’ambito Pianura 2.

La frequenza tipica del terreno rientra in entrambe le rilevazioni nella banda tra 0.72 Hz e 1.05 Hz, questo potrebbe dare problemi di risonanza ad edifici con un numero di piani maggiore di 16 – 25.

Inserendo nei dati di progetto i parametri che tengano conto del tipo di costruzione (costruzione di tipo 1 vedi tabella 2.4.1 del NTUC), della classe d’uso dell’opera (considerata di classe II – vedi tabella 2.4.II del NTUC) e dell’amplificazione derivata dalla topografica (categoria T1 – vedi tabella 3.2.IV del NTUC) si ottengono gli spettri di risposta sismica associati ai diversi stati limite; nel nostro caso si considerano gli SLO, SLV, SLD e SLC di cui si riportano in appendice 5 i grafici e le relative tabelle di calcolo elaborati al III^ livello di approfondimento..

Nelle tabelle 7.3 – 7.5 si riportano i dati derivati dal calcolo di II^ livello (necessari per eseguire l’elaborazione al III^) con i parametri sismici e i coefficienti sismici relativi ai due stati limite citati oltre che a quello di Operatività e quello di Collasso.

Applicando tali fattori alle formule per la costruzione dei grafici di risposta sismica (componente orizzontale e componente verticale del moto) si ottengono, per il sito in esame i seguenti parametri:

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	16731	44,516250	11,387540
2	16732	44,517480	11,457560
3	16954	44,467480	11,459280
4	16953	44,466270	11,389300

Tabella 7.2 – Siti di Riferimento.

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,055	2,471	0,258
SLD	50	0,068	2,464	0,272
SLV	475	0,172	2,389	0,309
SLC	975	0,218	2,427	0,315

Tabella 7.3 – Parametri Sismici

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,016	0,021	0,060	0,084
kv	0,008	0,010	0,030	0,042
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,805	1,007	2,441	2,952
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Tabella 7.4 – Coefficienti Sismici.

In base a questi coefficienti sismici sono stati calcolati con il programma RSL III della Geostru gli spettri di risposta sismica riferiti al III livello di approfondimento tipico del sito in esame; la procedura di calcolo utilizzata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
  - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
  - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
  - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;
 Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove  $M$  rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da  $N$  strati orizzontali di cui l' $N$ -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come

ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt  $\left[ \tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$ , la

propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove:  $u$  rappresenta lo spostamento;  $t$  il tempo;  $\rho$  la densità;  $G$  il modulo di deformazione al taglio;  $\eta$  la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove  $\omega$  rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto  $G^* = G + i\omega\eta$ , ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove  $\xi$  rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice  $*$  indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

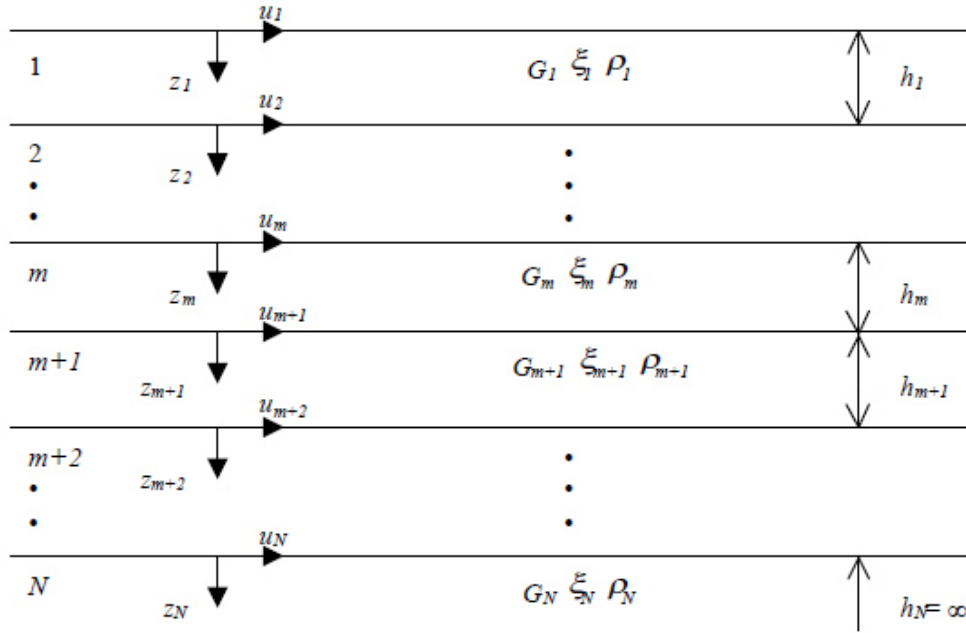


Figura 7.4: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre  $k^*$  rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[ E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato  $m$  di spessore  $h_m$  gli spostamenti, rispettivamente in sommità ( $z = 0$ ) ed al fondo ( $z = h_m$ ), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = \left( E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \right) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che



$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' $m$ -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove  $\alpha_m^*$  rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati  $m$  ed  $m+1$ , ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo

,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che  $E_1 = F_1$ .

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad  $m$ . La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  che lega gli spostamenti in sommità degli strati  $m$  ed  $n$  è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

$A_{mn}$  rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti  $m$  e  $n$ .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,



$$\dot{u}(z,t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z,t) \quad \ddot{u}(z,t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z,t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati  $n$  ed  $m$ :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità  $z$  e al tempo  $t$  dalla relazione:

$$\gamma(z,t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* \left( Ee^{ik^*z} - Fe^{-ik^*z} \right) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z,t) = G^* \gamma(z,t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

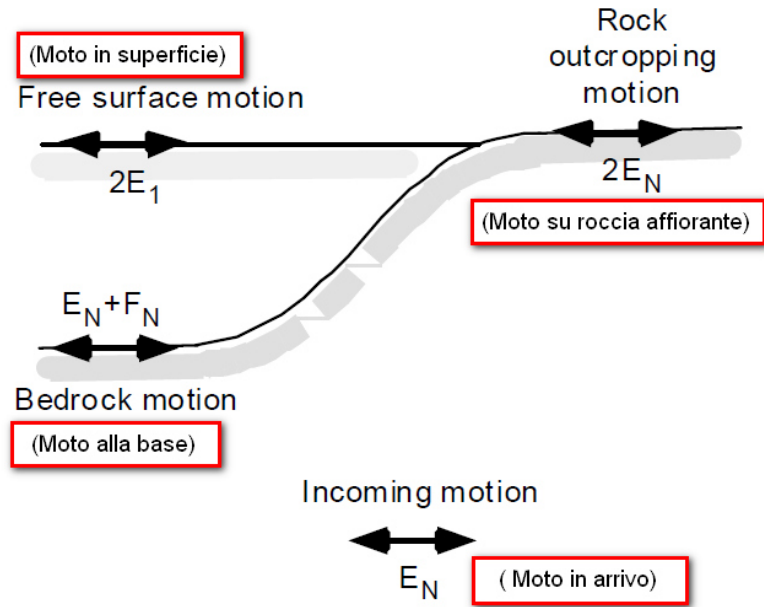


Figura 7.5: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad  $E_N$ ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a  $E_N + F_N$ .

Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ( $E_N = F_N$ ), il moto avrà ampiezza pari a  $2E_N$ . La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché  $G$  è funzione di  $\gamma$ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di  $\gamma$ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo  $G$  così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per  $G(\gamma)$  adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove  $\rho$  è la densità del terreno e  $V_s$  la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di  $G$  per la prima iterazione.

## 8.0 Verifica del potenziale di liquefazione

Poiché nella successione sono stati individuati strati di terreni granulari sotto falda si deve procedere con il calcolo della suscettività alla liquefazione secondo i criteri imposti dal D.G.R. Emilia Romagna n°2193/15. Si è proceduto pertanto al calcolo (i cui risultati sono riportati in appendice 6) mediante un programma per elaboratore elettronico – Liquiter edito dalla Geostru – utilizzando il metodo di Boulanger e Idriss (2014) di cui si riporta la descrizione.

Nel metodo proposto da **Idriss e Boulanger** l'indice di comportamento **I<sub>C</sub>** per il tipo di suolo è ricavato con le formule riportate di seguito:

$$I_c = \left[ \left( \log_{10} Q - 3,47 \right)^2 + \left( \log_{10} R_f + 1,22 \right)^2 \right]^{0,5} \quad (8.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (8.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (8.0c)$$

dove

**q<sub>c</sub>** è la resistenza alla punta misurata

**Pa** è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di  $\sigma'_{vo}$

**f<sub>s</sub>** è l'attrito del manicotto

**n** è un'esponente che dipende dal tipo di suolo, variabile tra 0,5 e 1.

Calcolato **I<sub>C</sub>**, si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata **q<sub>c</sub>** mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = C_Q \cdot \left( \frac{q_c}{Pa} \right) \quad (8.1)$$

$$C_Q = \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \leq 1,7 \quad (8.2)$$

dove **n** si determina per via iterativa dalla seguente relazione:

$$n = 1,338 - 0,249 \cdot q_{c1N}^{0,264} \quad (8.3)$$

La correzione della resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (8.4a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \left( 11,9 + \frac{q_{c1N}}{14,6} \right) \cdot \exp \left[ 1,63 - \frac{9,7}{FC + 2} - \left( \frac{15,7}{FC + 2} \right)^2 \right] \quad (8.4b)$$

Dove la frazione di fine FC(%) viene calcolata mediante l'espressione seguente:

$$FC(\%) = 2,8 \cdot (I_c)^{2,60} \quad (8.5)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR<sub>7,5</sub>**) si calcola da:

$$CRR = \exp \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{113} + \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right)^2 - \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{140} \right)^3 + \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{137} \right)^4 - 2.80 \right] \quad (8.6)$$

Per  $z_w > z$ , con  $z_w$  profondità della falda, e per  $(q_{c1N})_{cs} \leq 160$  il terreno è non liquefacibile (NL).

Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** (*Cyclic Stress Ratio*) si determina da:

$$CSR = 0,65 \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d \quad (8.7)$$

Dove per il coefficiente di riduzione delle tensioni  $r_d$  si utilizza la formula, con  $M$  si indica la magnitudo:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M] \quad (8.8a)$$

$$\alpha = -1,1012 - 1,126 \cdot \operatorname{sen} \left[ \frac{z}{11,73} + 5,133 \right] \quad (8.8b)$$

$$\beta = 0,106 + 0,118 \cdot \operatorname{sen} \left[ \frac{z}{11,28} + 5,142 \right] \quad (8.8c)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma \quad (8.9)$$

Per determinare il fattore di scala della magnitudo **MSF**, la formula di **Idriss & Boulanger** utilizza l'espressione:

$$MSF = 1 + (MSF_{max} - 1) \cdot 8.64 \cdot \exp \left( -\frac{M}{4} \right) - 1.325 \leq 1,8 \quad (8.10)$$

$$MSF_{max} = 1.09 + \left( \frac{qc1ncs}{180} \right)^3 \leq 2.2$$

Il fattore di correzione della pressione di confinamento  $K_\sigma$  è dato da:

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \cdot \ln \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) \leq 1 \quad (8.11a)$$

$$C_\sigma = \frac{1}{37,3 - 8,27 \cdot (q_{c1N})^{0,264}} \leq 0,3 \quad (8.11b)$$

Le analisi eseguite secondo la teoria illustrata in precedenza sono riportate in appendice 4; l'indice di suscettività alla liquefazione  $I_L$  è risultato di:

CPTu 1 - $I_L$	= 1.31	basso
CPT 2 - $I_L$	= 0.89	basso
CPT 3 - $I_L$	= 0.00	basso
CPTu 4 - $I_L$	= 0.81	basso
CPT 5 - $I_L$	= 0.91	basso
CPTu 6 - $I_L$	= 1.09	basso
CPT 7 - $I_L$	= 0.30	basso
CPT 8 - $I_L$	= 2.88	basso

In fig. 8.1 si fornisce la distribuzione della variazione dell'Indice di suscettività alla liquefazione.



Figura 8.1 Distribuzione del parametro  $I_L$  su foto aerea - fonte sito Google Earth non in scala



## 9.0 Conclusioni

Dalle prove eseguite e dalla consultazione dei dati bibliografici acquisiti si possono trarre le seguenti conclusioni:

I terreni presenti sono di genesi sedimentaria derivati dalla dinamica deposizionale del fiume Reno nel periodo Recente (0,0 – 0,016 Ma) per questo motivo sono classificati entro la Carte Geologica d'Italia scala 1:50.000 come appartenenti al Supersistema Emiliano Romagnolo Superiore (AES) di cui formano il Subsistema di Ravenna (AES8). Questo Subsistema è composto da terreni di tutte le frazioni granulometriche con quelle superiori limitate alle parti intravallive e di alta pianura. Nell'area in esame infatti sono state rinvenute granulometrie di tutte le frazioni dall'argilla alla ghiaia. Le sezioni eseguite dai dati elaborati dalle prove mostrano che nell'area è stato attivo un corso d'acqua che ha dato origine a 1 paleoalveo superiore e ad un complesso di conoide sedimentaria inferiore. Il paleo alveo superiore, con tutti gli ambienti ad esso associati, principalmente di argine prossimale e distale, è associabile ad un antico corso del torrente Idice mentre quello che ha dato origine alla conoide superficiale può essere associato alla dinamica deposizionale del torrente Savena in quanto il tetto si avvicina al piano di campagna man mano che si procede verso occidente.

Il primo complesso si sviluppa nei primi 7.0 m circa mentre il secondo si sviluppa a partire da circa 15.0 m di profondità.

Le misure effettuate sui piezometri lasciati in sito indicano che la falda freatica non supera mai i – 3.50 m dal piano di campagna attuale in buon accordo con quanto riportato dalla carta idrogeologica allegata al PSC. Anche la direzione di flusso, ricostruita tramite le misure effettuate, indica un movimento da SSE verso NNO in conformità con l'elaborato allegato al Quadro Conoscitivo.

La permeabilità dei terreni superficiali va da media ad elevata in quanto legata a terreni superficiali di granulometria compresa tra la sabbia ed il limo sabbioso. Lo spessore di questi terreni in genere non supera il metro da p.c.. successivamente abbiamo, escluso in due casi (CPTu1 e CPTu4) terreni più fini (argilla e argilla limosa) che limitano la capacità di infiltrazione dei liquidi.

Da quanto emerso nei due punti precedenti si ritiene che nulla osti alla realizzazione di piani interrati che, anche in considerazione del fatto che da progetto il piano di campagna deve essere alzato di una quota compresa tra 0.8 m e 1.5 m, non saranno interessati in alcun modo dalle acque di falda. Questo non esime comunque dal realizzare un'adeguata impermeabilizzazione dell'interrato in quanto, in considerazione del fatto che il piano di posa sarà impostato, in quasi tutti i casi, su terreni a bassa permeabilità, si potrebbero avere infiltrazioni di acque meteoriche che trovano nell'interfaccia parete - terreno una via preferenziale di infiltrazione.

La geomorfologia dell'area è pianeggiante con pendenza verso NO dalla ricostruzione del micro rilievo si può verificare che essa si mostra come un ampio avvallamento nel cui punto inferiore si forma lo scolo Zenetta. Nella parte SE del lotto si rileva la presenza di due piccoli alti che, soprattutto il più orientale essere il resto di un antico tracciato relitto del torrente Idice.

Nell'area è presente un vaso per la lavorazione della canapa ora in disuso. Esso dovrebbe essere parte di una vasca di laminazione più ampia. Si consiglia di valutare che tale vaso, se non adeguatamente impermeabilizzato potrebbe, trovandosi in un ambito in cui sono presenti di

sedimenti a granulometria elevata (sabbia), non riuscire a trattenere le acque. Si consiglia di prevedere una impermeabilizzazione tramite la formazione di uno spessore adeguato di argilla compattata.

Dall'esame delle resistenze alla punta del penetrometro statico ( $q_c$ ) è stato possibile dare un giudizio per quello che riguarda l'omogeneità dell'area dal punto di vista geotecnico; essa ricade per la maggior parte nella categoria "D3"; unica eccezione la zona nell'intorno della prova n°6 che ricade nella categoria "C". Queste categorie consentono di costruire con fondazioni dirette per edifici di normale impegno (fino a 2 piani); nella zona contrassegnata con la categoria "C" pur essendo mantenuto il fatto di poter costruire edifici di normale impegno su fondazioni dirette si deve verificare in maniera dettagliata lo spostamento (cedimento) che questi provocano.

In base a quanto richiesto dal NTUC 2008 l'area si può classificare dal punto di vista dell'amplificazione sismica derivata dalla morfologia dei terreni nella categoria T1

Sulla base di quanto prescritto dal NTC08 è stata determinata la velocità media delle onde sismiche di taglio è di circa 206 – 212 m/sec; pertanto, per quanto riguarda l'amplificazione delle onde sismiche derivata dalla stratigrafica dei terreni, l'area ricade entro la categoria C *depositi a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*. Indagini specifiche su ogni lotto dovranno essere eseguite in fase esecutiva per la determinazione della frequenza tipica del terreno e della VS30 in ambito locale.

I fattori di amplificazione che permettono di calcolare la velocità al suolo delle onde sismiche sono stati calcolati con una analisi di III° livello sono riportati in appendice 5

La verifica della suscettibilità alla liquefazione dei terreni granulari sotto falda ha evidenziato che l'area ha suscettibilità bassa su tutte le prove. In fase esecutiva, pur essendo bassa la suscettività alla liquefazione, sarà necessario studiare gli spostamenti del terreno che avverranno post sisma (addensamenti) prevedendo appropriate prove in situ.

In base a quanto riportato nelle conclusioni si ritiene l'intervento fattibile prendendo le dovute cautele per quello che riguarda gli interrati e la costruzione dei fabbricati nelle zone in cui la suscettività alla liquefazione è elevata.

Si rammenta che, in fase esecutiva, la Legislazione vigente impone la verifica locale dei terreni, sia dal punto di vista sismico che geotecnico, per ogni fabbricato che verrà costruito. Si prescrive pertanto, in sede esecutiva, di eseguire nuove campagne di indagini al fine di aumentare l'affidabilità dei dati.

Castenaso li 11/04/2017

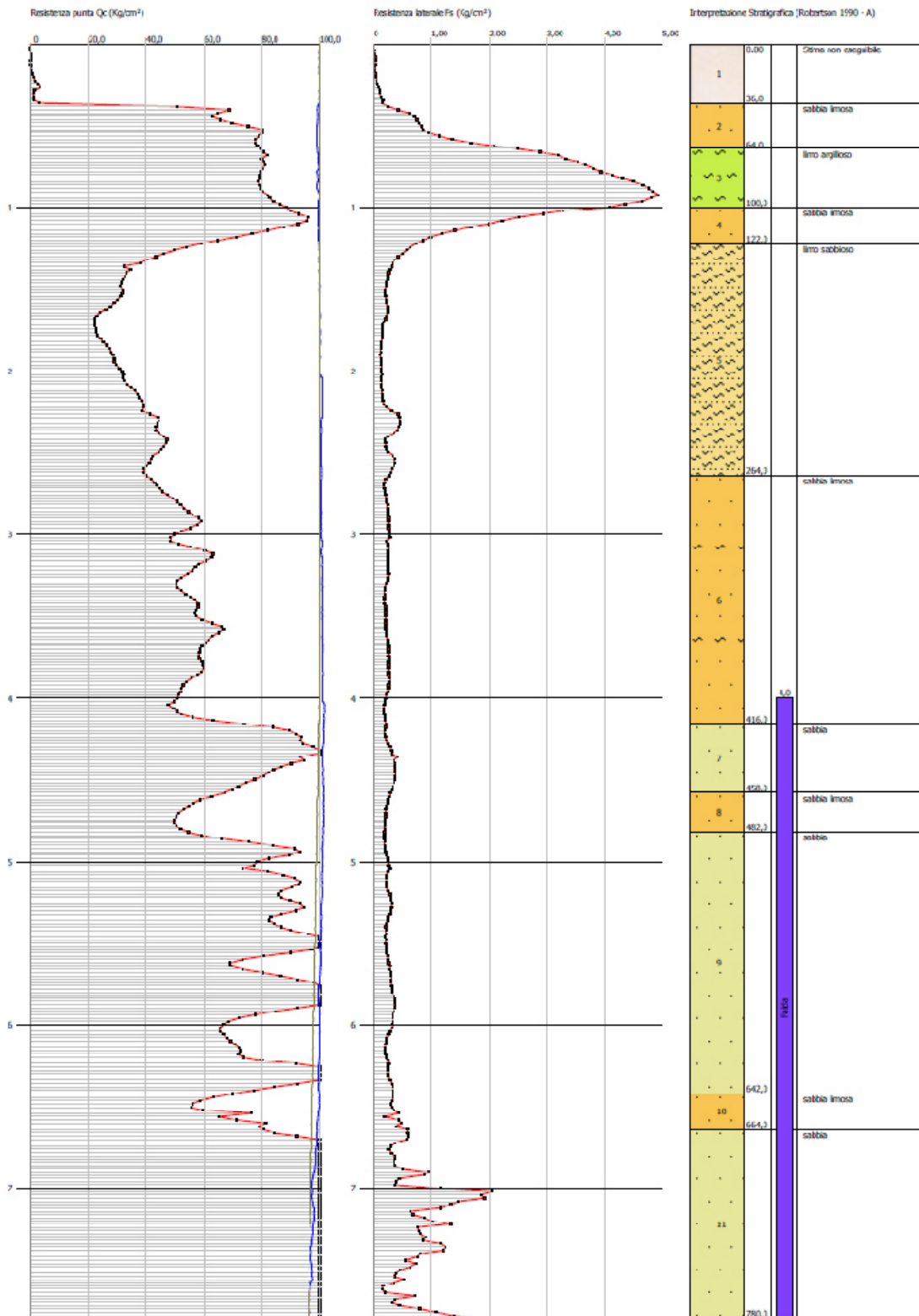
Chili Giuliano  
(OGER n°565 Sez A

## Appendice

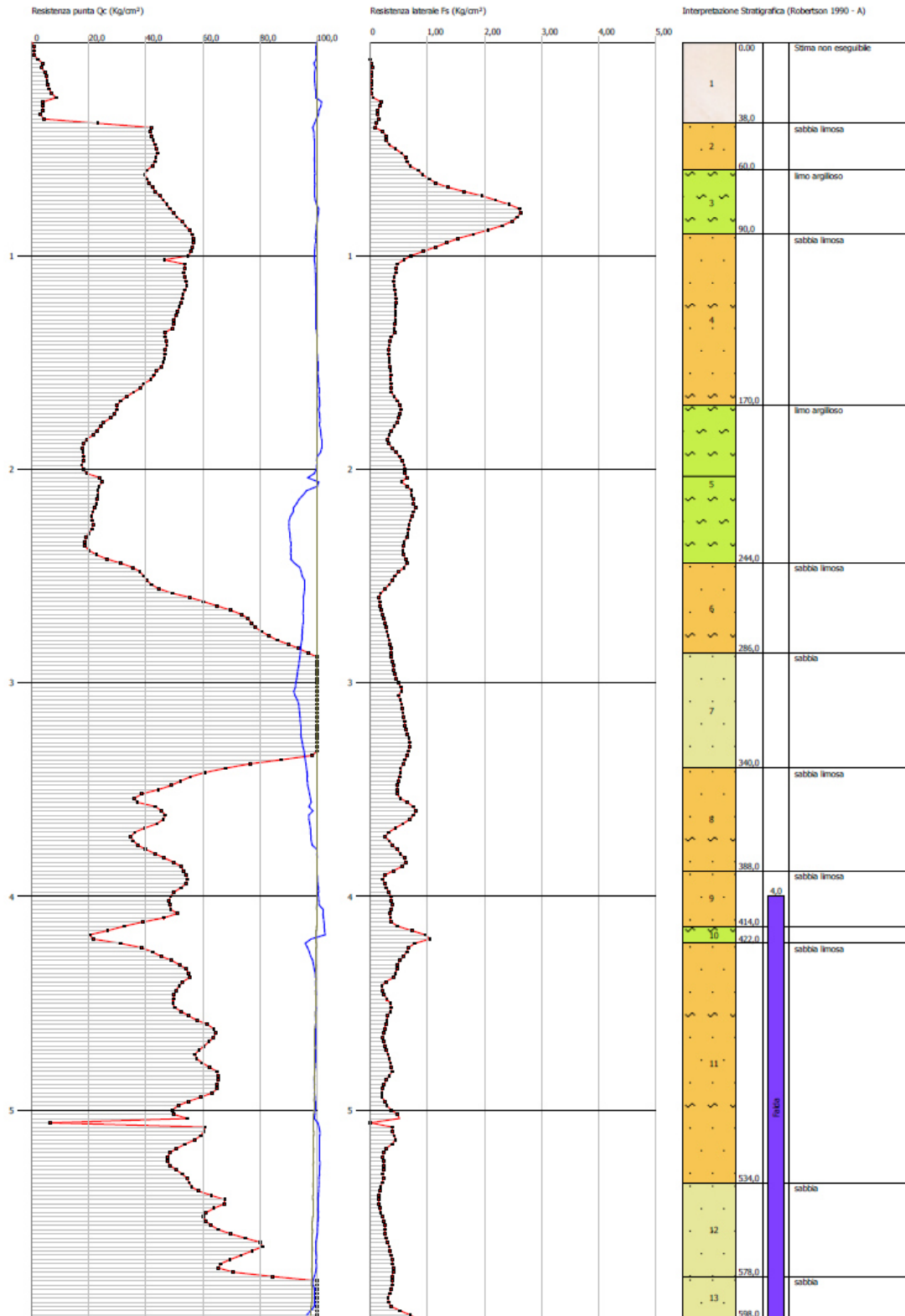
## Appendice 1

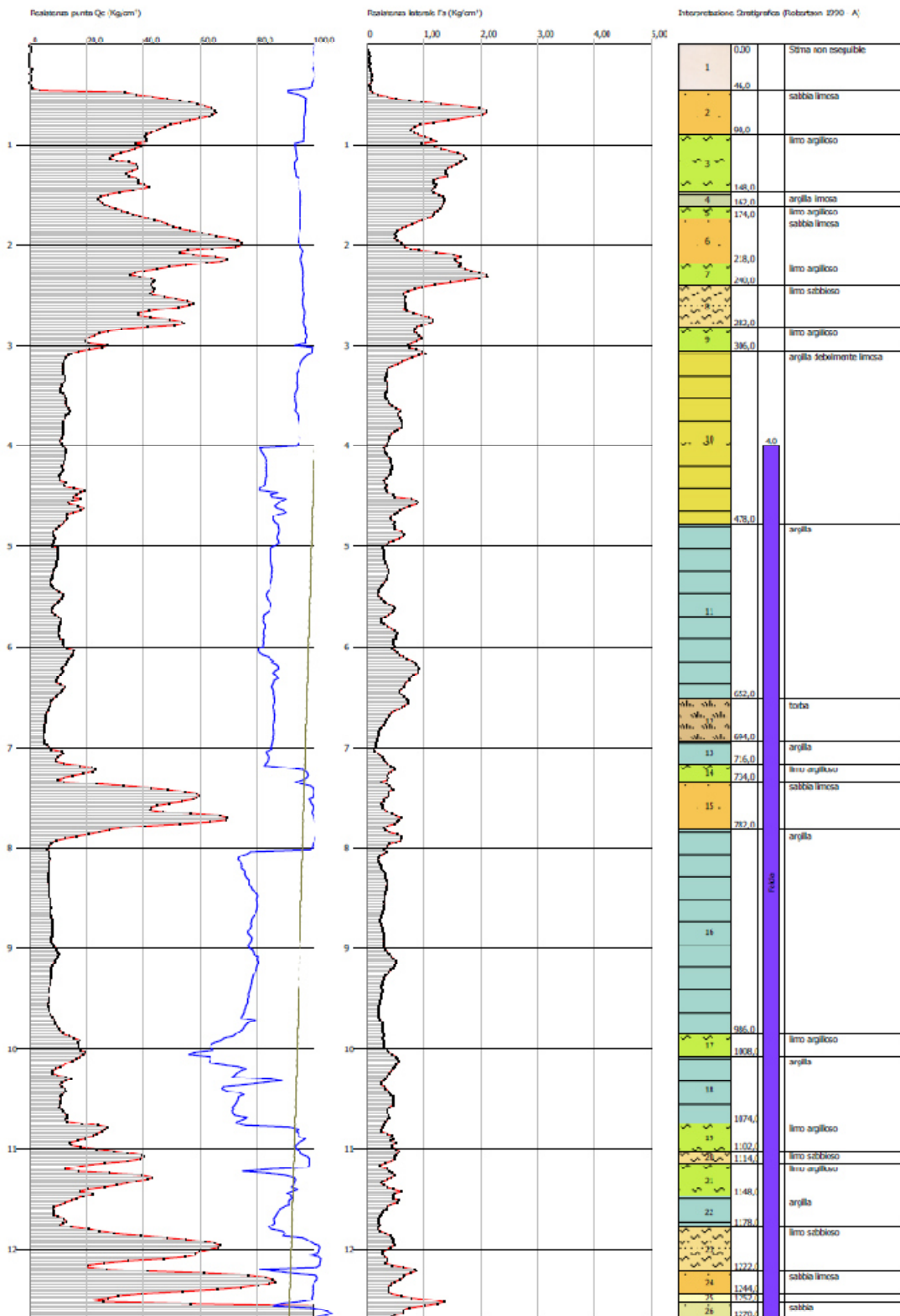
Prove Penetrometriche statiche CPTU

Diagrammi – Valutazioni Litologiche









## Appendice 2

Prove Penetrometriche statiche CPT

Letture di Campagna

Diagrammi – Valutazioni Litologiche

PROVA ... Nr.2

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso  
Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Prova eseguita in data: 15/07/2016

Profondità prova: 20,00 mt

Località: Villanova di Castenaso

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	17,00	0,00	34,14	1,47	23,22	4,3
0,40	20,00	31,00	40,14	1,80	22,30	4,5
0,60	26,00	39,50	52,14	3,67	14,21	7,0
0,80	21,50	49,00	43,14	3,73	11,57	8,6
1,00	14,00	42,00	28,14	2,73	10,31	9,7
1,20	9,00	29,50	18,28	1,60	11,43	8,8
1,40	13,00	25,00	26,28	1,60	16,43	6,1
1,60	13,00	25,00	26,28	1,47	17,88	5,6
1,80	18,00	29,00	36,28	0,87	41,70	2,4
2,00	21,00	27,50	42,28	1,67	25,32	3,9
2,20	22,00	34,50	44,41	0,40	111,03	0,9
2,40	18,00	21,00	36,41	0,13	280,08	0,4
2,60	31,00	32,00	62,41	1,00	62,41	1,6
2,80	13,50	21,00	27,41	0,40	68,53	1,5
3,00	24,00	27,00	48,41	1,33	36,40	2,7
3,20	10,00	20,00	20,55	0,67	30,67	3,3
3,40	7,00	12,00	14,55	0,73	19,93	5,0
3,60	7,50	13,00	15,55	0,67	23,21	4,3
3,80	8,00	13,00	16,55	0,60	27,58	3,6
4,00	8,50	13,00	17,55	0,67	26,19	3,8
4,20	7,00	12,00	14,69	0,60	24,48	4,1
4,40	6,50	11,00	13,69	0,80	17,11	5,8
4,60	6,50	12,50	13,69	0,40	34,23	2,9
4,80	7,50	10,50	15,69	0,53	29,60	3,4
5,00	6,50	10,50	13,69	0,40	34,23	2,9
5,20	7,50	10,50	15,83	0,47	33,68	3,0
5,40	6,50	10,00	13,83	0,53	26,09	3,8
5,60	4,00	8,00	8,83	0,40	22,08	4,5
5,80	11,00	14,00	22,83	0,20	114,15	0,9
6,00	9,50	11,00	19,83	0,80	24,79	4,0
6,20	6,00	12,00	12,97	0,60	21,62	4,6
6,40	7,50	12,00	15,97	1,07	14,93	6,7
6,60	6,00	14,00	12,97	0,60	21,62	4,6
6,80	7,50	12,00	15,97	0,73	21,88	4,6
7,00	6,50	12,00	13,97	0,60	23,28	4,3
7,20	5,00	9,50	11,10	0,20	55,50	1,8
7,40	5,50	7,00	12,10	0,47	25,74	3,9
7,60	4,50	8,00	10,10	0,40	25,25	4,0
7,80	6,00	9,00	13,10	0,67	19,55	5,1
8,00	5,50	10,50	12,10	0,73	16,58	6,0
8,20	6,50	12,00	14,24	0,67	21,25	4,7
8,40	5,50	10,50	12,24	0,47	26,04	3,8
8,60	4,00	7,50	9,24	0,53	17,43	5,7
8,80	6,00	10,00	13,24	0,73	18,14	5,5
9,00	8,00	13,50	17,24	0,93	18,54	5,4
9,20	7,00	14,00	15,38	0,80	19,23	5,2
9,40	6,50	12,50	14,38	0,93	15,46	6,5
9,60	8,00	15,00	17,38	1,07	16,24	6,2
9,80	12,00	20,00	25,38	1,40	18,13	5,5
10,00	12,50	23,00	26,38	1,40	18,84	5,3

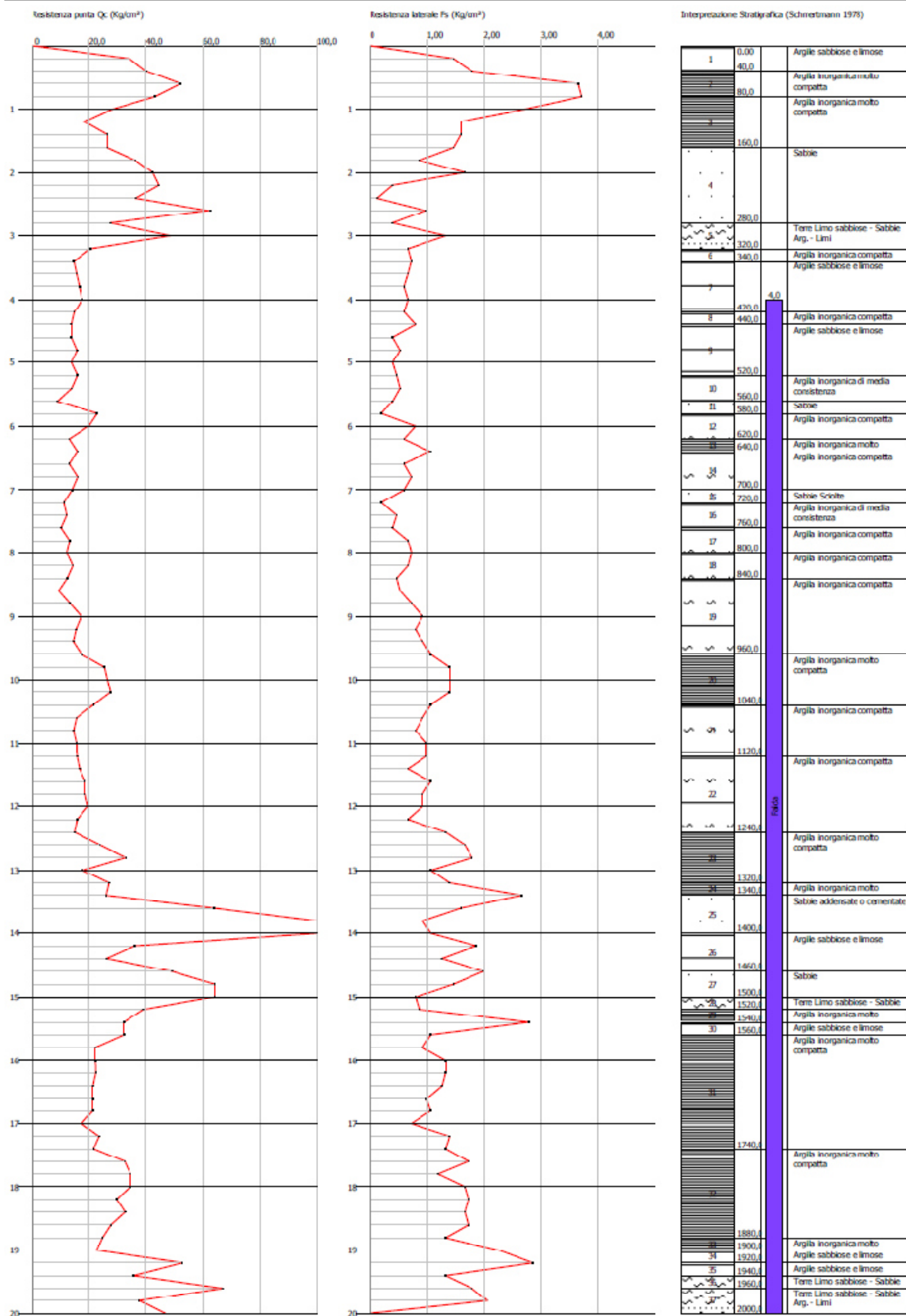
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
10,20	13,00	23,50	27,52	1,40	19,66	5,1
10,40	10,00	20,50	21,52	1,07	20,11	5,0
10,60	7,00	15,00	15,52	0,93	16,69	6,0
10,80	6,50	13,50	14,52	0,80	18,15	5,5
11,00	7,00	13,00	15,52	1,00	15,52	6,4
11,20	7,00	14,50	15,66	1,00	15,66	6,4
11,40	7,50	15,00	16,66	0,67	24,87	4,0
11,60	8,50	13,50	18,66	1,07	17,44	5,7
11,80	8,50	16,50	18,66	0,93	20,06	5,0
12,00	9,00	16,00	19,66	0,93	21,14	4,7
12,20	7,00	14,00	15,79	0,67	23,57	4,2
12,40	6,50	11,50	14,79	1,33	11,12	9,0
12,60	11,00	21,00	23,79	1,67	14,25	7,0
12,80	15,50	28,00	32,79	1,80	18,22	5,5
13,00	8,00	21,50	17,79	1,07	16,63	6,0
13,20	12,50	20,50	26,93	1,40	19,24	5,2
13,40	12,00	22,50	25,93	2,67	9,71	10,3
13,60	31,00	51,00	63,93	1,60	39,96	2,5
13,80	59,00	71,00	119,93	0,93	128,96	0,8
14,00	56,00	63,00	113,93	1,07	106,48	0,9
14,20	17,00	25,00	36,07	1,87	19,29	5,2
14,40	12,00	26,00	26,07	1,27	20,53	4,9
14,60	23,50	33,00	49,07	2,00	24,54	4,1
14,80	31,00	46,00	64,07	1,47	43,59	2,3
15,00	31,00	42,00	64,07	0,80	80,09	1,2
15,20	18,50	24,50	39,21	0,87	45,07	2,2
15,40	15,00	21,50	32,21	2,80	11,50	8,7
15,60	15,00	36,00	32,21	1,07	30,10	3,3
15,80	10,00	18,00	22,21	0,93	23,88	4,2
16,00	10,00	17,00	22,21	1,33	16,70	6,0
16,20	10,00	20,00	22,35	1,33	16,80	6,0
16,40	9,50	19,50	21,35	1,27	16,81	5,9
16,60	9,50	19,00	21,35	1,00	21,35	4,7
16,80	9,50	17,00	21,35	1,07	19,95	5,0
17,00	7,50	15,50	17,35	0,73	23,77	4,2
17,20	10,50	16,00	23,48	1,40	16,77	6,0
17,40	9,50	20,00	21,48	1,33	16,15	6,2
17,60	15,00	25,00	32,48	1,73	18,77	5,3
17,80	16,00	29,00	34,48	1,20	28,73	3,5
18,00	16,00	25,00	34,48	1,67	20,65	4,8
18,20	13,50	26,00	29,62	1,73	17,12	5,8
18,40	15,00	28,00	32,62	1,67	19,53	5,1
18,60	12,50	25,00	27,62	1,73	15,97	6,3
18,80	11,00	24,00	24,62	1,33	18,51	5,4
19,00	10,00	20,00	22,62	2,27	9,96	10,0
19,20	25,00	42,00	52,76	2,87	18,38	5,4
19,40	16,50	38,00	35,76	1,33	26,89	3,7
19,60	32,00	42,00	66,76	1,80	37,09	2,7
19,80	17,50	31,00	37,76	2,07	18,24	5,5
20,00	22,00	37,50	46,76	0,00		0,0



Probe CPT - Cone Penetration Nr.2  
Strumento utilizzato: DECEP DRILL

Committente: DIPIERRE RE, Abitare Villanova s.r.l. Castenaso Immobiliare s.r.l.  
Cantiere: PUA Comparto ANS C2.4  
Località: Villanova di Castenaso

Data: 15/07/2016



PROVA ... Nr.3

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso  
Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

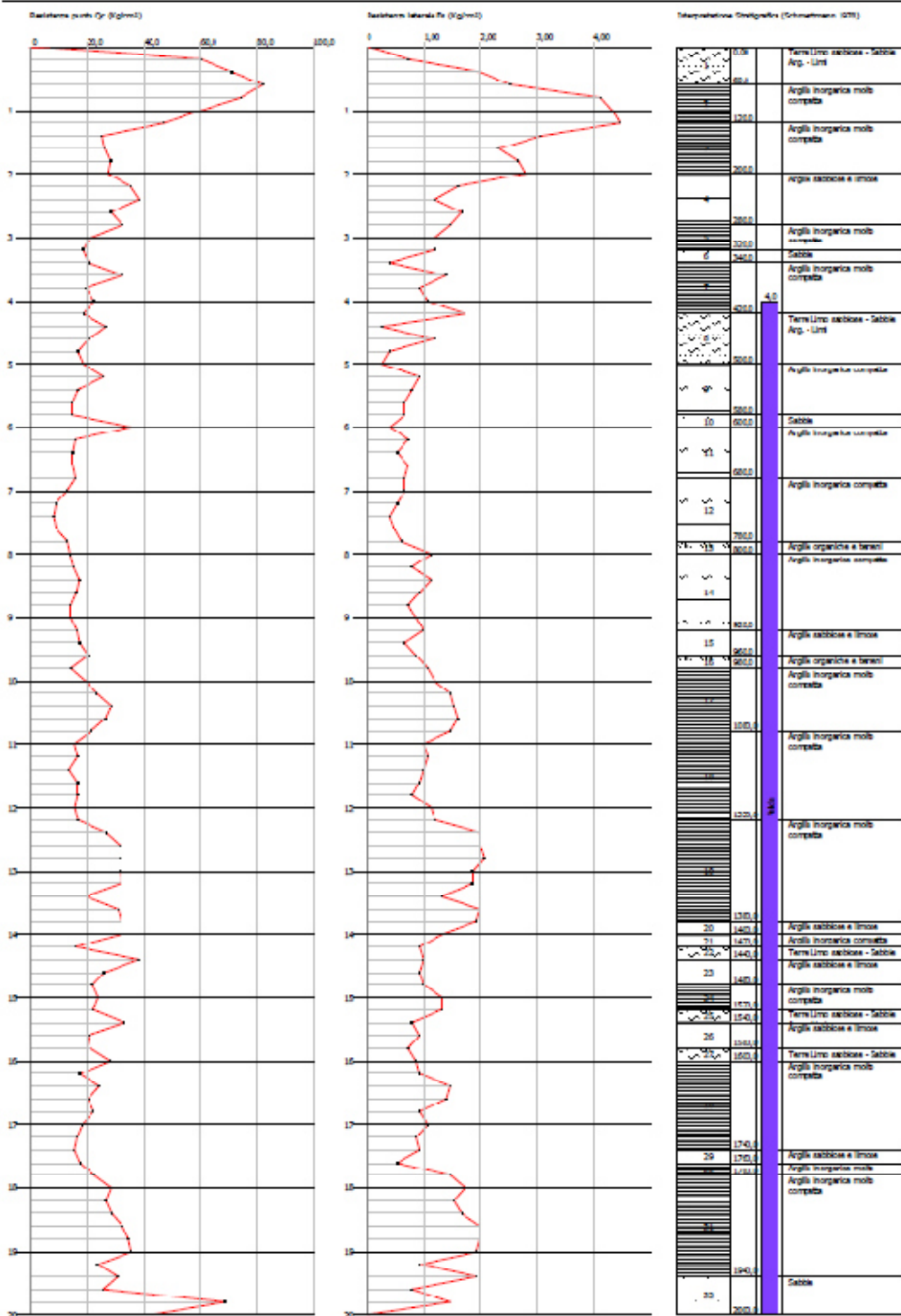
Prova eseguita in data: 15/07/2016

Profondità prova: 20,00 mt

Località: Villanova di Castenaso

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	30,00	0,00	60,14	0,73	82,38	1,2
0,40	35,50	41,00	71,14	2,00	35,57	2,8
0,60	41,00	56,00	82,14	2,53	32,47	3,1
0,80	37,00	56,00	74,14	4,13	17,95	5,6
1,00	30,00	61,00	60,14	4,33	13,89	7,2
1,20	23,50	56,00	47,28	4,47	10,58	9,5
1,40	12,50	46,00	25,28	3,07	8,23	12,1
1,60	13,00	36,00	26,28	2,33	11,28	8,9
1,80	14,00	31,50	28,28	2,67	10,59	9,4
2,00	13,50	33,50	27,28	2,80	9,74	10,3
2,20	17,50	38,50	35,41	1,60	22,13	4,5
2,40	19,00	31,00	38,41	1,20	32,01	3,1
2,60	14,00	23,00	28,41	1,67	17,01	5,9
2,80	16,00	28,50	32,41	1,47	22,05	4,5
3,00	10,50	21,50	21,41	1,20	17,84	5,6
3,20	9,00	18,00	18,55	1,20	15,46	6,5
3,40	10,00	19,00	20,55	0,40	51,38	1,9
3,60	16,00	19,00	32,55	1,40	23,25	4,3
3,80	9,50	20,00	19,55	0,93	21,02	4,8
4,00	11,00	18,00	22,55	1,07	21,07	4,7
4,20	9,00	17,00	18,69	1,73	10,80	9,3
4,40	13,00	26,00	26,69	0,27	98,85	1,0
4,60	10,00	12,00	20,69	1,20	17,24	5,8
4,80	8,00	17,00	16,69	0,40	41,73	2,4
5,00	9,00	12,00	18,69	0,27	69,22	1,4
5,20	12,50	14,50	25,83	0,93	27,77	3,6
5,40	8,00	15,00	16,83	0,80	21,04	4,8
5,60	7,00	13,00	14,83	0,67	22,13	4,5
5,80	7,00	12,00	14,83	0,67	22,13	4,5
6,00	17,50	22,50	35,83	0,40	89,58	1,1
6,20	7,50	10,50	15,97	0,73	21,88	4,6
6,40	7,00	12,50	14,97	0,53	28,25	3,5
6,60	7,00	11,00	14,97	0,73	20,51	4,9
6,80	7,50	13,00	15,97	0,67	23,84	4,2
7,00	6,00	11,00	12,97	0,67	19,36	5,2
7,20	4,00	9,00	9,10	0,53	17,17	5,8
7,40	3,50	7,50	8,10	0,40	20,25	4,9
7,60	4,00	7,00	9,10	0,47	19,36	5,2
7,80	6,00	9,50	13,10	0,60	21,83	4,6
8,00	6,50	11,00	14,10	1,13	12,48	8,0
8,20	7,00	15,50	15,24	0,80	19,05	5,2
8,40	8,00	14,00	17,24	1,13	15,26	6,6
8,60	7,50	16,00	16,24	0,93	17,46	5,7
8,80	6,50	13,50	14,24	0,73	19,51	5,1
9,00	6,50	12,00	14,24	0,87	16,37	6,1
9,20	7,50	14,00	16,38	1,00	16,38	6,1
9,40	8,00	15,50	17,38	0,67	25,94	3,9
9,60	9,50	14,50	20,38	0,87	23,43	4,3
9,80	6,50	13,00	14,38	1,07	13,44	7,4
10,00	9,00	17,00	19,38	1,20	16,15	6,2
10,20	11,00	20,00	23,52	1,47	16,00	6,3

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
10,40	13,50	24,50	28,52	1,53	18,64	5,4
10,60	12,50	24,00	26,52	1,60	16,58	6,0
10,80	10,00	22,00	21,52	1,47	14,64	6,8
11,00	7,00	18,00	15,52	1,00	15,52	6,4
11,20	7,50	15,00	16,66	1,07	15,57	6,4
11,40	6,00	14,00	13,66	1,00	13,66	7,3
11,60	7,50	15,00	16,66	0,93	17,91	5,6
11,80	7,50	14,50	16,66	0,80	20,83	4,8
12,00	7,00	13,00	15,66	1,13	13,86	7,2
12,20	7,50	16,00	16,79	1,20	13,99	7,1
12,40	12,50	21,50	26,79	2,00	13,40	7,5
12,60	15,00	30,00	31,79	2,00	15,90	6,3
12,80	15,00	30,00	31,79	2,07	15,36	6,5
13,00	15,00	30,50	31,79	1,87	17,00	5,9
13,20	15,00	29,00	31,93	1,87	17,07	5,9
13,40	9,00	23,00	19,93	1,33	14,98	6,7
13,60	14,50	24,50	30,93	2,00	15,47	6,5
13,80	15,00	30,00	31,93	1,93	16,54	6,0
14,00	15,00	29,50	31,93	1,33	24,01	4,2
14,20	7,00	17,00	16,07	0,93	17,28	5,8
14,40	18,00	25,00	38,07	1,00	38,07	2,6
14,60	12,00	19,50	26,07	0,93	28,03	3,6
14,80	10,00	17,00	22,07	1,00	22,07	4,5
15,00	11,00	18,50	24,07	1,33	18,10	5,5
15,20	10,00	20,00	22,21	1,33	16,70	6,0
15,40	15,50	25,50	33,21	0,80	41,51	2,4
15,60	9,00	15,00	20,21	0,93	21,73	4,6
15,80	9,50	16,50	21,21	0,73	29,05	3,4
16,00	13,00	18,50	28,21	0,87	32,43	3,1
16,20	7,50	14,00	17,35	0,93	18,66	5,4
16,40	11,00	18,00	24,35	1,47	16,56	6,0
16,60	9,00	20,00	20,35	1,40	14,54	6,9
16,80	10,00	20,50	22,35	0,93	24,03	4,2
17,00	8,00	15,00	18,35	1,07	17,15	5,8
17,20	7,00	15,00	16,48	0,87	18,94	5,3
17,40	6,50	13,00	15,48	0,93	16,65	6,0
17,60	7,50	14,50	17,48	0,53	32,98	3,0
17,80	10,00	14,00	22,48	1,47	15,29	6,5
18,00	13,00	24,00	28,48	1,73	16,46	6,1
18,20	12,00	25,00	26,62	1,53	17,40	5,7
18,40	13,00	24,50	28,62	1,67	17,14	5,8
18,60	15,00	27,50	32,62	2,00	16,31	6,1
18,80	16,00	31,00	34,62	2,00	17,31	5,8
19,00	16,50	31,50	35,62	1,93	18,46	5,4
19,20	10,50	25,00	23,76	0,93	25,55	3,9
19,40	14,00	21,00	30,76	1,93	15,94	6,3
19,60	11,50	26,00	25,76	0,80	32,20	3,1
19,80	33,00	39,00	68,76	1,47	46,78	2,1
20,00	20,00	31,00	42,76	0,00		0,0



PROVA ... Nr.5

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso  
Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Prova eseguita in data: 16/07/2016

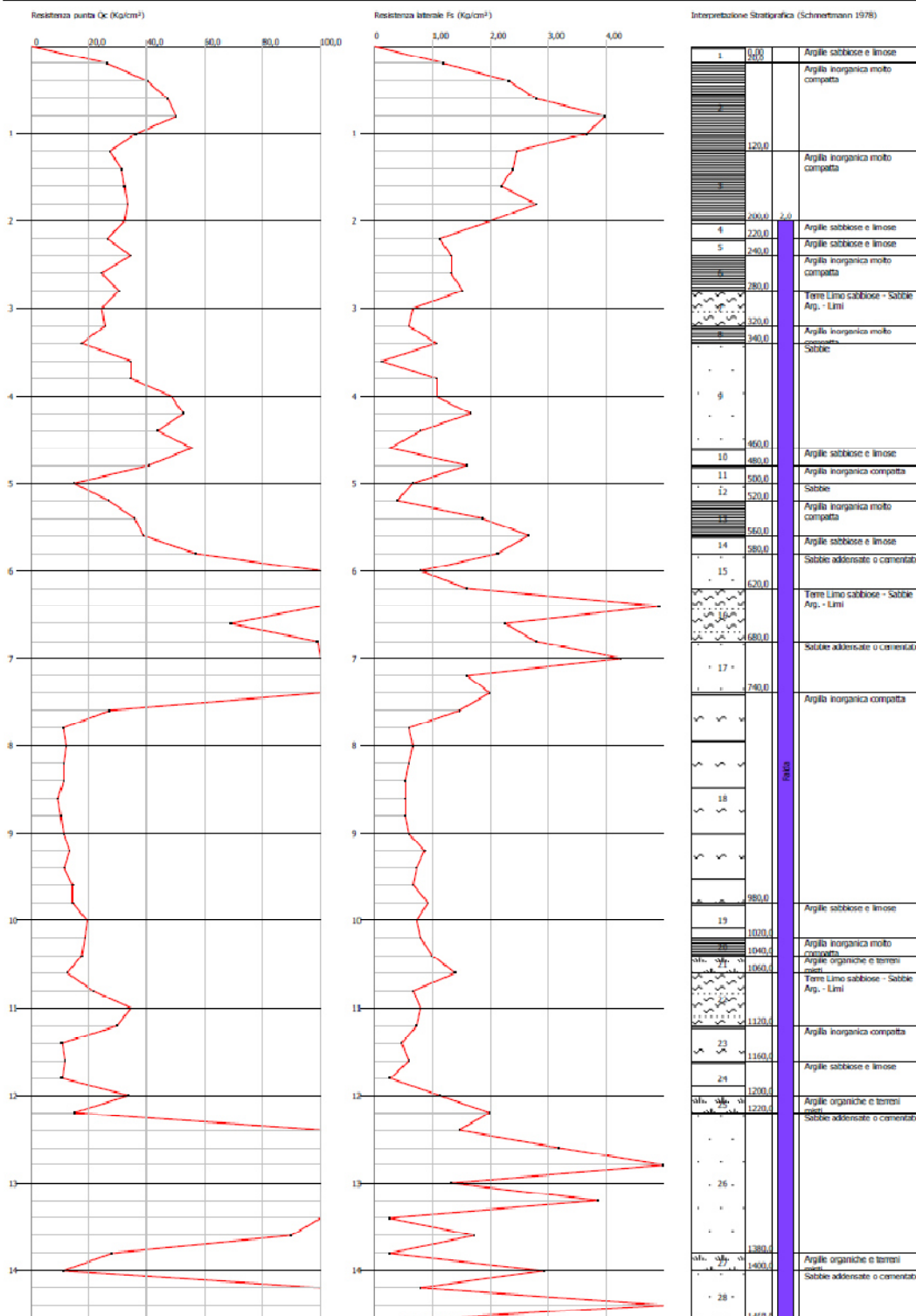
Profondità prova: 14,60 mt

Località: Villanova di Castenaso

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	13,00	0,00	26,14	1,20	21,78	4,6
0,40	20,00	29,00	40,14	2,33	17,23	5,8
0,60	23,50	41,00	47,14	2,80	16,84	5,9
0,80	25,00	46,00	50,14	4,00	12,54	8,0
1,00	18,00	48,00	36,14	3,67	9,85	10,2
1,20	13,50	41,00	27,28	2,47	11,04	9,1
1,40	15,50	34,00	31,28	2,40	13,03	7,7
1,60	16,00	34,00	32,28	2,20	14,67	6,8
1,80	16,50	33,00	33,28	2,80	11,89	8,4
2,00	16,00	37,00	32,28	2,00	16,14	6,2
2,20	13,00	28,00	26,41	1,13	23,37	4,3
2,40	17,00	25,50	34,41	1,33	25,87	3,9
2,60	12,00	22,00	24,41	1,33	18,35	5,4
2,80	15,00	25,00	30,41	1,53	19,88	5,0
3,00	12,00	23,50	24,41	0,67	36,43	2,7
3,20	12,50	17,50	25,55	0,60	42,58	2,3
3,40	8,50	13,00	17,55	1,07	16,40	6,1
3,60	17,00	25,00	34,55	0,13	265,77	0,4
3,80	17,00	18,00	34,55	1,07	32,29	3,1
4,00	24,00	32,00	48,55	1,07	45,37	2,2
4,20	26,00	34,00	52,69	1,67	31,55	3,2
4,40	21,50	34,00	43,69	0,80	54,61	1,8
4,60	27,50	33,50	55,69	0,27	206,26	0,5
4,80	20,00	22,00	40,69	1,60	25,43	3,9
5,00	7,00	19,00	14,69	0,67	21,93	4,6
5,20	13,00	18,00	26,83	0,40	67,08	1,5
5,40	17,50	20,50	35,83	1,87	19,16	5,2
5,60	19,00	33,00	38,83	2,67	14,54	6,9
5,80	28,00	48,00	56,83	2,13	26,68	3,7
6,00	164,00	180,00	328,83	0,80	411,04	0,2
6,20	128,00	134,00	256,97	1,60	160,61	0,6
6,40	71,00	83,00	142,97	4,93	29,00	3,4
6,60	34,00	71,00	68,97	2,27	30,38	3,3
6,80	49,00	66,00	98,97	2,80	35,35	2,8
7,00	126,00	147,00	252,97	4,27	59,24	1,7
7,20	124,00	156,00	249,10	1,60	155,69	0,6
7,40	94,00	106,00	189,10	2,00	94,55	1,1
7,60	13,00	28,00	27,10	1,47	18,44	5,4
7,80	5,00	16,00	11,10	0,60	18,50	5,4
8,00	5,50	10,00	12,10	0,67	18,06	5,5
8,20	5,00	10,00	11,24	0,60	18,73	5,3
8,40	5,00	9,50	11,24	0,53	21,21	4,7
8,60	4,00	8,00	9,24	0,53	17,43	5,7
8,80	4,50	8,50	10,24	0,53	19,32	5,2
9,00	5,00	9,00	11,24	0,60	18,73	5,3
9,20	6,00	10,50	13,38	0,87	15,38	6,5
9,40	5,00	11,50	11,38	0,73	15,59	6,4
9,60	6,50	12,00	14,38	0,67	21,46	4,7
9,80	6,50	11,50	14,38	0,93	15,46	6,5
10,00	9,00	16,00	19,38	0,73	26,55	3,8
10,20	8,50	14,00	18,52	0,80	23,15	4,3

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
10,40	8,00	14,00	17,52	1,00	17,52	5,7
10,60	5,50	13,00	12,52	1,40	8,94	11,2
10,80	10,00	20,50	21,52	0,67	32,12	3,1
11,00	16,50	21,50	34,52	0,80	43,15	2,3
11,20	14,00	20,00	29,66	0,73	40,63	2,5
11,40	4,50	10,00	10,66	0,47	22,68	4,4
11,60	5,00	8,50	11,66	0,60	19,43	5,1
11,80	4,50	9,00	10,66	0,27	39,48	2,5
12,00	16,00	18,00	33,66	1,13	29,79	3,4
12,20	6,50	15,00	14,79	2,00	7,40	13,5
12,40	61,00	76,00	123,79	1,47	84,21	1,2
12,60	116,00	127,00	233,79	3,20	73,06	1,4
12,80	78,00	102,00	157,79	6,13	25,74	3,9
13,00	96,00	142,00	193,79	1,33	145,71	0,7
13,20	99,00	109,00	199,93	3,87	51,66	1,9
13,40	67,00	96,00	135,93	0,27	503,44	0,2
13,60	44,00	46,00	89,93	1,73	51,98	1,9
13,80	13,00	26,00	27,93	0,27	103,44	1,0
14,00	4,50	6,50	10,93	2,93	3,73	26,8
14,20	54,00	76,00	110,07	0,80	137,59	0,7
14,40	180,00	186,00	362,07	5,33	67,93	1,5
14,60	240,00	280,00	482,07	0,00		0,0





PROVA ... Nr.7

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso  
Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

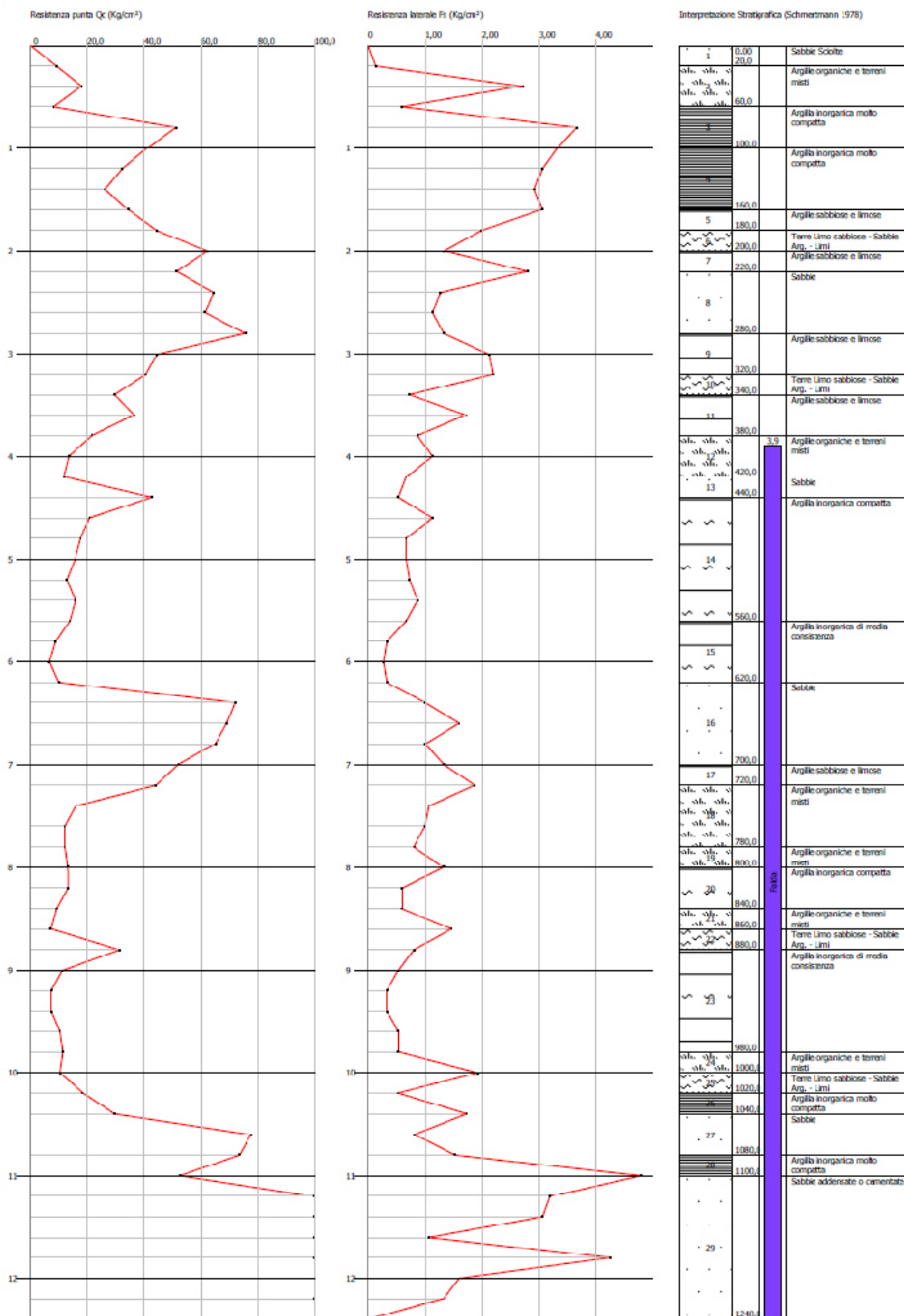
Prova eseguita in data: 16/07/2016

Profondità prova: 12,40 mt

Località: Villanova di Castenaso

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	4,50	0,00	9,14	0,13	70,31	1,4
0,40	9,00	10,00	18,14	2,73	6,64	15,0
0,60	4,00	24,50	8,14	0,60	13,57	7,4
0,80	25,50	30,00	51,14	3,67	13,93	7,2
1,00	20,50	48,00	41,14	3,33	12,35	8,1
1,20	16,00	41,00	32,28	3,07	10,51	9,5
1,40	13,00	36,00	26,28	2,93	8,97	11,1
1,60	17,00	39,00	34,28	3,07	11,17	9,0
1,80	22,00	45,00	44,28	2,00	22,14	4,5
2,00	31,00	46,00	62,28	1,33	46,83	2,1
2,20	25,50	35,50	51,41	2,80	18,36	5,4
2,40	32,00	53,00	64,41	1,27	50,72	2,0
2,60	30,50	40,00	61,41	1,13	54,35	1,8
2,80	37,50	46,00	75,41	1,33	56,70	1,8
3,00	22,00	32,00	44,41	2,13	20,85	4,8
3,20	20,00	36,00	40,55	2,20	18,43	5,4
3,40	14,50	31,00	29,55	0,73	40,48	2,5
3,60	18,00	23,50	36,55	1,73	21,13	4,7
3,80	10,50	23,50	21,55	0,87	24,77	4,0
4,00	6,50	13,00	13,55	1,13	11,99	8,3
4,20	5,50	14,00	11,69	0,67	17,45	5,7
4,40	21,00	26,00	42,69	0,53	80,55	1,2
4,60	10,00	14,00	20,69	1,13	18,31	5,5
4,80	8,50	17,00	17,69	0,67	26,40	3,8
5,00	7,50	12,50	15,69	0,67	23,42	4,3
5,20	6,00	11,00	12,83	0,73	17,58	5,7
5,40	7,50	13,00	15,83	0,87	18,20	5,5
5,60	6,50	13,00	13,83	0,67	20,64	4,8
5,80	4,00	9,00	8,83	0,33	26,76	3,7
6,00	3,00	5,50	6,83	0,27	25,30	4,0
6,20	4,50	6,50	9,97	0,33	30,21	3,3
6,40	35,50	38,00	71,97	1,00	71,97	1,4
6,60	34,00	41,50	68,97	1,60	43,11	2,3
6,80	32,00	44,00	64,97	1,00	64,97	1,5
7,00	25,50	33,00	51,97	1,33	39,08	2,6
7,20	21,50	31,50	44,10	1,87	23,58	4,2
7,40	7,50	21,50	16,10	1,07	15,05	6,6
7,60	5,50	13,50	12,10	1,00	12,10	8,3
7,80	5,50	13,00	12,10	0,80	15,13	6,6
8,00	6,00	12,00	13,10	1,33	9,85	10,2
8,20	6,00	16,00	13,24	0,60	22,07	4,5
8,40	4,00	8,50	9,24	0,60	15,40	6,5
8,60	3,00	7,50	7,24	1,47	4,93	20,3
8,80	15,00	26,00	31,24	0,80	39,05	2,6
9,00	5,00	11,00	11,24	0,53	21,21	4,7
9,20	3,00	7,00	7,38	0,33	22,36	4,5
9,40	3,00	5,50	7,38	0,33	22,36	4,5
9,60	4,50	7,00	10,38	0,53	19,58	5,1
9,80	5,00	9,00	11,38	0,53	21,47	4,7
10,00	4,50	8,50	10,38	1,93	5,38	18,6
10,20	8,50	23,00	18,52	0,53	34,94	2,9

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
10,40	14,00	18,00	29,52	1,73	17,06	5,9
10,60	38,00	51,00	77,52	0,80	96,90	1,0
10,80	36,00	42,00	73,52	1,53	48,05	2,1
11,00	25,50	37,00	52,52	4,80	10,94	9,1
11,20	90,00	126,00	181,66	3,20	56,77	1,8
11,40	104,00	128,00	209,66	3,07	68,29	1,5
11,60	138,00	161,00	277,66	1,07	259,50	0,4
11,80	116,00	124,00	233,66	4,27	54,72	1,8
12,00	71,00	103,00	143,66	1,60	89,79	1,1
12,20	64,00	76,00	129,79	1,33	97,59	1,0
12,40	220,00	230,00	441,79	0,00		0,0



PROVA ... Nr.8

Committente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Castenaso

Immobiliare srl

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Prova eseguita in data: 16/07/2016

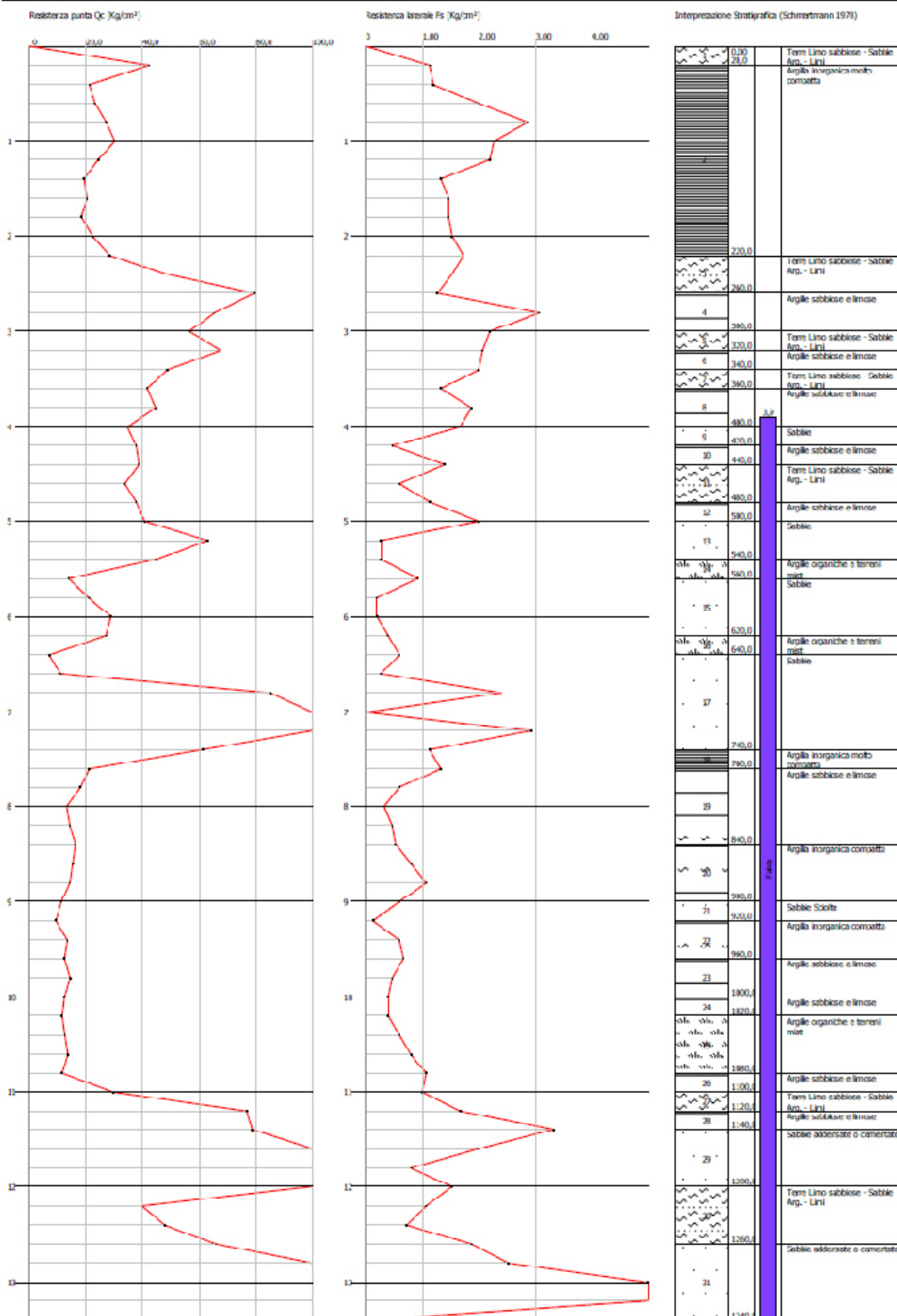
Profondità prova: 13,40 mt

Località: Villanova di Castenaso

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	21,00	0,00	42,14	1,13	37,29	2,7
0,40	10,50	19,00	21,14	1,20	17,62	5,7
0,60	11,50	20,50	23,14	2,00	11,57	8,6
0,80	13,50	28,50	27,14	2,87	9,46	10,6
1,00	15,00	36,50	30,14	2,27	13,28	7,5
1,20	12,00	29,00	24,28	2,20	11,04	9,1
1,40	9,50	26,00	19,28	1,33	14,50	6,9
1,60	10,00	20,00	20,28	1,47	13,80	7,2
1,80	9,00	20,00	18,28	1,47	12,44	8,0
2,00	11,00	22,00	22,28	1,53	14,56	6,9
2,20	14,00	25,50	28,41	1,73	16,42	6,1
2,40	24,00	37,00	48,41	1,53	31,64	3,2
2,60	39,50	51,00	79,41	1,27	62,53	1,6
2,80	32,50	42,00	65,41	3,07	21,31	4,7
3,00	28,00	51,00	56,41	2,20	25,64	3,9
3,20	33,50	50,00	67,55	2,07	32,63	3,1
3,40	24,00	39,50	48,55	2,00	24,28	4,1
3,60	20,50	35,50	41,55	1,33	31,24	3,2
3,80	22,00	32,00	44,55	1,87	23,82	4,2
4,00	17,00	31,00	34,55	1,67	20,69	4,8
4,20	18,50	31,00	37,69	0,47	80,19	1,2
4,40	19,00	22,50	38,69	1,40	27,64	3,6
4,60	16,50	27,00	33,69	0,60	56,15	1,8
4,80	18,50	23,00	37,69	1,13	33,35	3,0
5,00	20,00	28,50	40,69	2,00	20,35	4,9
5,20	31,00	46,00	62,83	0,27	232,70	0,4
5,40	22,00	24,00	44,83	0,27	166,04	0,6
5,60	6,50	8,50	13,83	0,93	14,87	6,7
5,80	10,00	17,00	20,83	0,20	104,15	1,0
6,00	14,00	15,50	28,83	0,20	144,15	0,7
6,20	13,00	14,50	26,97	0,40	67,43	1,5
6,40	3,00	6,00	6,97	0,60	11,62	8,6
6,60	5,00	9,50	10,97	0,27	40,63	2,5
6,80	42,00	44,00	84,97	2,40	35,40	2,8
7,00	74,00	92,00	148,97	-1,60	-93,11	-1,1
7,20	82,00	70,00	165,10	2,93	56,35	1,8
7,40	30,00	52,00	61,10	1,13	54,07	1,8
7,60	10,00	18,50	21,10	1,33	15,86	6,3
7,80	8,50	18,50	18,10	0,60	30,17	3,3
8,00	6,00	10,50	13,10	0,33	39,70	2,5
8,20	6,50	9,00	14,24	0,47	30,30	3,3
8,40	7,50	11,00	16,24	0,53	30,64	3,3
8,60	7,00	11,00	15,24	0,80	19,05	5,2
8,80	6,50	12,50	14,24	1,07	13,31	7,5
9,00	5,00	13,00	11,24	0,60	18,73	5,3
9,20	4,00	8,50	9,38	0,13	72,15	1,4
9,40	6,00	7,00	13,38	0,60	22,30	4,5
9,60	5,50	10,00	12,38	0,67	18,48	5,4
9,80	6,50	11,50	14,38	0,47	30,60	3,3
10,00	5,50	9,00	12,38	0,40	30,95	3,2
10,20	5,00	8,00	11,52	0,40	28,80	3,5

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
10,40	5,50	8,50	12,52	0,60	20,87	4,8
10,60	6,00	10,50	13,52	0,80	16,90	5,9
10,80	5,00	11,00	11,52	1,07	10,77	9,3
11,00	14,00	22,00	29,52	1,00	29,52	3,4
11,20	37,50	45,00	76,66	1,67	45,90	2,2
11,40	38,50	51,00	78,66	3,33	23,62	4,2
11,60	67,00	92,00	135,66	2,00	67,83	1,5
11,80	81,00	96,00	163,66	0,80	204,58	0,5
12,00	57,00	63,00	115,66	1,53	75,59	1,3
12,20	19,00	30,50	39,79	1,07	37,19	2,7
12,40	23,00	31,00	47,79	0,73	65,47	1,5
12,60	32,00	37,50	65,79	1,87	35,18	2,8
12,80	96,00	110,00	193,79	2,53	76,60	1,3
13,00	134,00	153,00	269,79	8,67	31,12	3,2
13,20	109,00	174,00	219,93	5,33	41,26	2,4
13,40	240,00	280,00	481,93	0,00		0,0

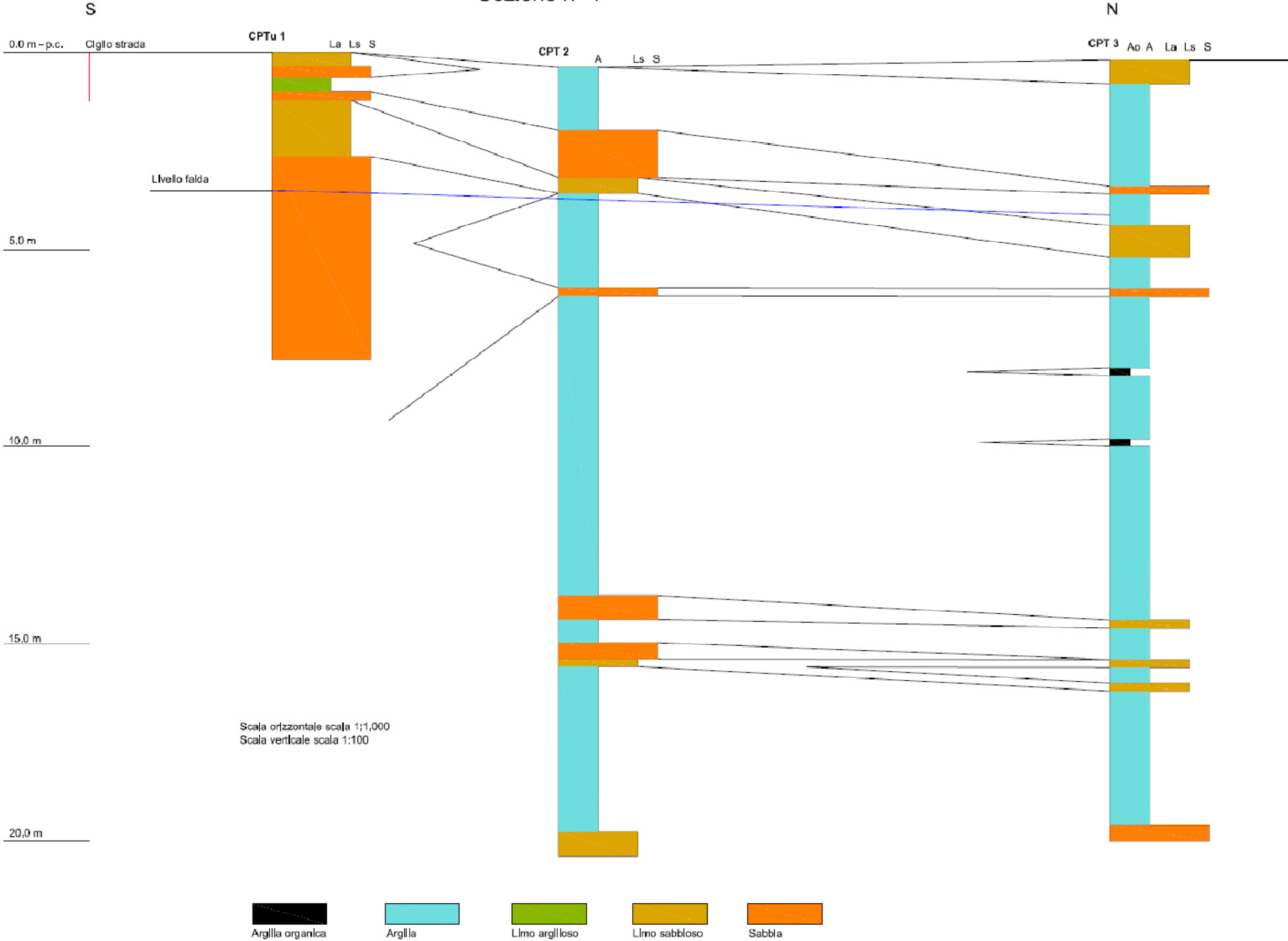




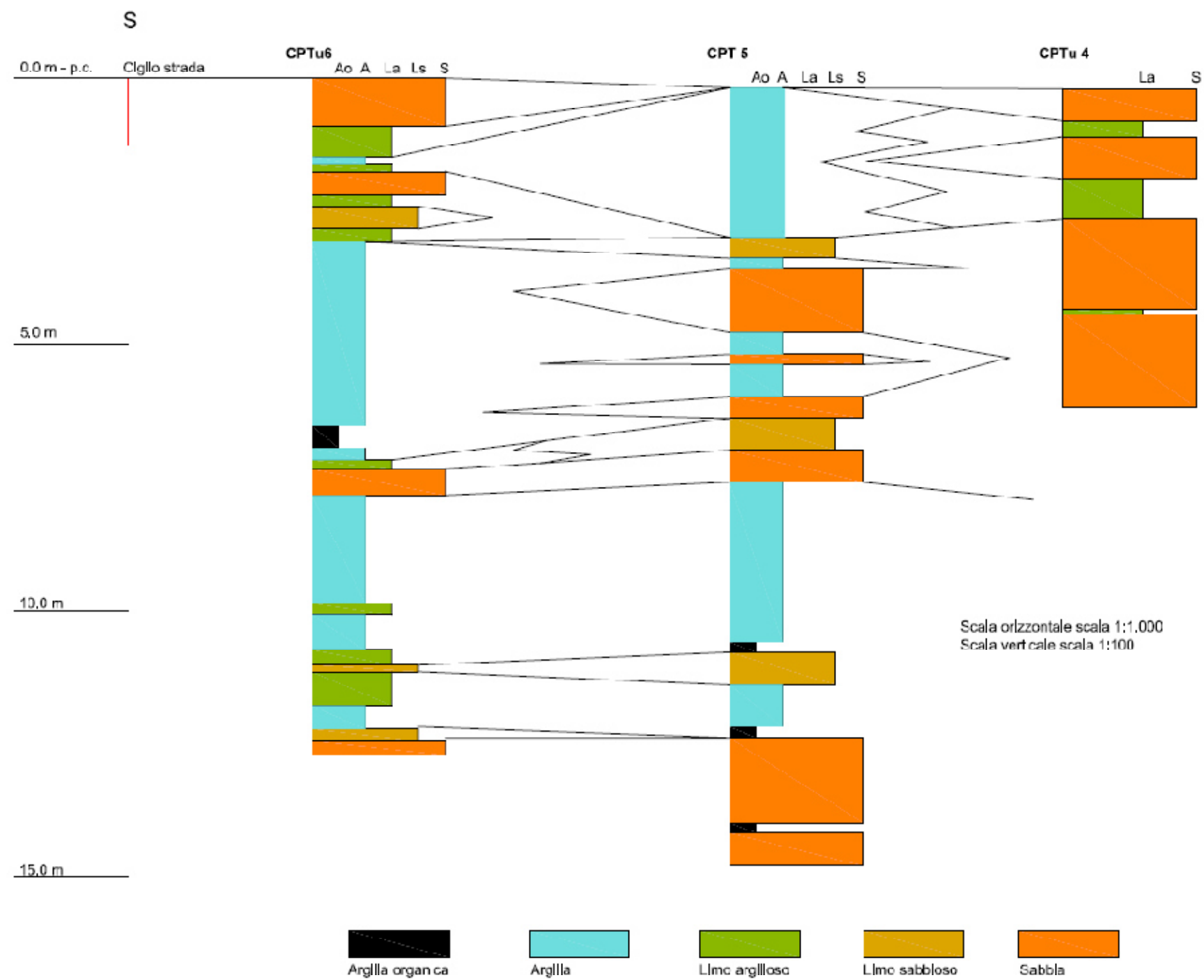
## Appendice 3

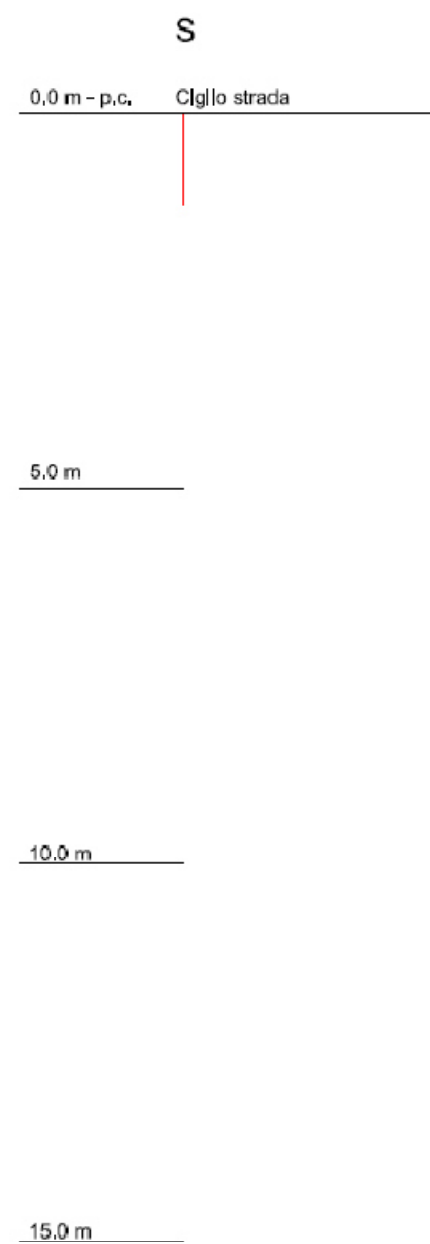
### Sezioni Stratigrafiche Interpretative

Sezione n° 1



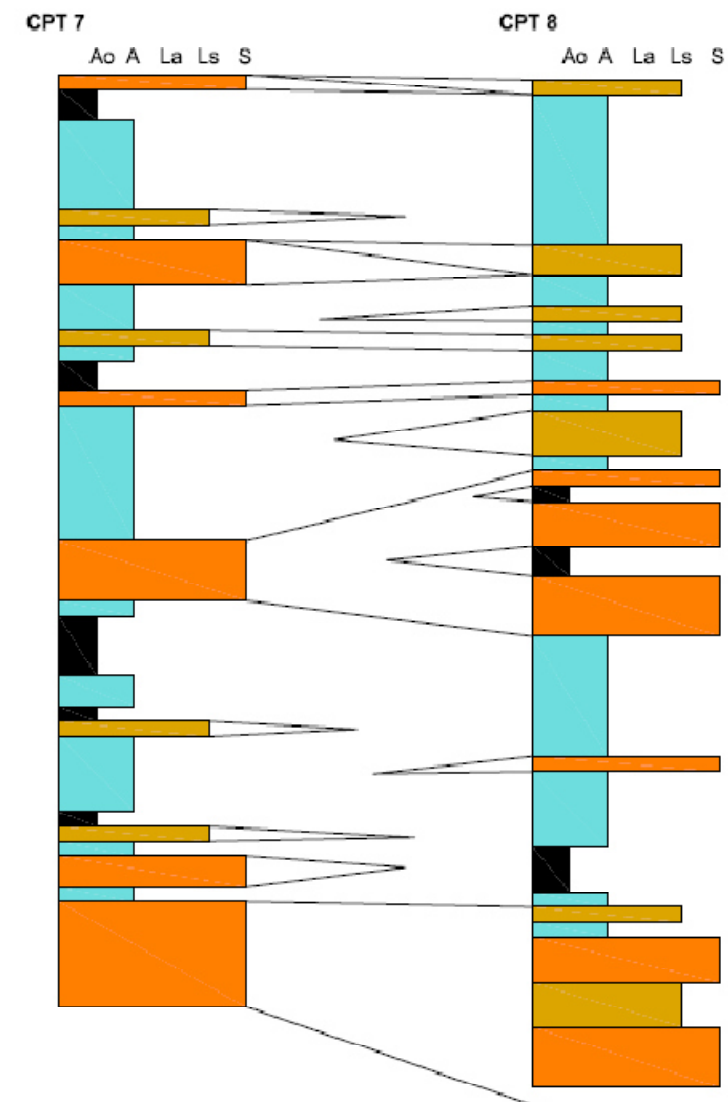
## Sezione n° 2





### Sezione n° 3

Scala orizzontale scala 1:1,000  
Scala verticale scala 1:100



## Appendice 4

### Tromografie

elaborazioni con metodo HVSR – (Nakamura)



## Tromografia 1

## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

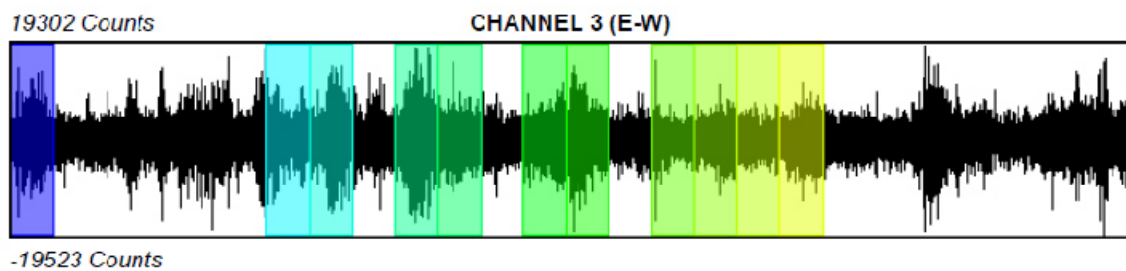
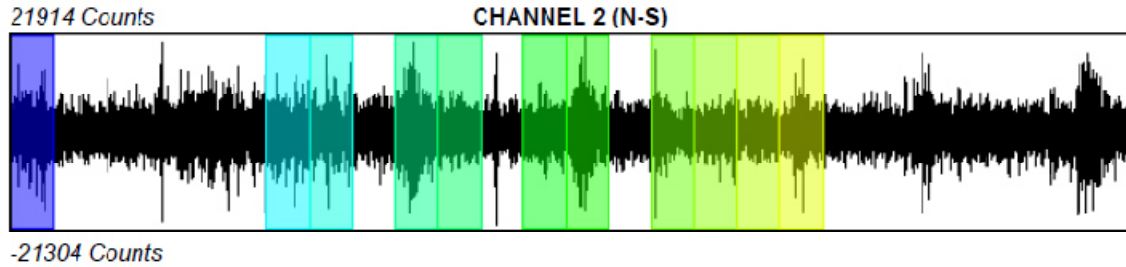
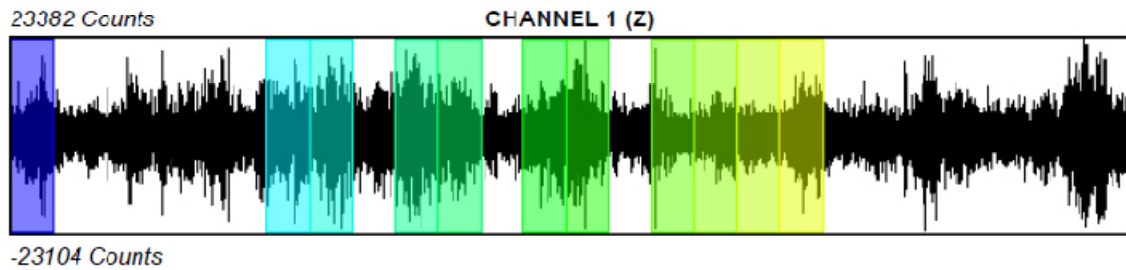
*Recording start time:* 2016/07/15 08:34:24

*Recording length:* 17.45 min

*Windows count:* 11

*Average windows length:* 40

*Signal coverage:* 42.02 %



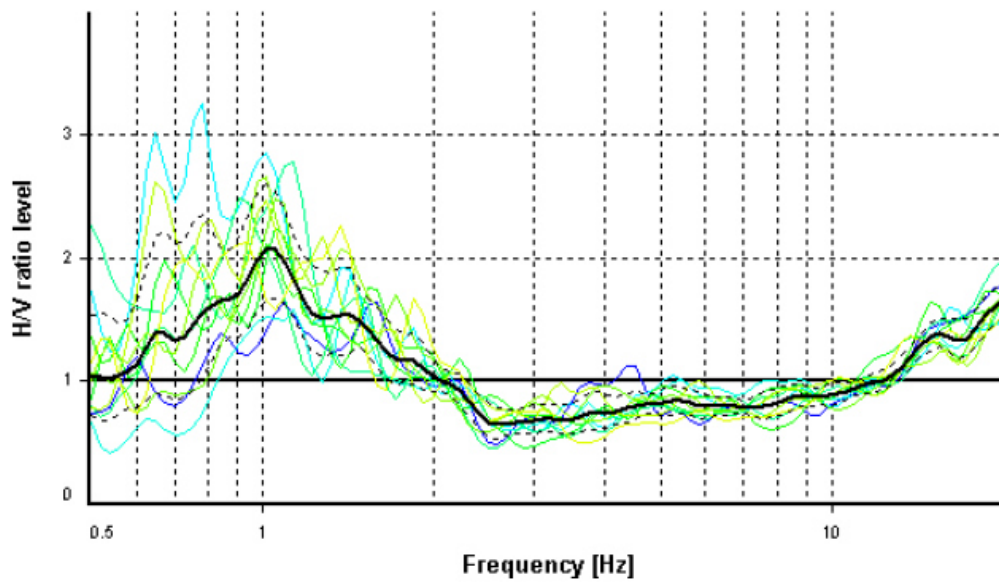
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

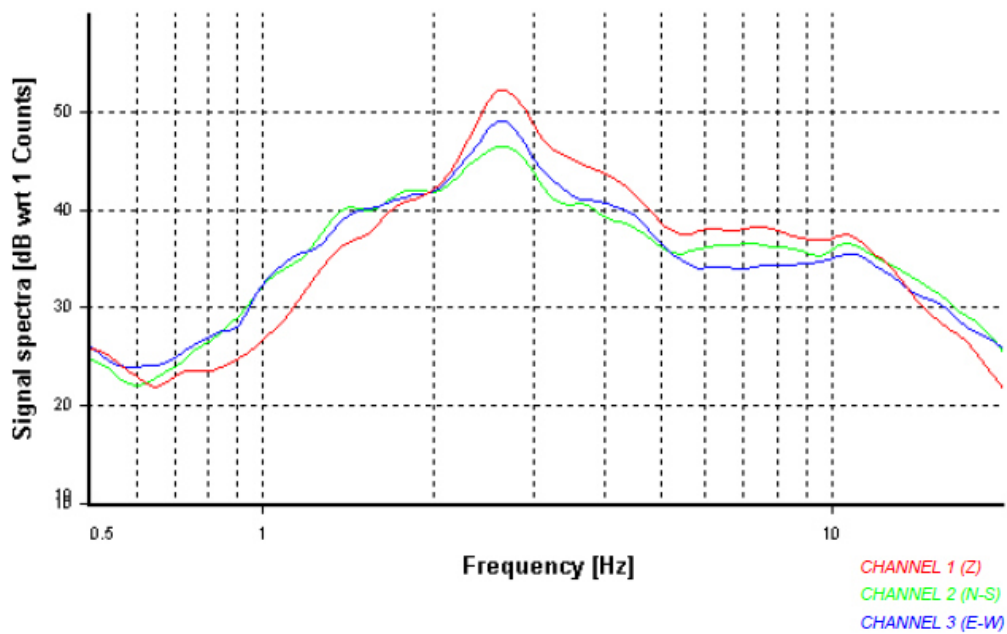
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

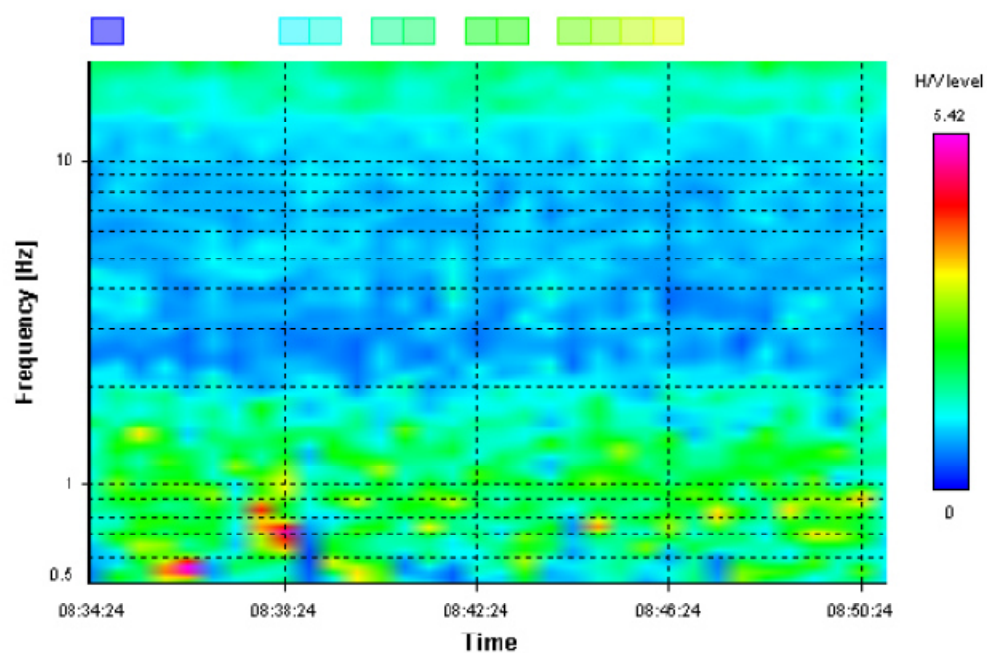
### HVSR average



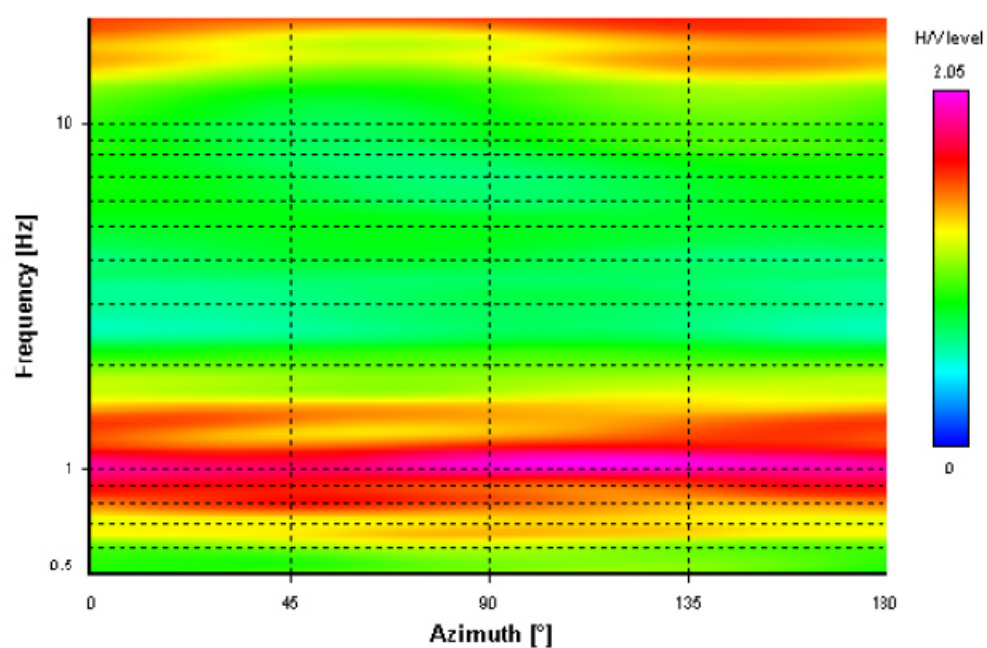
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)

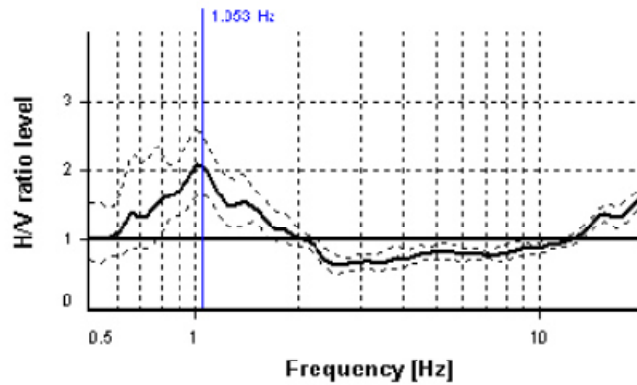


### HVSR directional analysis



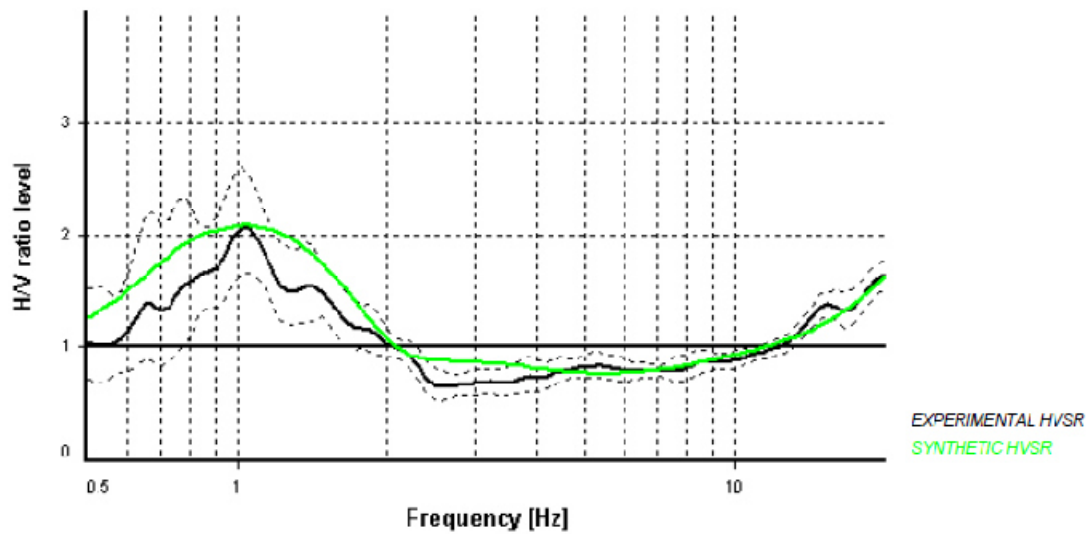
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**  
1.053 Hz

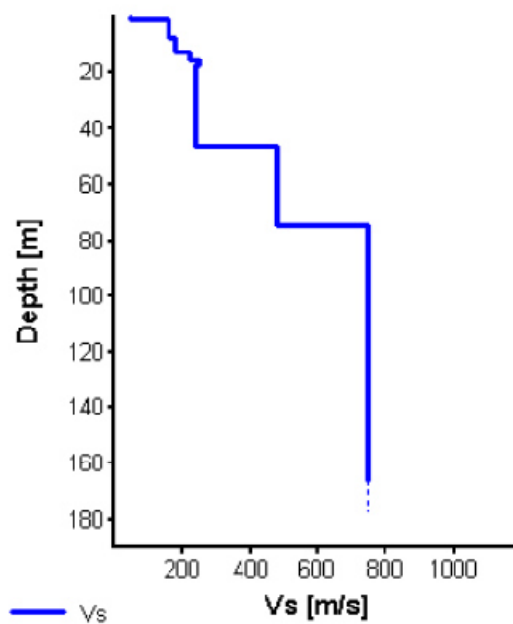


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 9.49 s ) out of 11	OK
$n_c(f_0) > 200$	463.52 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f' \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0$	0.53868 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	2.06017 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.06 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.18264 >= 0.10535	NO
$\sigma_{A_i}(f_0) < \theta(f_0)$	1.23556 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

## Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
0.4	0.4	140	48	1750
7	7.4	300	160	1870
5	12.4	330	180	1890
3	15.4	430	220	1900
2	17.4	650	250	1940
29	46.4	490	240	1940
28	74.4	500	480	1950
80	154.4	900	750	1990
-	> 154.4	4000	750	2100



**Vs 31 = 206 m/s (Offset = 1 m)**



## Tromografia 2

## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

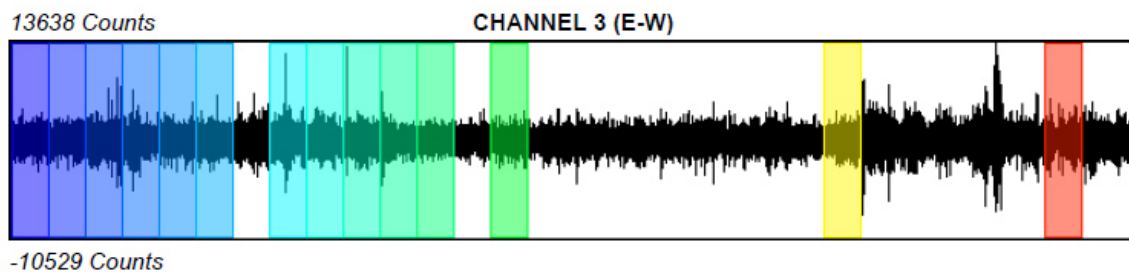
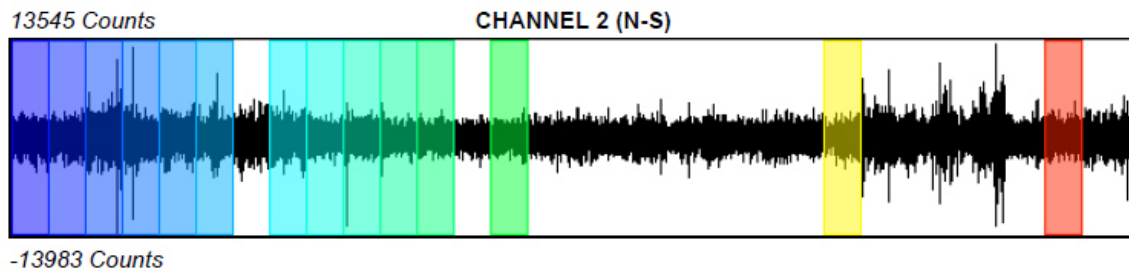
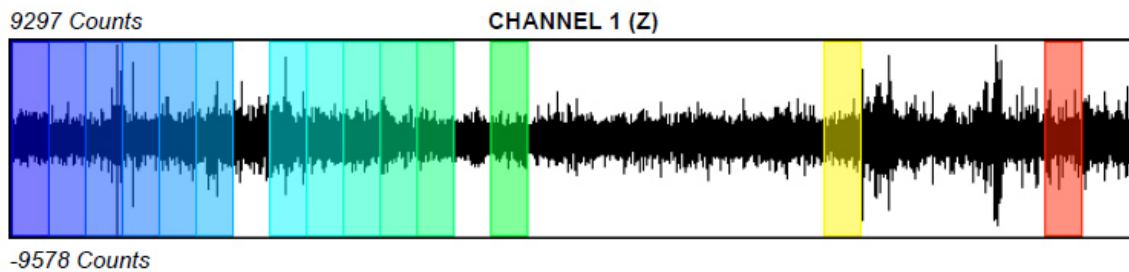
*Recording start time:* 2016/07/16 07:22:55

*Recording length:* 20.35 min

*Windows count:* 14

*Average windows length:* 40

*Signal coverage:* 45.86 %



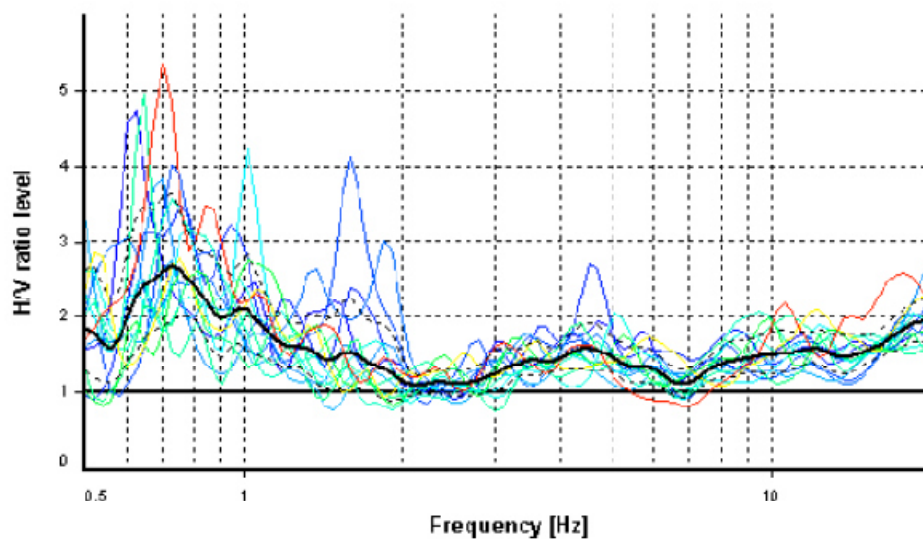
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

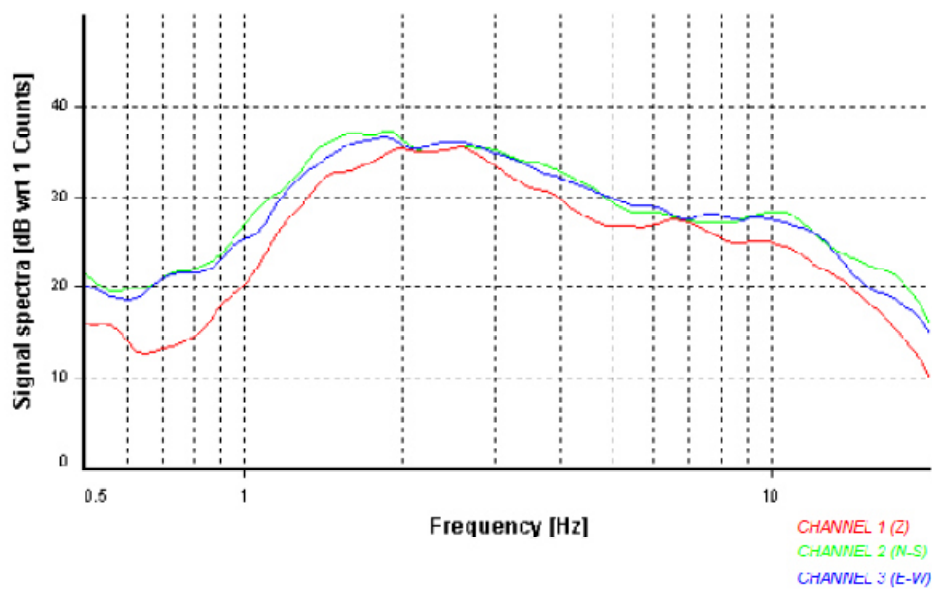
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

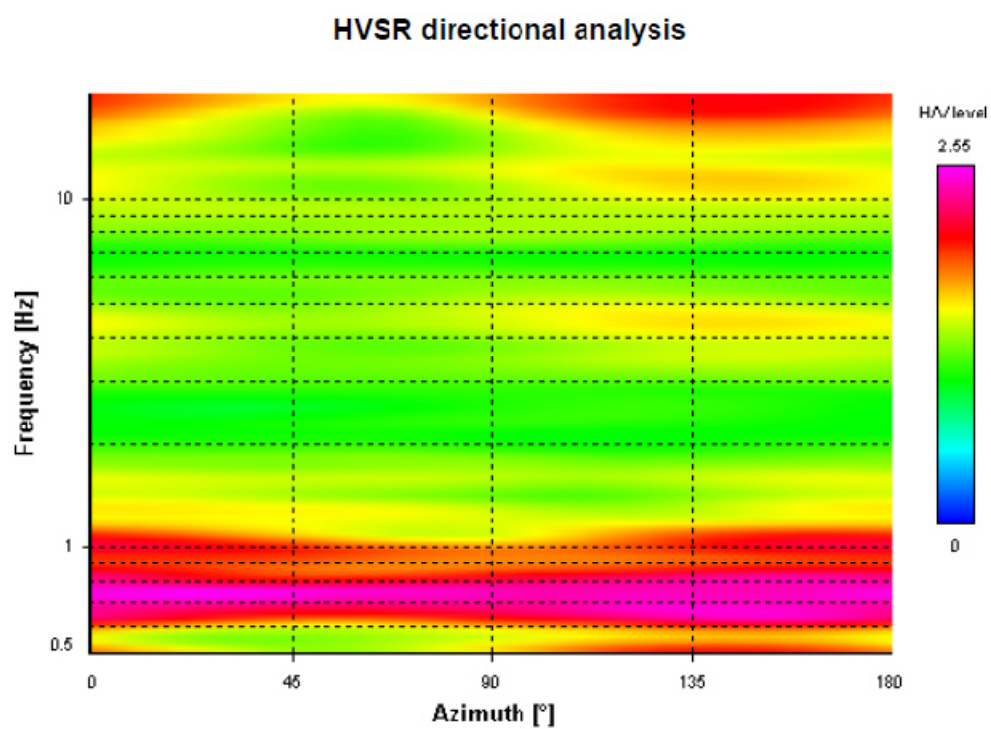
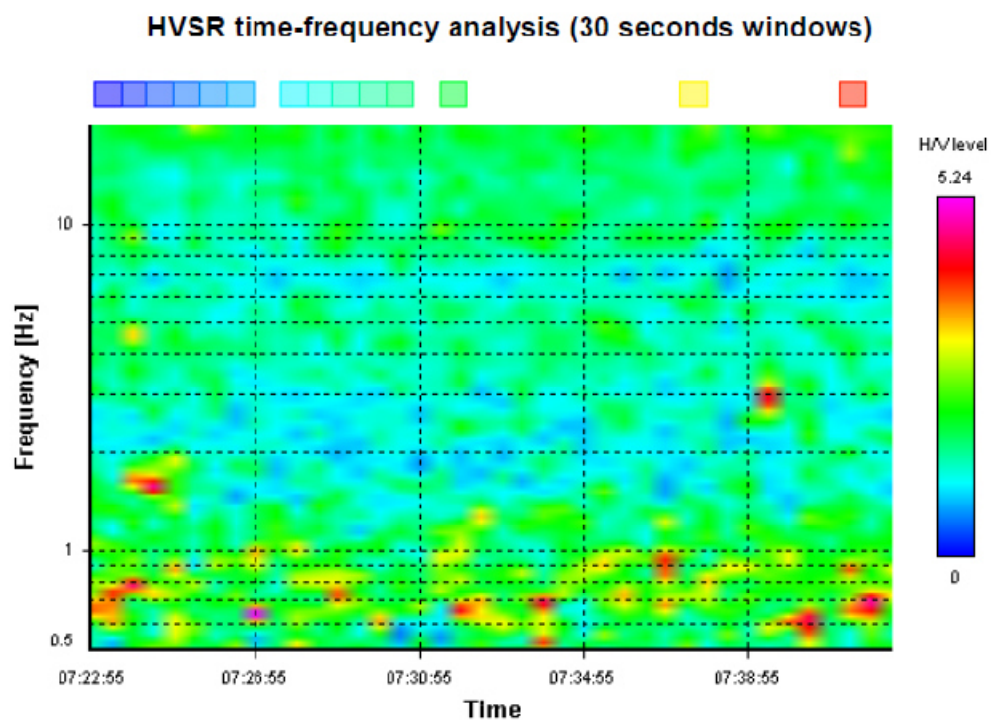
*Instrumental correction:* Disabled

**HVSR average**



**Signal spectra average**

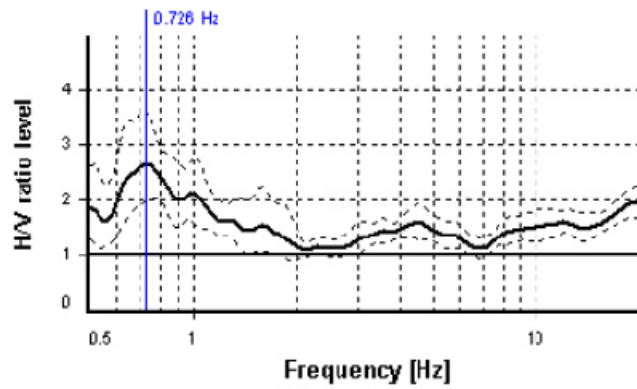




## SESAME CRITERIA

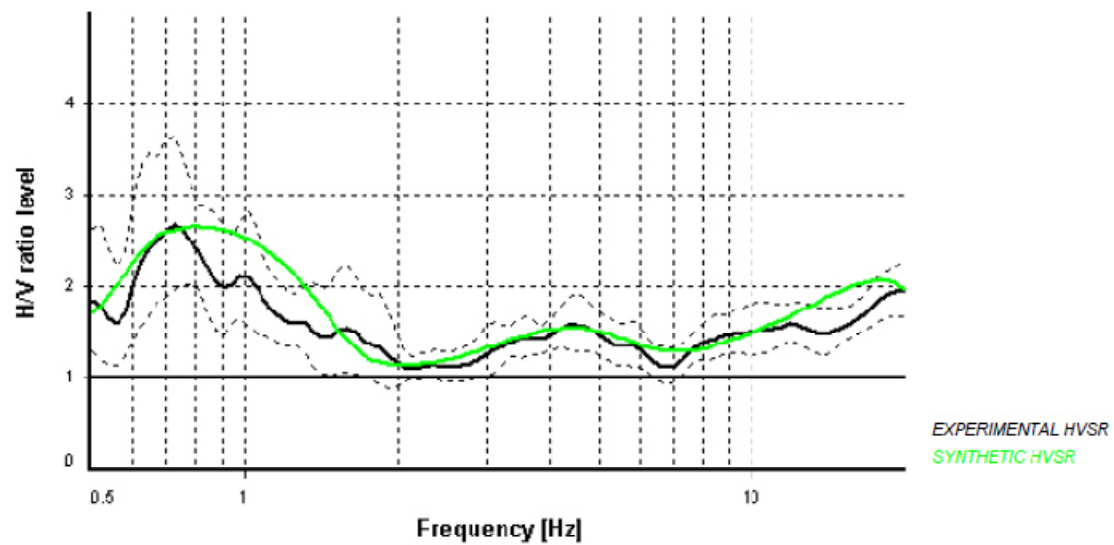
Selected  $f_0$  frequency

0.726 Hz

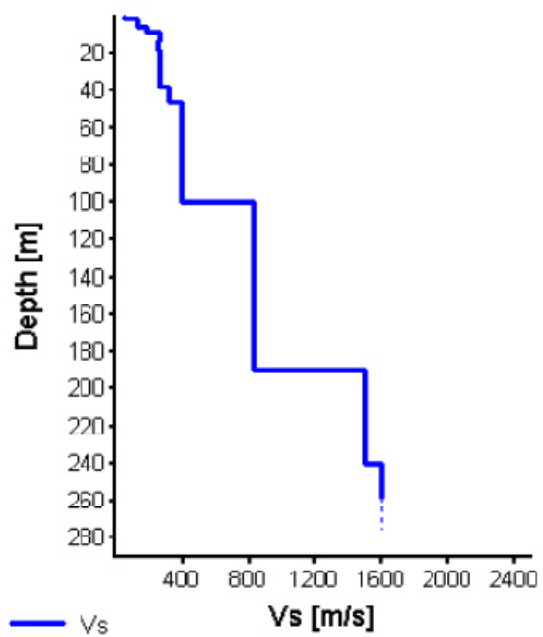


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 13.78 s ) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	406.43 > 200	OK
$\sigma_{A_i}(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 29	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^* \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	1.84228 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.68 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A_i}(f)] = f_0 \pm 5\%$	7.74% > 5%	NO
$\omega_f < \varepsilon(f_0)$	0.15991 $\geq$ 0.10886	NO
$\sigma_{A_i}(f_0) < \theta(f_0)$	1.3599 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		NO

## Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
0.8	0.8	160	52	1750
5	5.8	200	130	1800
3	8.8	450	180	1800
4	12.8	430	262	1850
5	17.8	630	250	1900
20	37.8	650	270	1980
8	45.8	540	320	1980
54	99.8	700	390	1990
90	169.8	850	630	2300
50	239.8	1800	1500	2400
-	> 239.8	2800	1600	2500



**Vs 31 = 219 m/s (Offset = 1 m)**



## Appendice 5

### Spettri di risposta sismica III Livello

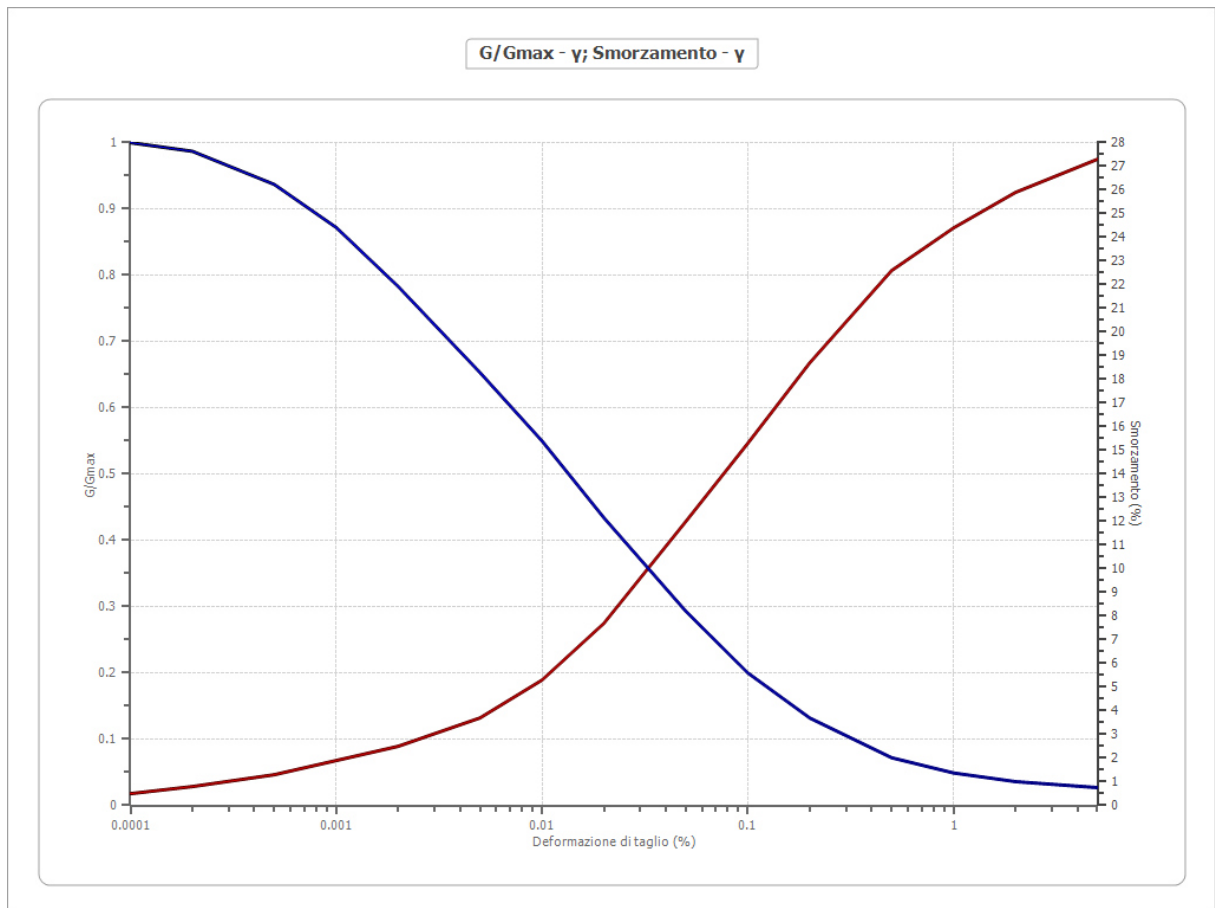
## Dati generali

Data della prova	d.C./02/2014
Via	Via Baden Powell, Villanova di Castenaso, Bologna
Latitudine	44,49367[°]
Longitudine	11,423336[°]

## Terreni

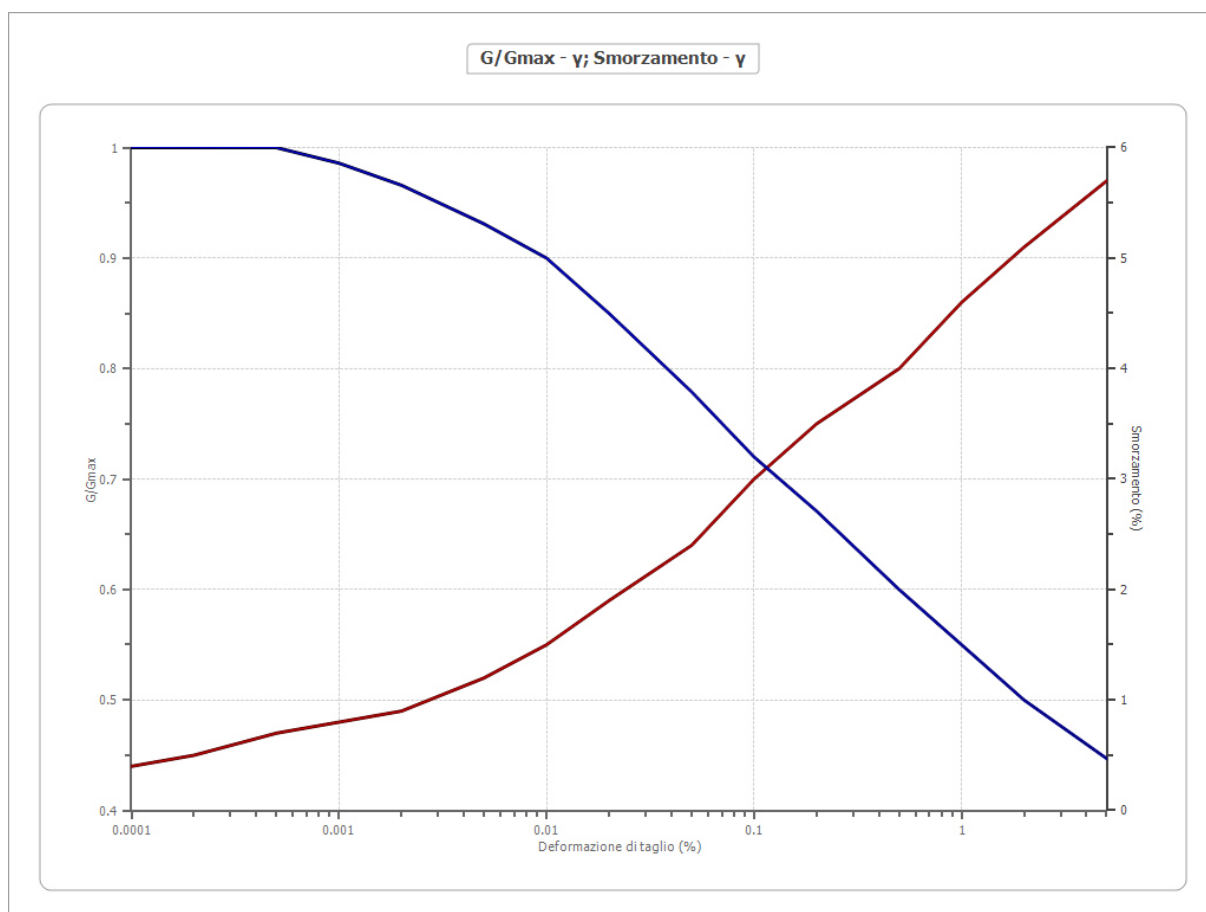
Seed et al. (1986) Gravel

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.0002	0.987	0.0002	0.800
0.0005	0.937	0.0005	1.300
0.001	0.872	0.001	1.900
0.002	0.783	0.002	2.500
0.005	0.653	0.005	3.700
0.010	0.550	0.010	5.300
0.020	0.434	0.020	7.700
0.050	0.293	0.050	12.000
0.100	0.200	0.100	15.300
0.200	0.132	0.200	18.700
0.500	0.072	0.500	22.600
1.000	0.049	1.000	24.400
2.000	0.036	2.000	25.900
5.000	0.027	5.000	27.300



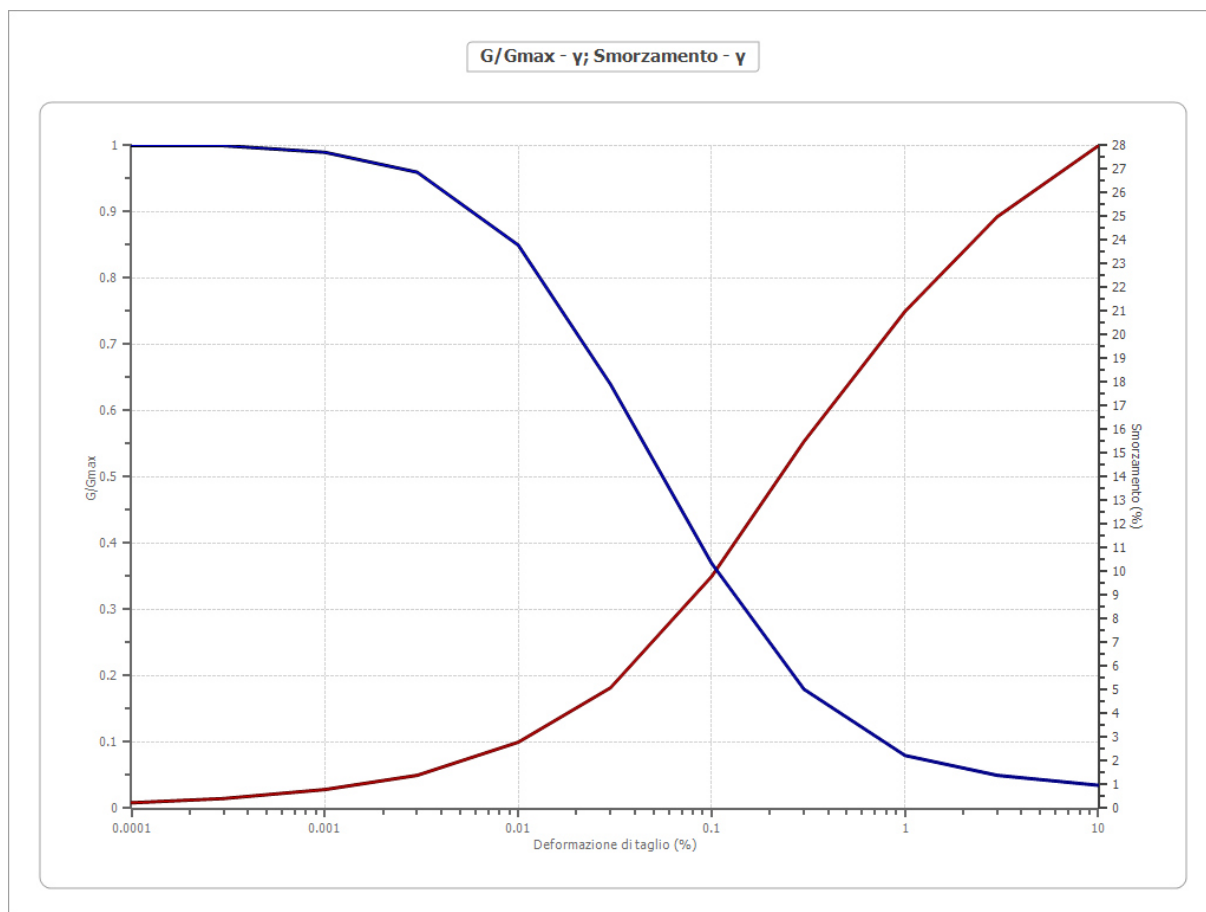
# Idriss (1990) Rock

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.400
0.0002	1.000	0.0002	0.500
0.0005	1.000	0.0005	0.700
0.001	0.986	0.001	0.800
0.002	0.966	0.002	0.900
0.005	0.931	0.005	1.200
0.010	0.900	0.010	1.500
0.020	0.850	0.020	1.900
0.050	0.779	0.050	2.400
0.100	0.720	0.100	3.000
0.200	0.671	0.200	3.500
0.500	0.600	0.500	4.000
1.000	0.550	1.000	4.600
2.000	0.500	2.000	5.100
5.000	0.447	5.000	5.700



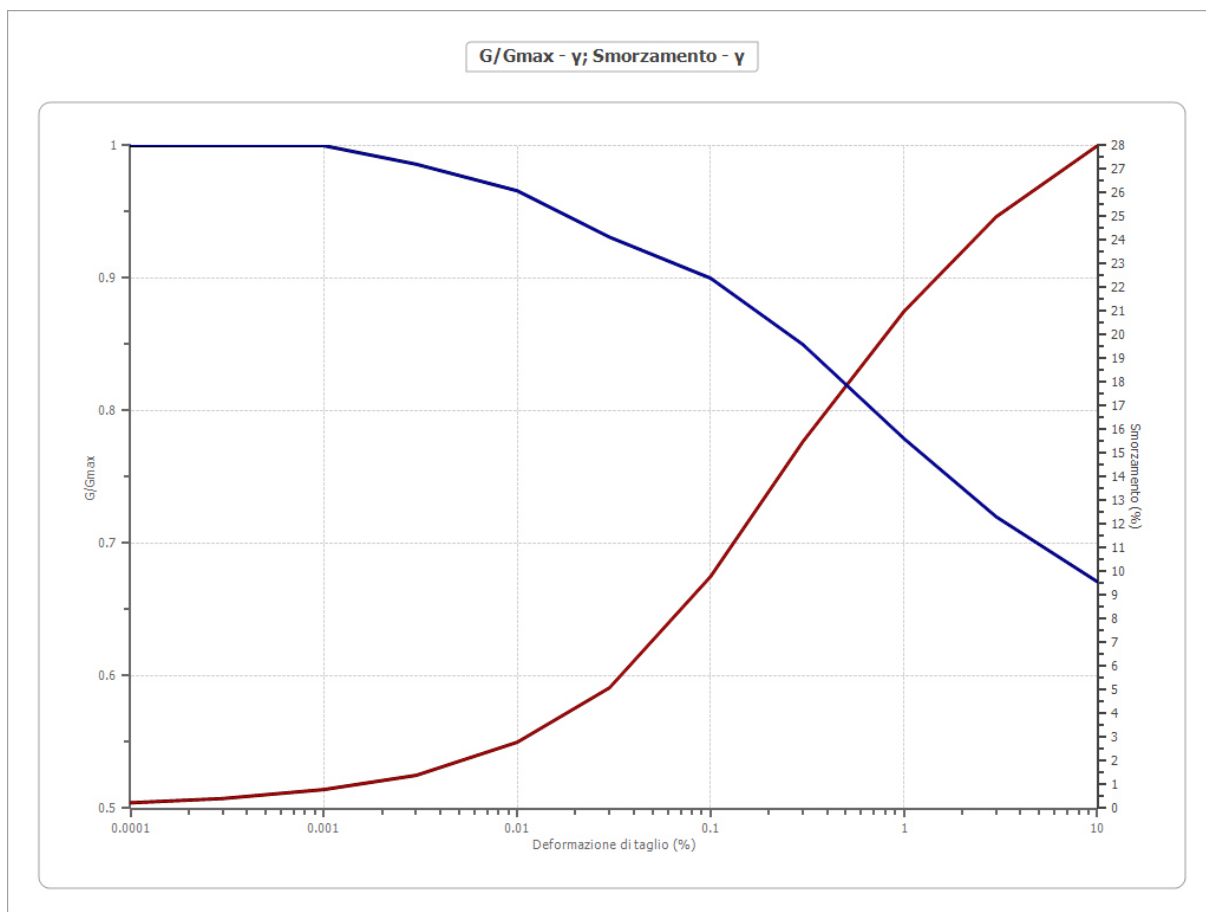
# Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

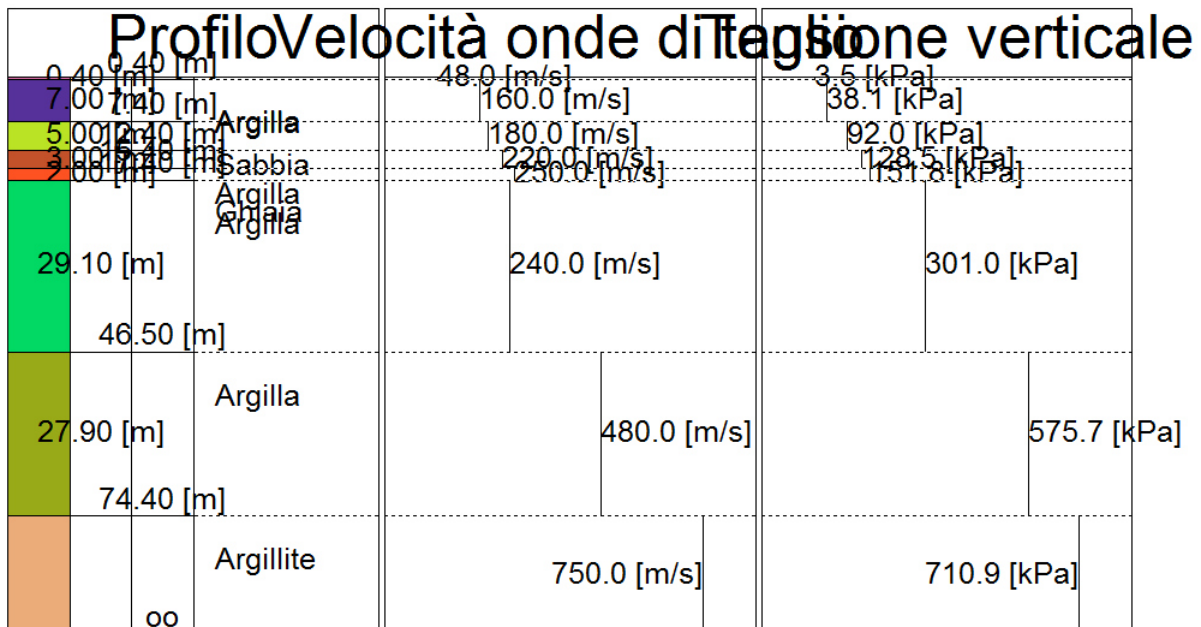
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



## Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	G <sub>max</sub> MPa	Smorzamento critico [%]	γ <sub>n</sub> . kN/m <sup>3</sup>	V <sub>s</sub> m/s	σ <sub>v</sub> kPa
1	Argilla	--	0.4	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	4.11	--	17.5	48.0	3.5
2	Argilla	0.4	7.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	48.80	--	18.7	160.0	38.1
3	Sabbia	7.4	5.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	62.42	--	18.9	180.0	92.0
4	Argilla	12.4	3.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	93.74	--	19.0	220.0	128.5
5	Ghiaia	15.4	2.0	Seed et al. (1986) Gravel	123.60	--	19.4	250.0	151.8
6	Argilla	17.4	29.1	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	113.91	--	19.4	240.0	301.0
7	Argilla	46.5	27.9	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	457.98	--	19.5	480.0	575.7
8	Argillite	oo	--	Idriss (1990) Rock	1141.0 6	--	19.9	750.0	710.9

Strato con falda: 1  
 Strato rilevamento accelerogramma: 8 Interno





## Elaborazione

Numero di iterazioni                      50  
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima                      0.5  
 Tipo di modulo elastico                      Shake 91  
 Massimo errore percentuale di convergenza                      4.66 E-04

## Fattori di amplificazione

Tai	0.220 [s]
Tvi	0.920 [s]
Tao	0.240 [s]
Tvo	0.980 [s]
Sami	3.639 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.198 [m/s]
Samo	7.360 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	1.061 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>2.023 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>5.361 [-]</b>
TB	0.302 [s]
TC	0.906 [s]
TD	2.244 [s]
SA(0)	0.326 [g]
SA(TB)	0.750 [g]

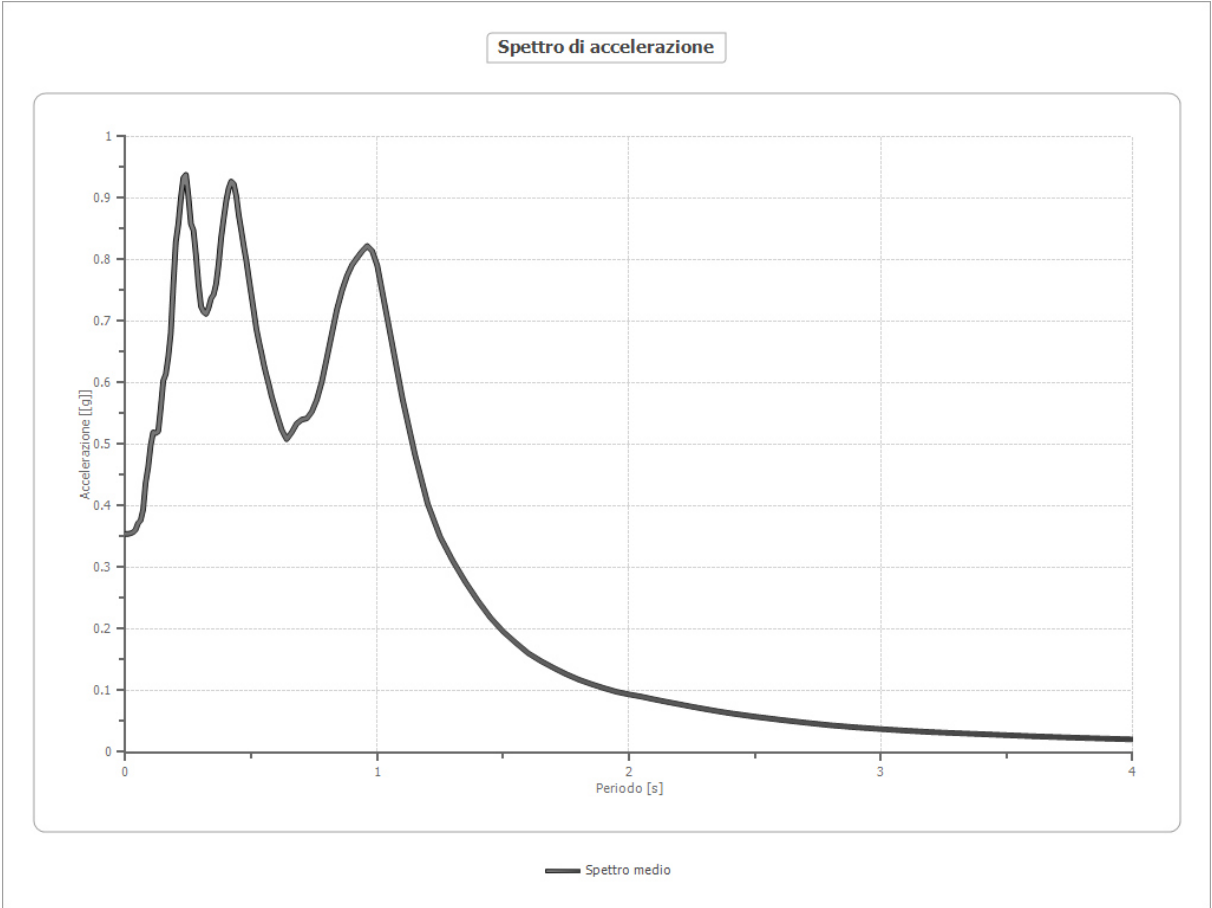
## Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.056	0.136	0.200	2.400
0.500	1.000	0.095	0.377	0.500	3.972
0.100	2.500	0.421	1.417	0.040	3.363

## Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.3546	0.26	0.8584	0.52	0.6875	0.98	0.8143	2.25	0.0738
0.01	0.3546	0.27	0.8476	0.53	0.6671	1.00	0.7906	2.30	0.0702
0.02	0.3555	0.28	0.8074	0.54	0.6485	1.05	0.6830	2.35	0.0666
0.03	0.3573	0.29	0.7595	0.55	0.6288	1.10	0.5746	2.40	0.0634
0.04	0.3612	0.30	0.7241	0.56	0.6120	1.15	0.4830	2.50	0.0576
0.05	0.3719	0.31	0.7156	0.57	0.5963	1.20	0.4039	2.60	0.0526
0.06	0.3766	0.32	0.7121	0.58	0.5790	1.25	0.3497	2.70	0.0479
0.07	0.3936	0.33	0.7217	0.60	0.5504	1.30	0.3108	2.80	0.0437
0.08	0.4378	0.34	0.7373	0.62	0.5242	1.35	0.2765	2.90	0.0403
0.09	0.4623	0.35	0.7435	0.64	0.5084	1.40	0.2458	3.00	0.0375
0.10	0.4980	0.36	0.7608	0.66	0.5194	1.45	0.2182	3.10	0.0349
0.11	0.5197	0.37	0.7934	0.68	0.5339	1.50	0.1959	3.20	0.0326
0.12	0.5183	0.38	0.8359	0.70	0.5403	1.55	0.1777	3.30	0.0309
0.13	0.5212	0.39	0.8669	0.72	0.5422	1.60	0.1606	3.40	0.0292
0.14	0.5587	0.40	0.8956	0.74	0.5530	1.65	0.1481	3.50	0.0276
0.15	0.6033	0.41	0.9158	0.76	0.5726	1.70	0.1371	3.60	0.0259

0.16	0.6141	0.42	0.9272	0.78	0.6022	1.75	0.1269	3.70	0.0244
0.17	0.6420	0.43	0.9230	0.80	0.6407	1.80	0.1179	3.80	0.0231
0.18	0.6808	0.44	0.9035	0.82	0.6804	1.85	0.1107	3.90	0.0219
0.19	0.7598	0.45	0.8723	0.84	0.7196	1.90	0.1041	4.00	0.0208
0.20	0.8291	0.46	0.8477	0.86	0.7500	1.95	0.0981		
0.21	0.8578	0.47	0.8213	0.88	0.7740	2.00	0.0938		
0.22	0.8999	0.48	0.7981	0.90	0.7916	2.05	0.0901		
0.23	0.9332	0.49	0.7698	0.92	0.8031	2.10	0.0857		
0.24	0.9380	0.50	0.7427	0.94	0.8139	2.15	0.0817		
0.25	0.9027	0.51	0.7155	0.96	0.8226	2.20	0.0778		



Spettro normalizzato di risposta elastico

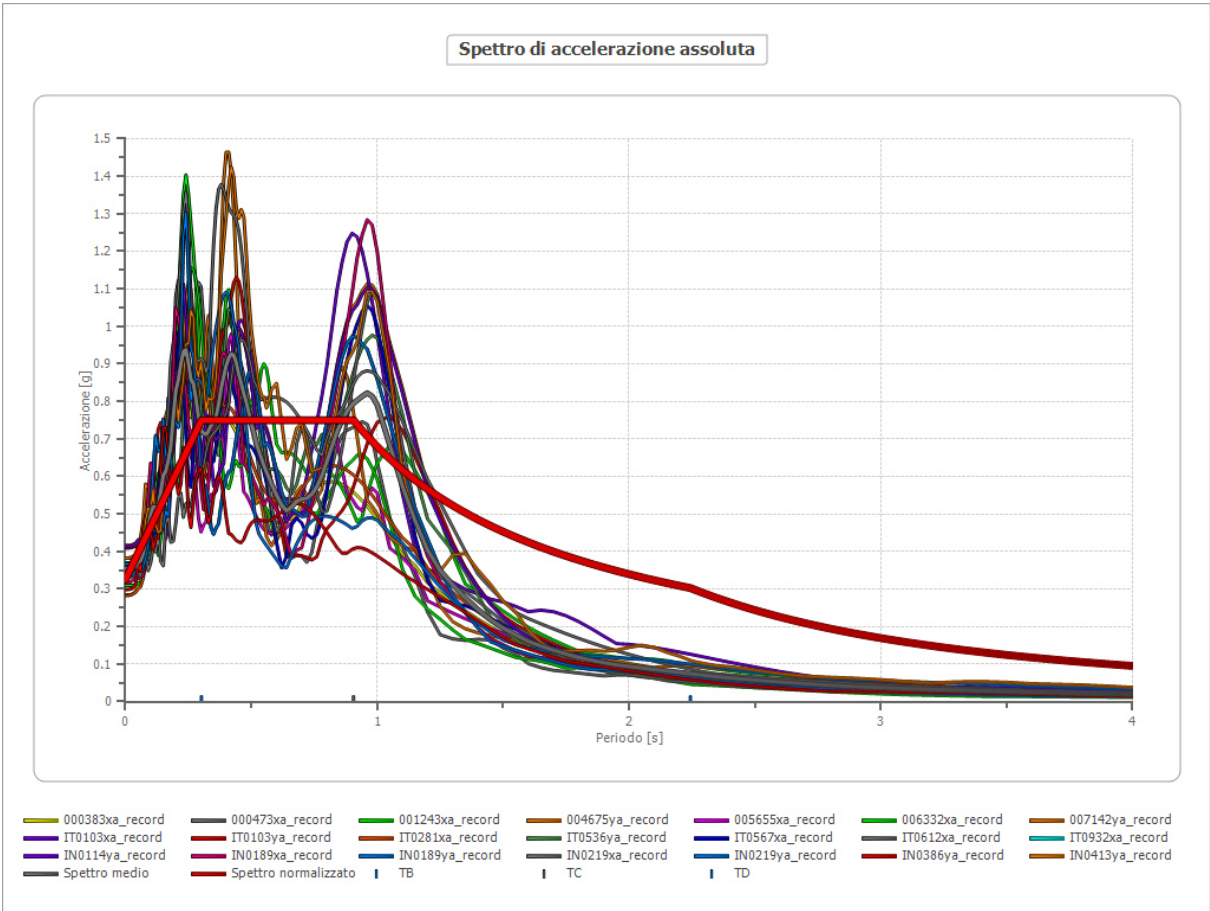
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.3256	0.26	0.6913	0.52	0.7503	0.98	0.6935	2.25	0.3020
0.01	0.3396	0.27	0.7054	0.53	0.7503	1.00	0.6796	2.30	0.2955
0.02	0.3537	0.28	0.7194	0.54	0.7503	1.05	0.6472	2.35	0.2892
0.03	0.3678	0.29	0.7335	0.55	0.7503	1.10	0.6178	2.40	0.2832
0.04	0.3818	0.30	0.7475	0.56	0.7503	1.15	0.5910	2.50	0.2718
0.05	0.3959	0.31	0.7503	0.57	0.7503	1.20	0.5663	2.60	0.2614
0.06	0.4100	0.32	0.7503	0.58	0.7503	1.25	0.5437	2.70	0.2517
0.07	0.4240	0.33	0.7503	0.60	0.7503	1.30	0.5228	2.80	0.2427
0.08	0.4381	0.34	0.7503	0.62	0.7503	1.35	0.5034	2.90	0.2343
0.09	0.4522	0.35	0.7503	0.64	0.7503	1.40	0.4854	3.00	0.2265
0.10	0.4662	0.36	0.7503	0.66	0.7503	1.45	0.4687	3.10	0.2192
0.11	0.4803	0.37	0.7503	0.68	0.7503	1.50	0.4531	3.20	0.2124
0.12	0.4944	0.38	0.7503	0.70	0.7503	1.55	0.4385	3.30	0.2059
0.13	0.5084	0.39	0.7503	0.72	0.7503	1.60	0.4248	3.40	0.1999

0.14	0.5225	0.40	0.7503	0.74	0.7503	1.65	0.4119	3.50	0.1942
0.15	0.5366	0.41	0.7503	0.76	0.7503	1.70	0.3998	3.60	0.1888
0.16	0.5506	0.42	0.7503	0.78	0.7503	1.75	0.3883	3.70	0.1837
0.17	0.5647	0.43	0.7503	0.80	0.7503	1.80	0.3776	3.80	0.1788
0.18	0.5788	0.44	0.7503	0.82	0.7503	1.85	0.3674	3.90	0.1743
0.19	0.5928	0.45	0.7503	0.84	0.7503	1.90	0.3577	4.00	0.1699
0.20	0.6069	0.46	0.7503	0.86	0.7503	1.95	0.3485		
0.21	0.6210	0.47	0.7503	0.88	0.7503	2.00	0.3398		
0.22	0.6350	0.48	0.7503	0.90	0.7503	2.05	0.3315		
0.23	0.6491	0.49	0.7503	0.92	0.7387	2.10	0.3236		
0.24	0.6632	0.50	0.7503	0.94	0.7230	2.15	0.3161		
0.25	0.6772	0.51	0.7503	0.96	0.7079	2.20	0.3089		

Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.326	2.305	--	0.302	0.906	2.244	0.326	0.750

Confronto tra gli spettri

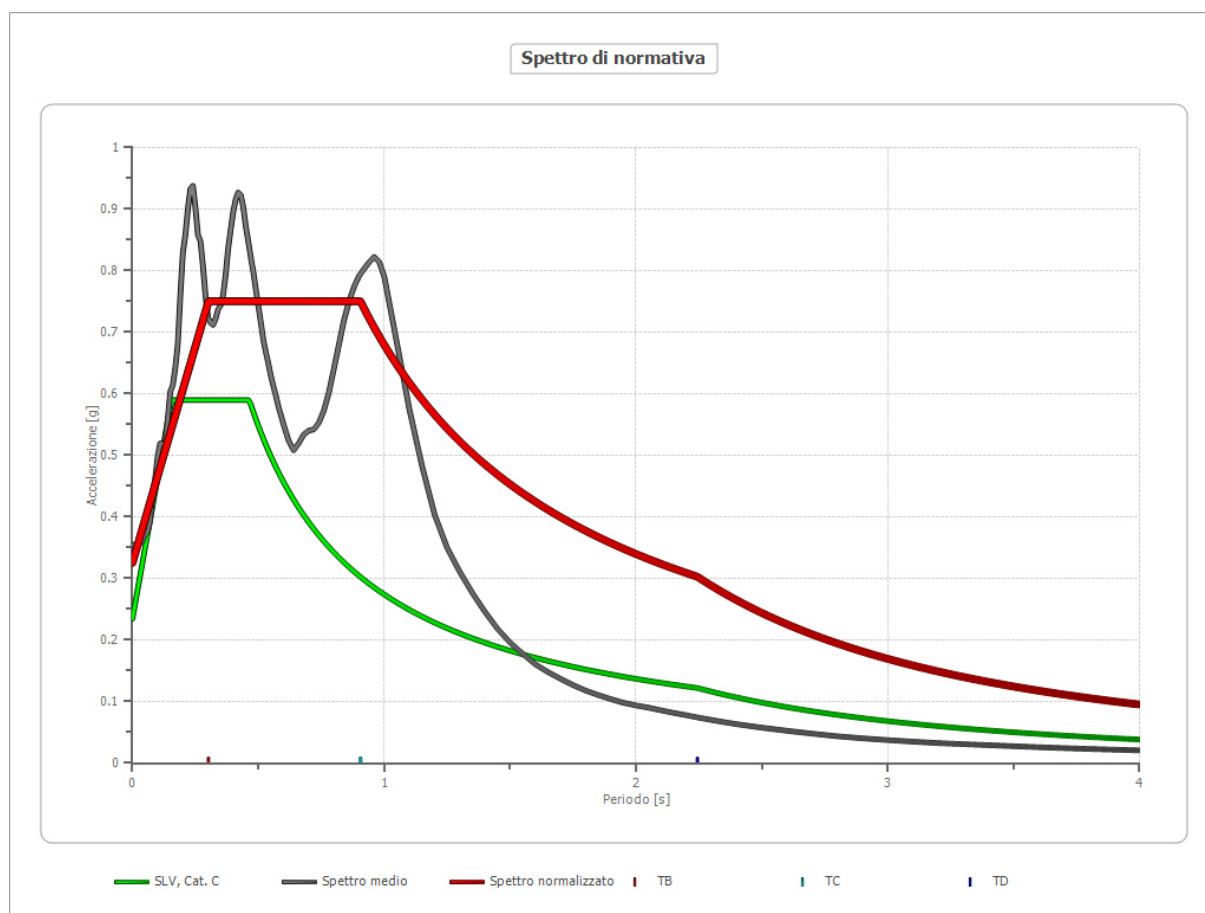


## Stato Limite di Vita Componente orizzontale

### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.057	0.071	0.161	0.201
Fo	2.495	2.485	2.515	2.531
Tc* [s]	0.257	0.269	0.296	0.306
Ss	1.50	1.50	1.46	1.39
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.64	1.62	1.57	1.55
TB [s]	0.141	0.145	0.155	0.158
TC [s]	0.423	0.436	0.464	0.475
TD [s]	1.828	1.884	2.244	2.404
Se(0) [g]	0.086	0.107	0.235	0.280
Se(TB) [g]	0.213	0.265	0.590	0.710

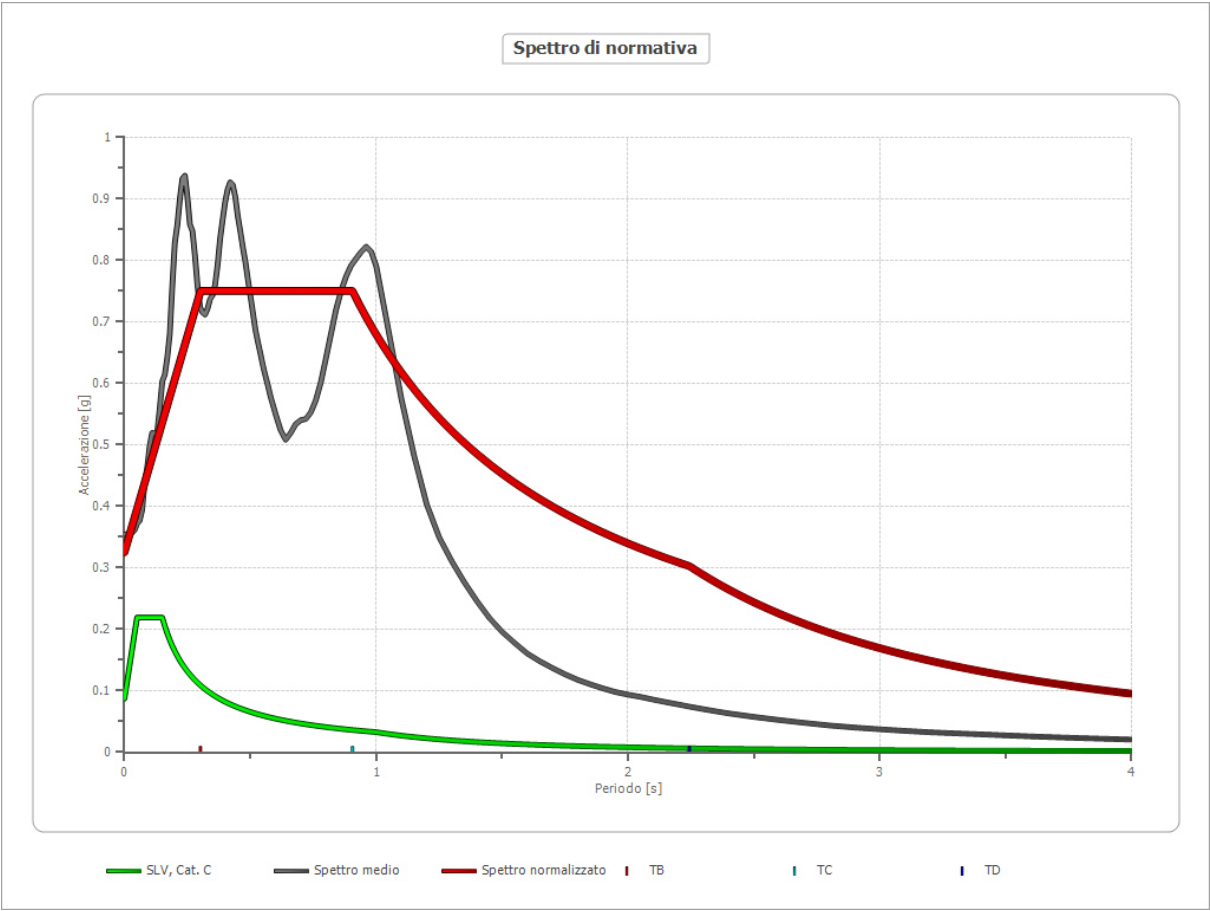


**Stato Limite di Vita**  
**Componente verticale**

**Confronto spettro normativa**

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.057	0.071	0.161	0.201
Fo	2.495	2.485	2.515	2.531
Tc* [s]	0.257	0.269	0.296	0.306
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	0.00	0.00	0.00	0.00
TB [s]	0.050	0.050	0.050	0.050
TC [s]	0.150	0.150	0.150	0.150
TD [s]	1.000	1.000	1.000	1.000
Se(0) [g]	0.018	0.026	0.087	0.122
Se(TB) [g]	0.046	0.063	0.219	0.308
Fv	1.531877			

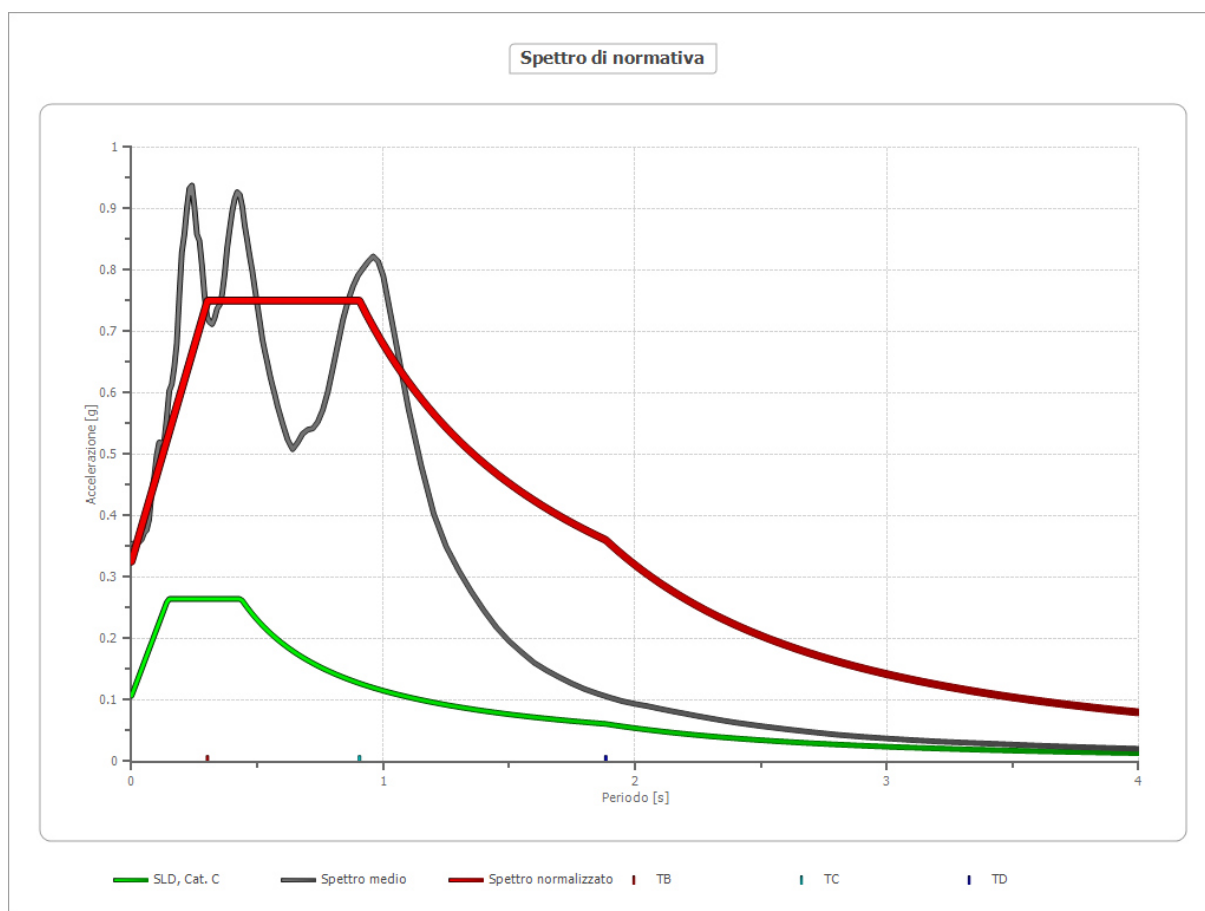


## Stato Limite di Danno Componente orizzontale

### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.057	0.071	0.161	0.201
Fo	2.495	2.485	2.515	2.531
Tc* [s]	0.257	0.269	0.296	0.306
Ss	1.50	1.50	1.46	1.39
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.64	1.62	1.57	1.55
TB [s]	0.141	0.145	0.155	0.158
TC [s]	0.423	0.436	0.464	0.475
TD [s]	1.828	1.884	2.244	2.404
Se(0) [g]	0.086	0.107	0.235	0.280
Se(TB) [g]	0.213	0.265	0.590	0.710

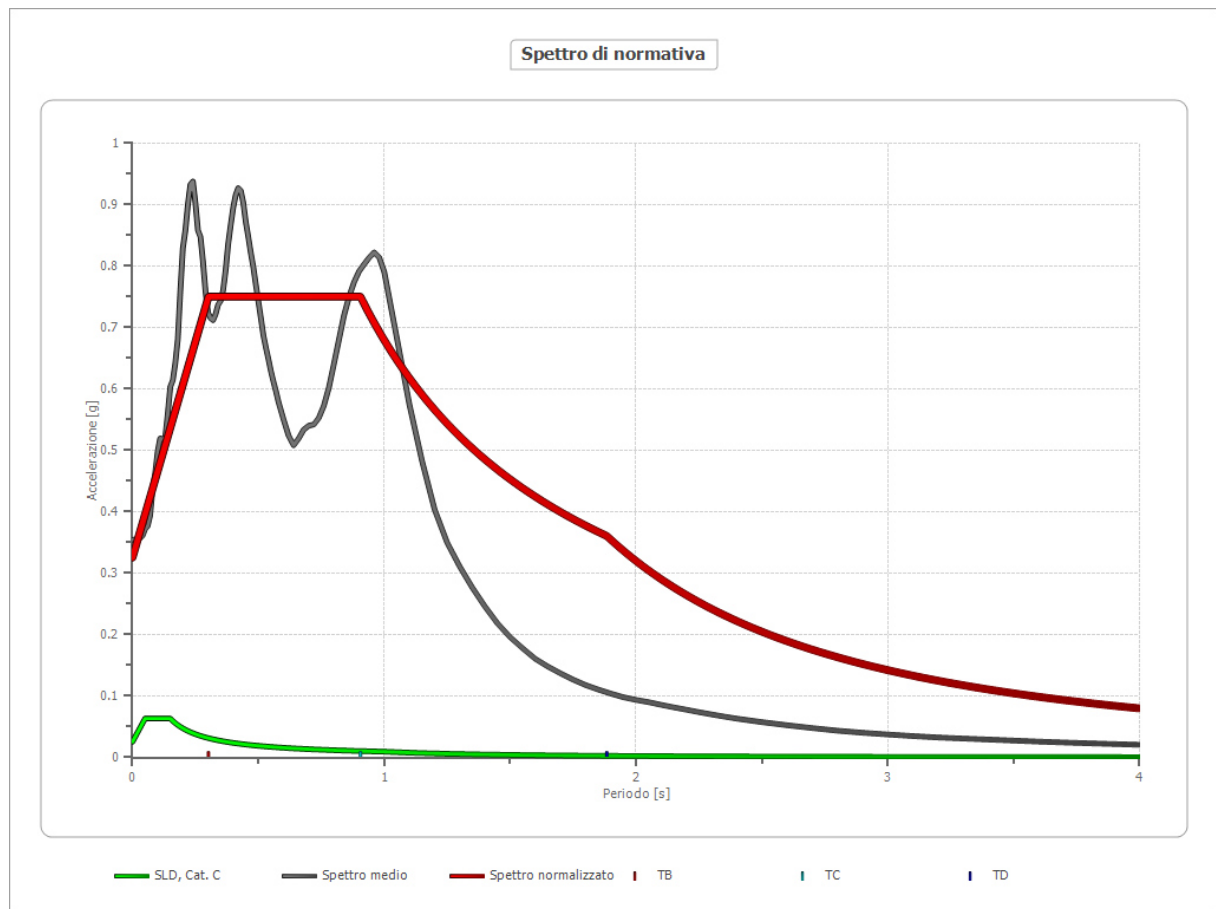


## Stato Limite di Danno Componente verticale

### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.057	0.071	0.161	0.201
Fo	2.495	2.485	2.515	2.531
Tc* [s]	0.257	0.269	0.296	0.306
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	0.00	0.00	0.00	0.00
TB [s]	0.050	0.050	0.050	0.050
TC [s]	0.150	0.150	0.150	0.150
TD [s]	1.000	1.000	1.000	1.000
Se(0) [g]	0.018	0.026	0.087	0.122
Se(TB) [g]	0.046	0.063	0.219	0.308
Fv	1.531877			



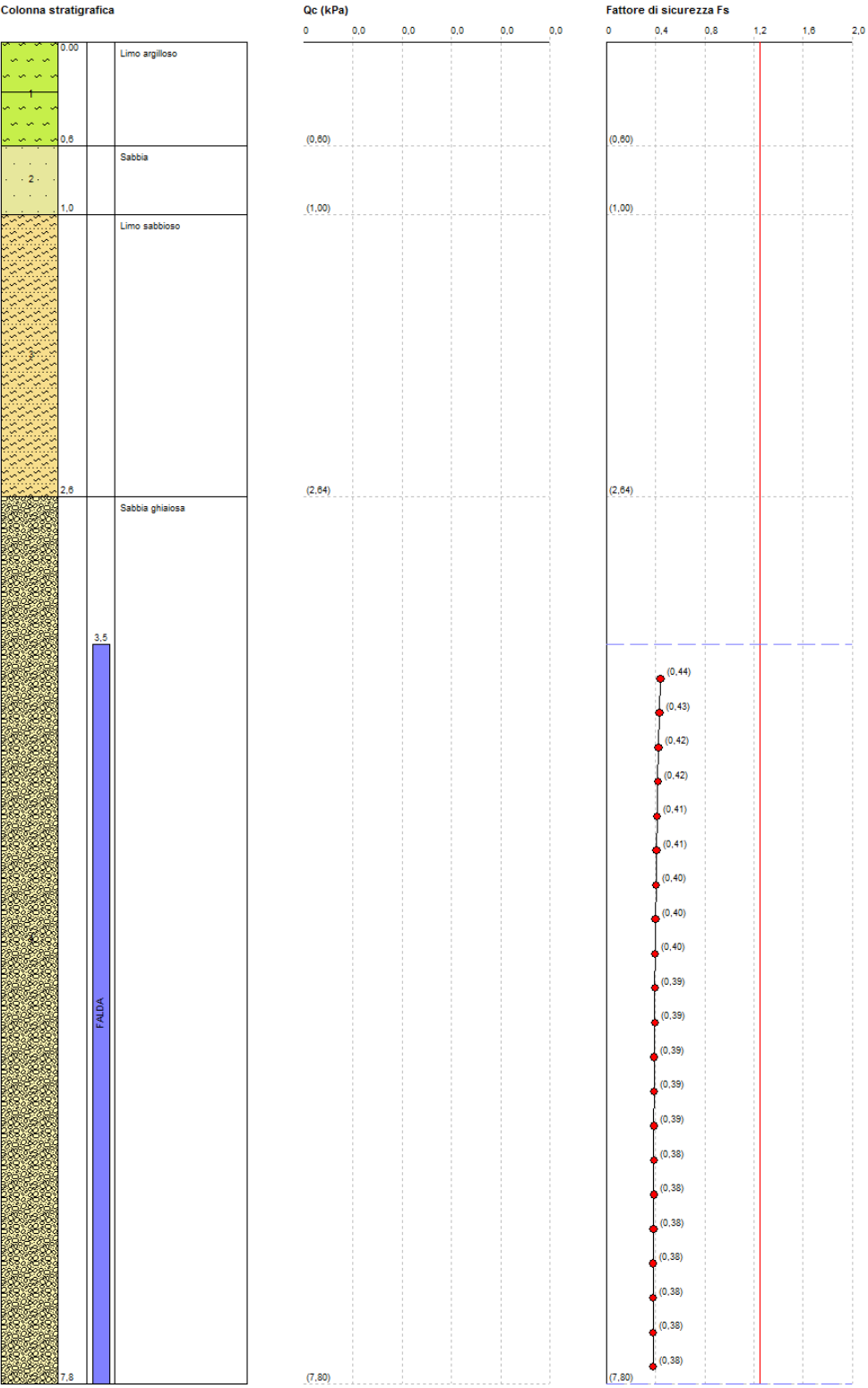


## Appendice 6

Suscettività alla liquefazione dei terreni  
Calcolo indice  $I_L$

Prova CPTu 1

1:



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Immobiliare Castenaso srl

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,5 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,515

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,46

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,225

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	Limo argilloso	0	0,6	20,3	21,1	2839,06	37,24
2	Sabbia	0,6	1	22,1	22,9	7949,76	388,08
3	Limo sabbioso	1	2,64	20,9	21,7	4063,08	45,08
4	Sabbia ghiaiosa	2,64	7,8	22,3	23,1	9047,36	36,26

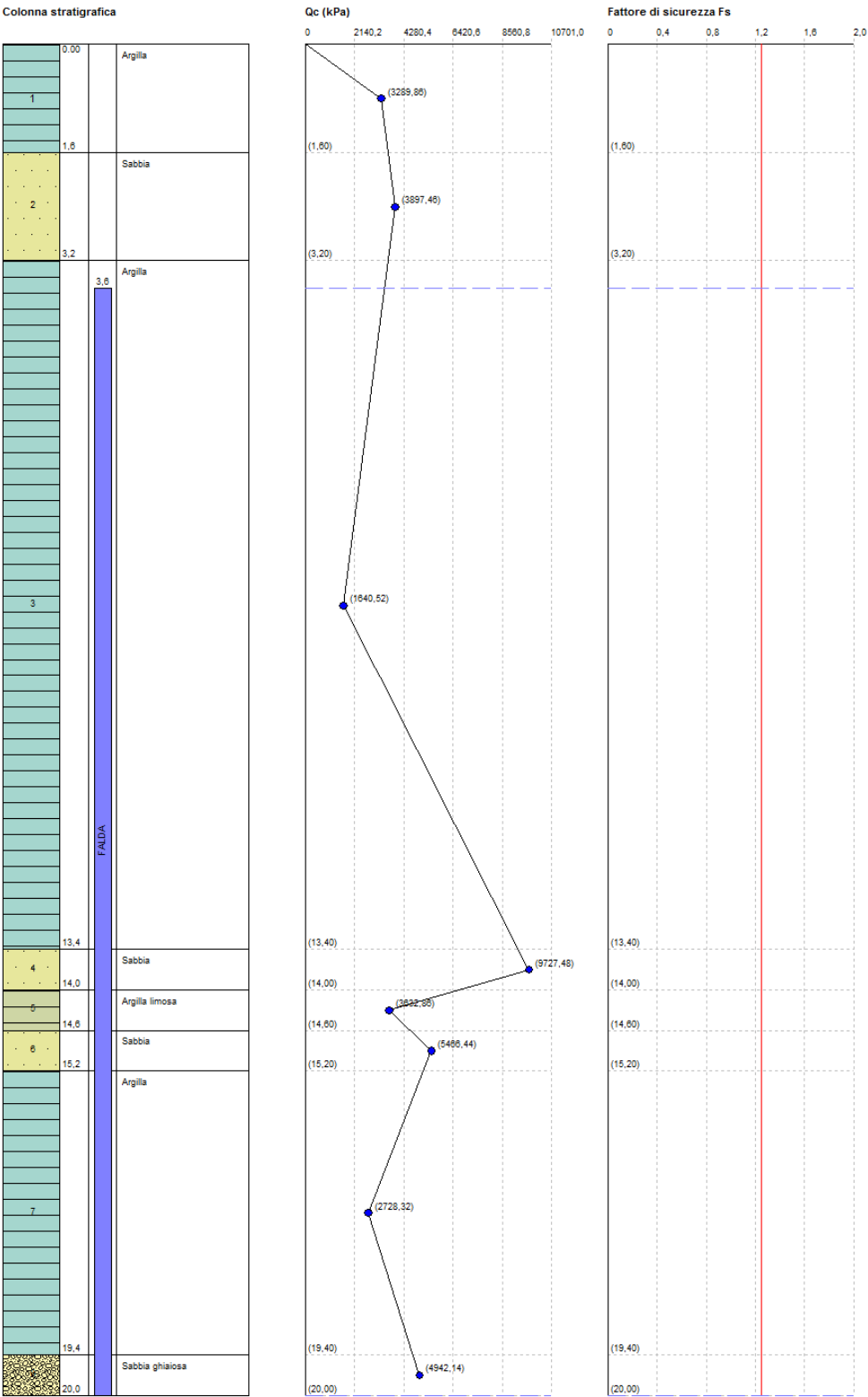
Correzione per la magnitudo (MSF) 1,14

Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
3,70	79,094	77,133	89,291	0,404	1,681	1,146144	112,408	0,979	0,156	0,147	1,293	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
3,90	83,714	79,791	89,291	0,405	1,688	1,126887	110,959	0,974	0,154	0,150	1,242	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,10	88,334	82,450	89,291	0,405	1,694	1,108664	109,594	0,970	0,151	0,152	1,197	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,30	92,954	85,109	89,291	0,405	1,700	1,091789	108,336	0,965	0,149	0,154	1,158	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,50	97,574	87,767	89,291	0,405	1,706	1,075542	107,131	0,960	0,147	0,156	1,123	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,70	102,194	90,426	89,291	0,405	1,712	1,059764	105,965	0,955	0,146	0,158	1,092	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,90	106,814	93,085	89,291	0,406	1,718	1,044506	104,844	0,950	0,144	0,159	1,064	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
5,10	111,434	95,743	89,291	0,406	1,724	1,0297	103,760	0,945	0,142	0,161	1,039	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
5,30	116,054	98,402	89,291	0,406	1,730	1,015326	102,712	0,939	0,141	0,162	1,016	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
5,50	120,674	101,061	89,291	0,406	1,735	1,001366	101,699	0,934	0,140	0,163	0,995	Terreno suscettibile di liquefazione	0,24	Basso
5,70	125,294	103,719	89,291	0,406	1,741	0,9878003	100,719	0,929	0,138	0,164	0,976	Terreno suscettibile di liquefazione	1,17	Basso
5,90	129,914	106,378	89,291	0,407	1,746	0,9746113	99,770	0,924	0,137	0,165	0,959	Terreno suscettibile di liquefazione	2,07	Basso
6,10	134,534	109,037	89,291	0,407	1,751	0,9617726	98,851	0,918	0,136	0,166	0,943	Terreno suscettibile di liquefazione	2,94	Basso
6,30	139,154	111,695	89,291	0,407	1,757	0,9492832	97,960	0,913	0,135	0,166	0,929	Terreno suscettibile di liquefazione	3,78	Basso
6,50	143,774	114,354	89,291	0,407	1,762	0,9371248	97,097	0,907	0,134	0,167	0,916	Terreno suscettibile di liquefazione	4,59	Basso
6,70	148,394	117,013	89,291	0,407	1,767	0,9252843	96,259	0,902	0,133	0,167	0,904	Terreno suscettibile di liquefazione	5,37	Alto
6,90	153,014	119,671	89,291	0,408	1,772	0,9136961	95,443	0,896	0,132	0,168	0,893	Terreno suscettibile di liquefazione	6,13	Alto
7,10	157,634	122,330	89,291	0,408	1,777	0,9024409	94,654	0,891	0,131	0,168	0,883	Terreno suscettibile di liquefazione	6,86	Alto
7,30	162,254	124,989	89,291	0,408	1,782	0,8914673	93,887	0,885	0,130	0,168	0,873	Terreno suscettibile di liquefazione	7,56	Alto
7,50	166,874	127,647	89,291	0,408	1,787	0,880667	93,136	0,880	0,129	0,168	0,865	Terreno suscettibile di liquefazione	8,24	Alto
7,70	171,494	130,306	89,291	0,409	1,792	0,870209	92,412	0,874	0,128	0,168	0,857	Terreno suscettibile di liquefazione	8,89	Alto

IPL (Iwasaki)=1,31 Zcrit=20 m Rischio=Basso

Prova CPT2

1.84



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Immobiliare castenaso

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,6 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,305

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,225

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	Argilla	0	1,6	20,6	21,4	3289,86	2,26
2	Sabbia	1,6	3,2	20,9	21,7	3897,46	0,81
3	Argilla	3,2	13,4	19,3	20,1	1640,52	0,85
4	Sabbia	13,4	14	22,4	23,2	9727,48	1,2
5	Argilla limosa	14	14,6	20,7	21,5	3632,86	1,71
6	Sabbia	14,6	15,2	21,4	22,2	5466,44	1,05
7	Argilla	15,2	19,4	20,2	21	2728,32	1,51
8	Sabbia ghiaiosa	19,4	20	21,2	22	4942,14	1,29

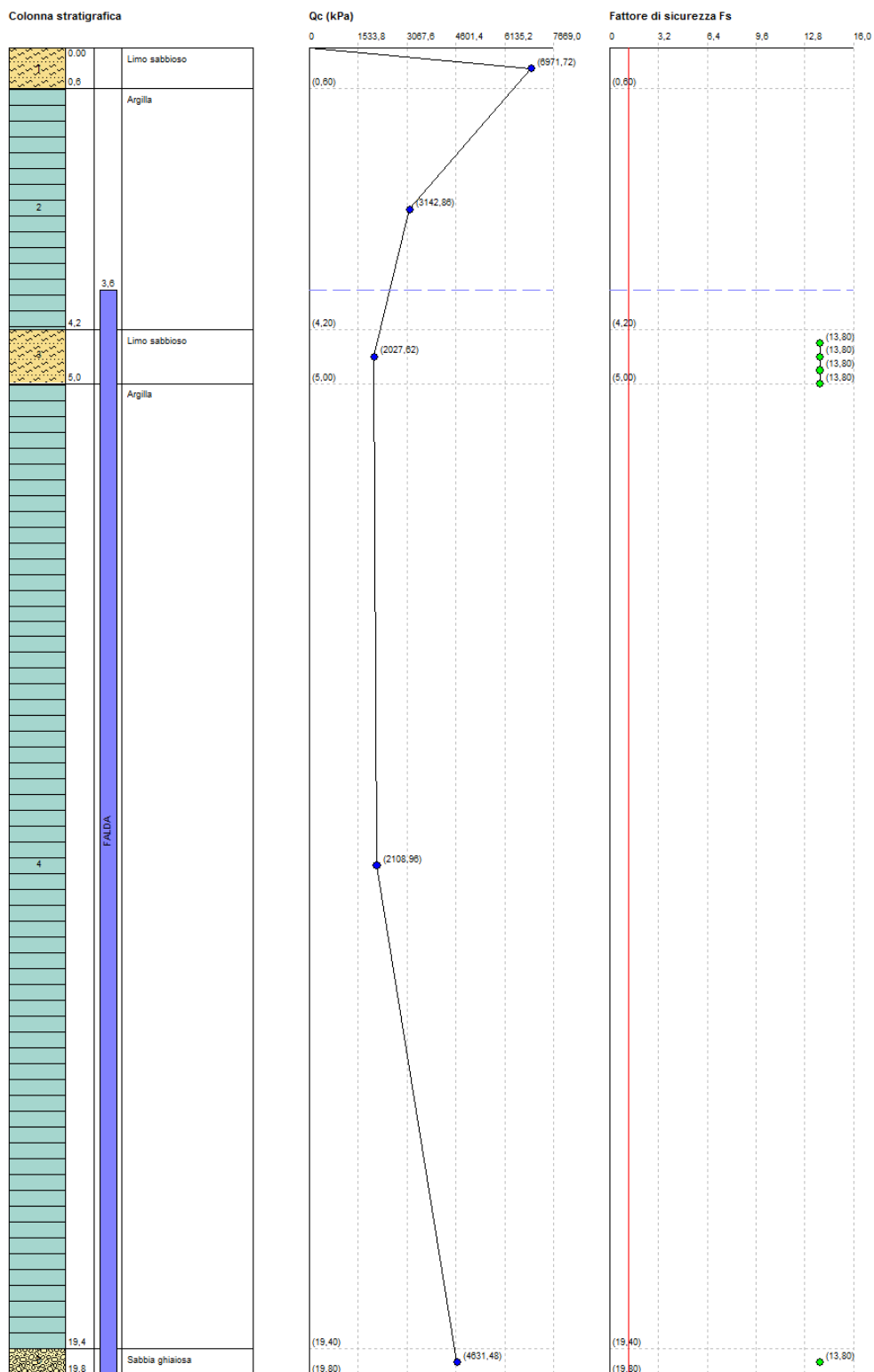
Correzione per la magnitudo (MSF) 1,07

Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
3,80	78,140	76,179										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,00	82,160	78,237										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,20	86,180	80,296										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,40	90,200	82,355										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,60	94,220	84,413										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,80	98,240	86,472										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,00	102,260	88,531										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,20	106,280	90,589										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,40	110,300	92,648										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,60	114,320	94,707										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,80	118,340	96,765										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,00	122,360	98,824										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,20	126,380	100,883										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,40	130,400	102,941										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,60	134,420	105,000										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,80	138,440	107,059										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,00	142,460	109,117										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,20	146,480	111,176										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,40	150,500	113,235										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,60	154,520	115,293										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,80	158,540	117,352										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,00	162,560	119,411										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,20	166,580	121,469										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,40	170,600	123,528										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,60	174,620	125,587										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,80	178,640	127,645										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,00	182,660	129,704										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,20	186,680	131,763										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,40	190,700	133,821										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,60	194,720	135,880										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,80	198,740	137,939										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,00	202,760	139,998										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,20	206,780	142,056										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,40	210,800	144,115										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,60	214,820	146,174										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,80	218,840	148,232										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,00	222,860	150,291										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,20	226,880	152,350										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,40	230,900	154,408										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,60	234,920	156,467										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,80	238,940	158,526										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso



12,00	242,960	160,584											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,20	246,980	162,643											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,40	251,000	164,702											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,60	255,020	166,760											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,80	259,040	168,819											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,00	263,060	170,878											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,20	267,080	172,936											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,40	271,100	174,995											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,60	275,740	177,674	96,003	0,013	1,775	0,7237764	82,799	0,709	0,118	0,161	0,802		Terreno suscettibile di liquefazione	17,77	Molto alto
13,80	280,380	180,352	96,003	0,013	1,779	0,7168475	82,300	0,704	0,118	0,160	0,802		Terreno suscettibile di liquefazione	17,87	Molto alto
14,00	285,020	183,031	96,003	0,013	1,783	0,7095541	81,777	0,698	0,117	0,159	0,803		Terreno suscettibile di liquefazione	17,96	Molto alto
14,20	289,320	185,370											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,40	293,620	187,708											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,60	297,920	190,047											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,80	302,360	192,526	53,950	0,020	2,015	0,6358865	57,043	0,678	0,097	0,156	0,660		Terreno suscettibile di liquefazione	31,72	Molto alto
15,00	306,800	195,004	53,950	0,020	2,020	0,6295502	56,879	0,673	0,097	0,155	0,663		Terreno suscettibile di liquefazione	31,64	Molto alto
15,20	311,240	197,483	53,950	0,020	2,024	0,6233336	56,720	0,668	0,097	0,154	0,665		Terreno suscettibile di liquefazione	31,54	Molto alto
15,40	315,440	199,722											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,60	319,640	201,960											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,80	323,840	204,199											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,00	328,040	206,438											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,20	332,240	208,676											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,40	336,440	210,915											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,60	340,640	213,154											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,80	344,840	215,392											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,00	349,040	217,631											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,20	353,240	219,870											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,40	357,440	222,108											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,60	361,640	224,347											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,80	365,840	226,586											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,00	370,040	228,824											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,20	374,240	231,063											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,40	378,440	233,302											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,60	382,640	235,540											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,80	386,840	237,779											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,00	391,040	240,018											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,20	395,240	242,256											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,40	399,440	244,495											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,60	403,840	246,934	48,775	0,028	2,137	0,5095531	51,981	0,568	0,094	0,136	0,721		Terreno suscettibile di liquefazione	27,88	Molto alto
19,80	408,240	249,372	48,775	0,028	2,141	0,5052559	51,915	0,564	0,094	0,135	0,725		Terreno suscettibile di liquefazione	27,51	Molto alto

IPL (Iwasaki)=0,89 Zcrit=20 m Rischio=Basso



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Immobiliare Castenaso srl

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,6 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,305

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,46

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,2238825

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	Limo sabbioso	0	0,6	2,19	2,27	6971,72	171,5
2	Argilla	0,6	4,2	2,05	2,13	3142,86	204,82
3	Limo sabbioso	4,2	5	1,97	2,05	2027,62	52,92
4	Argilla	5	19,4	1,97	2,05	2108,96	111,72
5	Sabbia ghiaiosa	19,4	19,8	2,11	2,19	4631,48	111,72

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,72

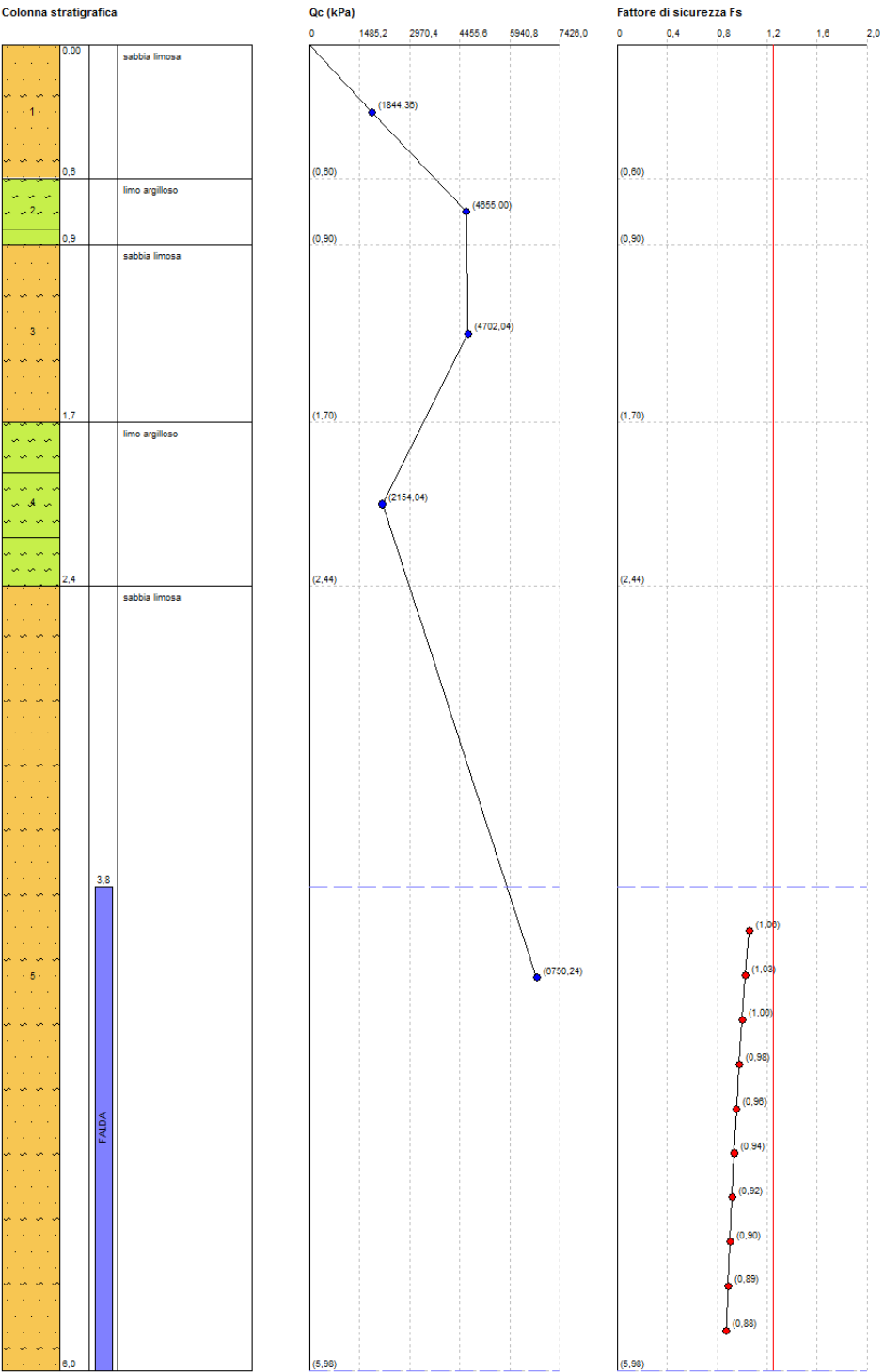
Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
3,80	7,890	5,929										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,00	8,316	4,393										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,20	8,742	2,858										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,40	9,152	1,307	20,011	2,622	2,046	8,805902	216,958	0,962	5,668	0,981	13,796	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,60	9,562	-0,245	20,011	2,622	2,046	8,805902	216,958	0,957	5,668	0,981	13,796	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,80	9,972	-1,796	20,011	2,622	2,046	8,805902	216,958	0,952	5,668	0,981	13,796	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
5,00	10,382	-3,347	20,011	2,622	2,046	8,805902	216,958	0,947	5,668	0,981	13,796	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
5,20	10,792	-4,899										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,40	11,202	-6,450										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,60	11,612	-8,001										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,80	12,022	-9,553										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,00	12,432	-11,104										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,20	12,842	-12,655										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,40	13,252	-14,207										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,60	13,662	-15,758										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,80	14,072	-17,309										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,00	14,482	-18,861										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,20	14,892	-20,412										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,40	15,302	-21,963										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,60	15,712	-23,515										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,80	16,122	-25,066										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,00	16,532	-26,617										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,20	16,942	-28,169										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,40	17,352	-29,720										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,60	17,762	-31,271										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,80	18,172	-32,823										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,00	18,582	-34,374										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,20	18,992	-35,925										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,40	19,402	-37,477										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,60	19,812	-39,028										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,80	20,222	-40,579										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,00	20,632	-42,131										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,20	21,042	-43,682										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,40	21,452	-45,233										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,60	21,862	-46,785										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,80	22,272	-48,336										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,00	22,682	-49,887										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,20	23,092	-51,439										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,40	23,502	-52,990										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,60	23,912	-54,541										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,80	24,322	-56,093										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

12,00	24,732	-57,644											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,20	25,142	-59,195											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,40	25,552	-60,747											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,60	25,962	-62,298											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,80	26,372	-63,849											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,00	26,782	-65,401											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,20	27,192	-66,952											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,40	27,602	-68,503											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,60	28,012	-70,055											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,80	28,422	-71,606											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,00	28,832	-73,157											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,20	29,242	-74,709											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,40	29,652	-76,260											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,60	30,062	-77,811											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,80	30,472	-79,362											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,00	30,882	-80,914											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,20	31,292	-82,465											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,40	31,702	-84,016											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,60	32,112	-85,568											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,80	32,522	-87,119											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,00	32,932	-88,670											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,20	33,342	-90,222											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,40	33,752	-91,773											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,60	34,162	-93,324											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16,80	34,572	-94,876											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,00	34,982	-96,427											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,20	35,392	-97,978											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,40	35,802	-99,530											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,60	36,212	-101,081											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17,80	36,622	-102,632											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,00	37,032	-104,184											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,20	37,442	-105,735											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,40	37,852	-107,286											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,60	38,262	-108,838											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18,80	38,672	-110,389											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,00	39,082	-111,940											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,20	39,492	-113,492											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,40	39,902	-115,043											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19,60	40,340	-116,566	20,011	2,622	2,046	8,805902	216,958	0,568	5,668	0,981	13,796		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

Prova CPT4

1/28



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Immobiliare Castenaso srl

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,8 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,305

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,46

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,219

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/ m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/ m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	sabbia limosa	0	0,6	19,6	20,4	1844,36	19,6
2	limo argilloso	0,6	0,9	21,2	22	4655	191,1
3	sabbia limosa	0,9	1,7	21,2	22	4702,04	49
4	limo argilloso	1,7	2,44	19,9	20,7	2154,04	56,84
5	sabbia limosa	2,44	5,98	21,8	22,6	6750,24	38,22



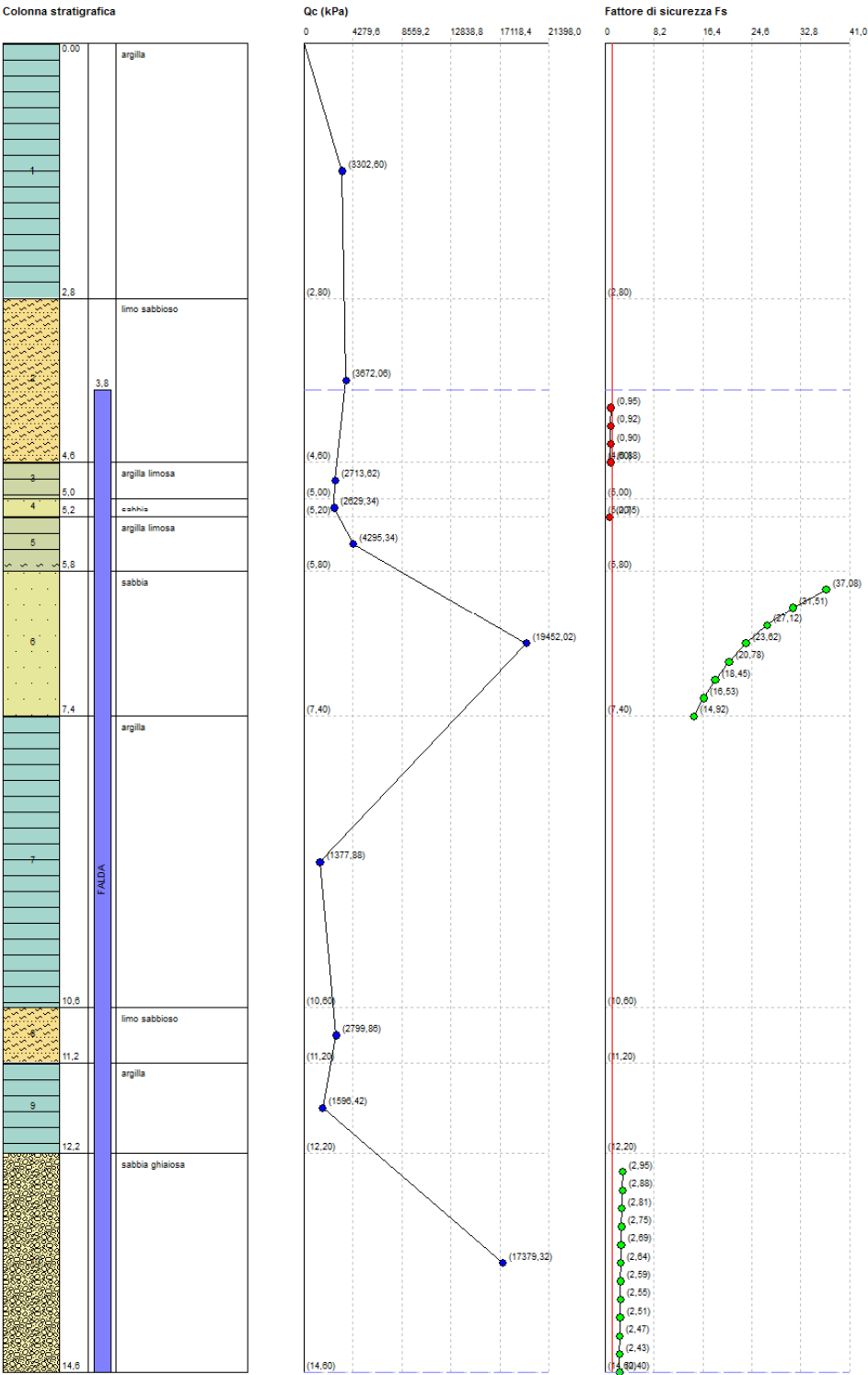
Correzione per la magnitudo (MSF) 1,12

Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
4,00	83,974	82,013	66,620	0,573	1,876	1,125617	94,151	0,972	0,130	0,142	1,056	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,20	88,494	84,571	66,620	0,574	1,882	1,107062	93,191	0,967	0,129	0,144	1,026	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
4,40	93,014	87,130	66,620	0,574	1,889	1,089218	92,272	0,962	0,128	0,146	1,000	Terreno suscettibile di liquefazione	0,01	Basso
4,60	97,534	89,689	66,620	0,575	1,895	1,071952	91,386	0,957	0,127	0,148	0,976	Terreno suscettibile di liquefazione	0,98	Basso
4,80	102,054	92,247	66,620	0,575	1,901	1,055217	90,532	0,952	0,126	0,150	0,955	Terreno suscettibile di liquefazione	1,92	Basso
5,00	106,574	94,806	66,620	0,575	1,908	1,039035	89,709	0,947	0,125	0,152	0,935	Terreno suscettibile di liquefazione	2,83	Basso
5,20	111,094	97,365	66,620	0,576	1,914	1,02335	88,915	0,942	0,124	0,153	0,918	Terreno suscettibile di liquefazione	3,72	Basso
5,40	115,614	99,923	66,620	0,576	1,920	1,008139	88,149	0,937	0,124	0,154	0,902	Terreno suscettibile di liquefazione	4,58	Basso
5,60	120,134	102,482	66,620	0,576	1,926	0,993381	87,408	0,931	0,123	0,155	0,888	Terreno suscettibile di liquefazione	5,41	Alto
5,80	124,654	105,041	66,620	0,577	1,931	0,9790541	86,693	0,926	0,122	0,156	0,875	Terreno suscettibile di liquefazione	6,22	Alto

IPL (Iwasaki)=0,81 Zcrit=20 m Rischio=Basso

Prova CPT5

1/82



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova, Immobiliare Castenaso srl

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,8 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,305

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,46

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,219

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	argilla	0	2,8	20,6	21,4	3302,6	218,54
2	limo sabbioso	2,8	4,6	20,8	21,6	3672,06	80,36
3	argilla limosa	4,6	5	20,2	21	2713,62	111,72
4	sabbia	5	5,2	20,2	21	2629,34	39,2
5	argilla limosa	5,2	5,8	21	21,8	4295,34	217,56
6	sabbia	5,8	7,4	23,6	24,4	19452,02	247,94
7	argilla	7,4	10,6	19	19,8	1377,88	77,42
8	limo sabbioso	10,6	11,2	20,3	21,1	2799,86	71,54
9	argilla	11,2	12,2	19,2	20	1596,42	87,22
10	sabbia ghiaiosa	12,2	14,6	23,4	24,2	17379,32	223,44

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,38

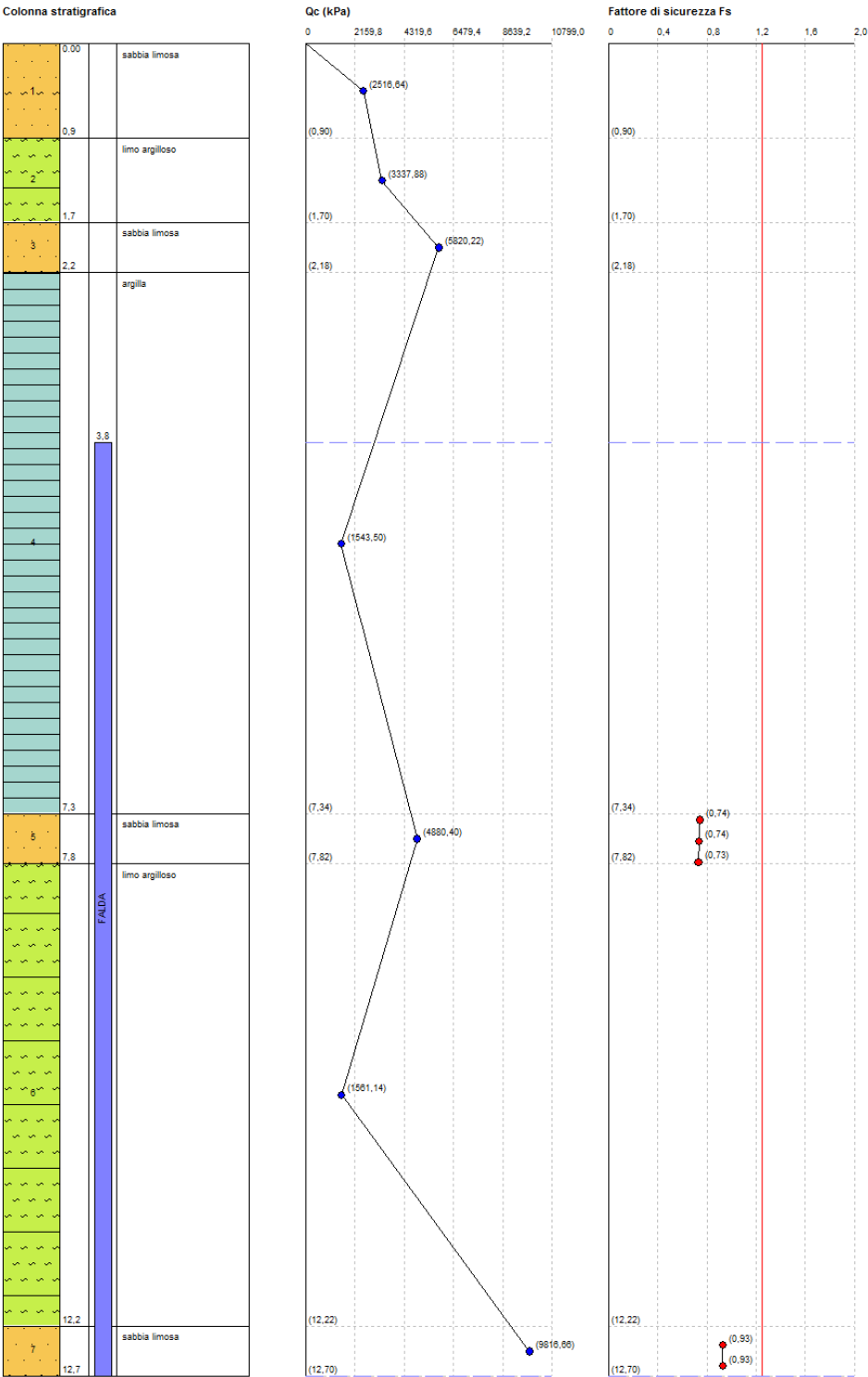
Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
4,00	82,800	80,839	36,240	2,239	2,430	1,163228	83,902	0,972	0,119	0,142	0,946	Terreno suscettibile di liquefazione	1,95	Basso
4,20	87,120	83,197	36,240	2,242	2,437	1,141734	83,219	0,967	0,119	0,144	0,923	Terreno suscettibile di liquefazione	2,90	Basso
4,40	91,440	85,556	36,240	2,244	2,444	1,121103	82,566	0,962	0,118	0,146	0,902	Terreno suscettibile di liquefazione	3,83	Basso
4,60	95,760	87,915	36,240	2,247	2,451	1,101192	81,938	0,957	0,118	0,148	0,884	Terreno suscettibile di liquefazione	4,74	Basso
4,80	99,960	90,153										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,00	104,160	92,392										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,20	108,360	94,631	25,950	1,555	2,491	1,052009	68,134	0,942	0,106	0,154	0,750	Terreno suscettibile di liquefazione	11,31	Alto
5,40	112,720	97,029										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,60	117,080	99,428										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,80	121,440	101,827										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,00	126,320	104,745	191,977	1,283	1,788	0,9835374	209,684	0,921	3,412	0,158	37,076	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
6,20	131,200	107,664	191,977	1,283	1,792	0,9701145	207,279	0,915	2,921	0,159	31,509	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
6,40	136,080	110,583	191,977	1,284	1,796	0,9572265	204,971	0,910	2,530	0,159	27,122	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
6,60	140,960	113,501	191,977	1,284	1,800	0,9448388	202,756	0,905	2,215	0,160	23,616	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
6,80	145,840	116,420	191,977	1,284	1,804	0,93292	200,626	0,899	1,958	0,160	20,777	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
7,00	150,720	119,339	191,977	1,285	1,808	0,9214412	198,577	0,894	1,746	0,161	18,452	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
7,20	155,600	122,257	191,977	1,285	1,811	0,9103758	196,603	0,888	1,569	0,161	16,527	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
7,40	160,480	125,176	191,977	1,285	1,815	0,8996999	194,701	0,883	1,420	0,161	14,917	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
7,60	164,440	127,175										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,80	168,400	129,173										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,00	172,360	131,172										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,20	176,320	133,171										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,40	180,280	135,169										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

8,60	184,240	137,168											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,80	188,200	139,167											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,00	192,160	141,165											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,20	196,120	143,164											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,40	200,080	145,163											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,60	204,040	147,161											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,80	208,000	149,160											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,00	211,960	151,159											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,20	215,920	153,157											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,40	219,880	155,156											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,60	223,840	157,155											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,80	228,060	159,414	27,632	2,782	2,776	0,6976346	194,701	0,786	1,420	0,161	0,000		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,00	232,280	161,672	27,632	2,786	2,781	0,68936	194,701	0,781	1,420	0,161	0,000		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,20	236,500	163,931	27,632	2,791	2,786	0,6812676	194,701	0,775	1,420	0,161	0,000		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,40	240,500	165,970											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,60	244,500	168,008											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,80	248,500	170,047											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,00	252,500	172,086											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,20	256,500	174,124											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,40	261,340	177,003	171,521	1,305	1,909	0,7566033	155,443	0,742	0,329	0,156	2,946		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,60	266,180	179,882	171,521	1,306	1,911	0,7505248	154,499	0,736	0,321	0,155	2,875		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,80	271,020	182,760	171,521	1,306	1,914	0,7445906	153,579	0,731	0,314	0,154	2,810		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
13,00	275,860	185,639	171,521	1,306	1,917	0,7387949	152,680	0,725	0,307	0,153	2,750		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
13,20	280,700	188,518	171,521	1,307	1,919	0,7331325	151,803	0,720	0,301	0,153	2,694		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
13,40	285,540	191,396	171,521	1,307	1,922	0,7275983	150,947	0,714	0,295	0,152	2,642		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
13,60	290,380	194,275	171,521	1,308	1,924	0,7221876	150,110	0,709	0,289	0,151	2,594		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
13,80	295,220	197,154	171,521	1,308	1,927	0,7168958	149,292	0,704	0,284	0,150	2,549		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
14,00	300,060	200,032	171,521	1,308	1,929	0,7117187	148,492	0,698	0,279	0,149	2,507		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
14,20	304,900	202,911	171,521	1,309	1,932	0,7066522	147,711	0,693	0,274	0,148	2,468		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
14,40	309,740	205,790	171,521	1,309	1,934	0,7016923	146,946	0,688	0,270	0,147	2,431		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
14,60	314,580	208,668	171,521	1,309	1,936	0,6968354	146,198	0,683	0,265	0,147	2,397		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0,91 Zcrit=20 m Rischio=Basso

Prova CPT6

1:54



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Immobiliare Castenaso srl

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,8 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,305

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,46

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,219

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	sabbia limosa	0	0,9	20,1	20,9	2516,64	56,84
2	limo argilloso	0,9	1,7	20,6	21,4	3337,88	130,34
3	sabbia limosa	1,7	2,18	21,5	22,3	5820,22	89,18
4	argilla	2,18	7,34	19,2	20	1543,5	53,9
5	sabbia limosa	7,34	7,82	21,2	22	4880,4	37,24
6	limo argilloso	7,82	12,22	19,2	20	1561,14	34,3
7	sabbia limosa	12,22	12,7	22,4	23,2	9816,66	64,68



Correzione per la magnitudo (MSF) 1,14

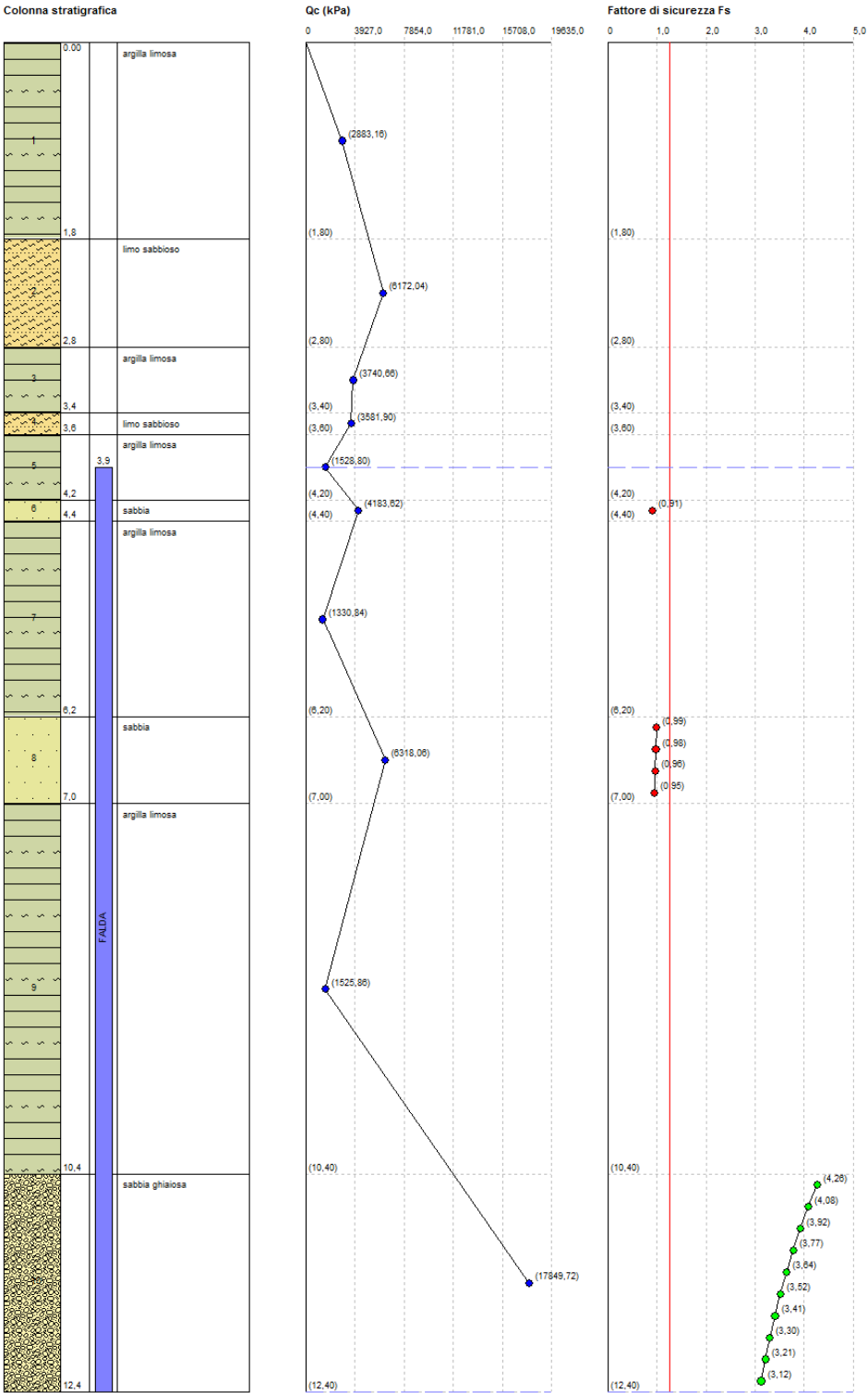
Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
4,00	79,994	78,033										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,20	83,994	80,071										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,40	87,994	82,110										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,60	91,994	84,149										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,80	95,994	86,187										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,00	99,994	88,226										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,20	103,994	90,265										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,40	107,994	92,303										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,60	111,994	94,342										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,80	115,994	96,381										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,00	119,994	98,419										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,20	123,994	100,458										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,40	127,994	102,497										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,60	131,994	104,535										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,80	135,994	106,574										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,00	139,994	108,613										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,20	143,994	110,651										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,40	148,114	112,810	48,166	0,787	2,145	0,931757	75,116	0,883	0,112	0,165	0,740	Terreno suscettibile di liquefazione	15,68	Molto alto
7,60	152,514	115,249	48,166	0,788	2,150	0,9184043	74,663	0,877	0,111	0,165	0,735	Terreno suscettibile di liquefazione	16,30	Molto alto
7,80	156,914	117,687	48,166	0,788	2,156	0,90544	74,225	0,871	0,111	0,165	0,731	Terreno suscettibile di liquefazione	16,88	Molto alto
8,00	160,954	119,766										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,20	164,954	121,805										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,40	168,954	123,843										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,60	172,954	125,882										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,80	176,954	127,921										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,00	180,954	129,959										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,20	184,954	131,998										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,40	188,954	134,037										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,60	192,954	136,075										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,80	196,954	138,114										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,00	200,954	140,153										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,20	204,954	142,191										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,40	208,954	144,230										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,60	212,954	146,269										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,80	216,954	148,308										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,00	220,954	150,346										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,20	224,954	152,385										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,40	228,954	154,424										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,60	232,954	156,462										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

11,80	236,954	158,501											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,00	240,954	160,540											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,20	244,954	162,578											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,40	249,530	165,193	96,883	0,676	1,926	0,7589856	95,442	0,742	0,132	0,159	0,927		Terreno suscettibile di liquefazione	6,22	Alto
12,60	254,170	167,872	96,883	0,676	1,930	0,7514185	94,869	0,736	0,131	0,159	0,926		Terreno suscettibile di liquefazione	6,42	Alto

IPL (Iwasaki)=1,09 Zcrit=20 m Rischio=Basso

Prova CPT7

1.52



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Immobiliare Castenaso srl

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,9 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,305

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,46

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,219

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	argilla limosa	0	1,8	20,4	21,2	2883,16	234,22
2	limo sabbioso	1,8	2,8	21,6	22,4	6172,04	153,86
3	argilla limosa	2,8	3,4	20,8	21,6	3740,66	165,62
4	limo sabbioso	3,4	3,6	20,7	21,5	3581,9	169,54
5	argilla limosa	3,6	4,2	19,2	20	1528,8	87,22
6	sabbia	4,2	4,4	21	21,8	4183,62	51,94
7	argilla limosa	4,4	6,2	19	19,8	1330,84	61,74
8	sabbia	6,2	7	21,7	22,5	6318,06	120,54
9	argilla limosa	7	10,4	19,2	20	1525,86	92,12
10	sabbia ghiaiosa	10,4	12,4	23,4	24,2	17849,72	212,66

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,46

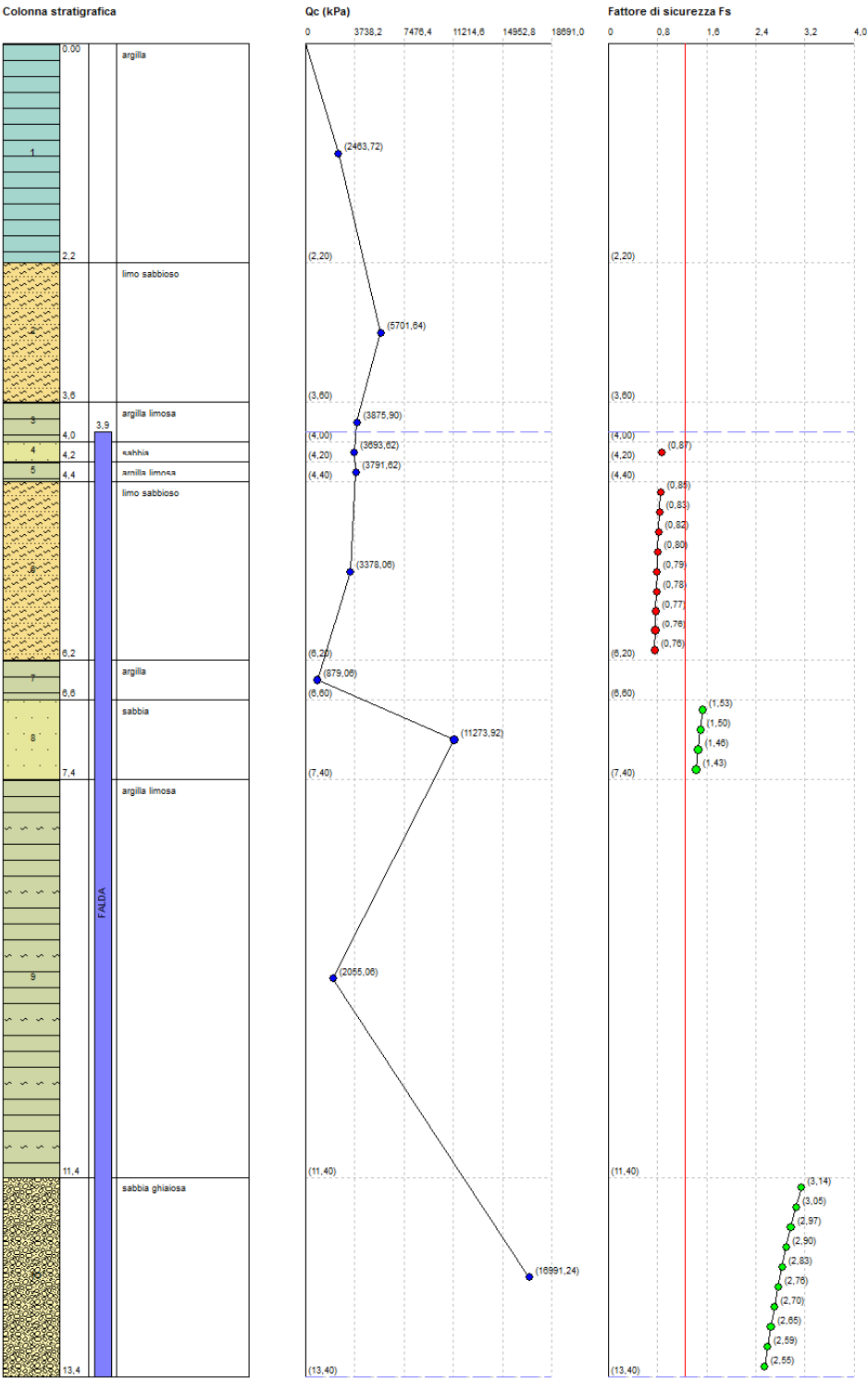
Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
4,10	84,700	82,739										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,30	88,880	84,957	41,289	1,268	2,245	1,121796	81,376	0,965	0,117	0,144	0,909	Terreno suscettibile di liquefazione	3,49	Basso
4,50	93,040	87,156										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,70	97,000	89,155										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,90	100,960	91,153										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,10	104,920	93,152										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,30	108,880	95,151										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,50	112,840	97,149										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,70	116,800	99,148										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,90	120,760	101,147										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,10	124,720	103,145										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,30	128,950	105,414	62,354	1,948	2,269	0,9764908	99,398	0,913	0,137	0,159	0,991	Terreno suscettibile di liquefazione	0,46	Basso
6,50	133,450	107,953	62,354	1,949	2,274	0,962445	98,614	0,907	0,136	0,160	0,977	Terreno suscettibile di liquefazione	1,26	Basso
6,70	137,950	110,491	62,354	1,950	2,280	0,9487987	97,854	0,902	0,135	0,160	0,964	Terreno suscettibile di liquefazione	2,03	Basso
6,90	142,450	113,030	62,354	1,952	2,285	0,9355352	97,116	0,896	0,134	0,161	0,952	Terreno suscettibile di liquefazione	2,77	Basso
7,10	146,700	115,319										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,30	150,700	117,357										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,50	154,700	119,396										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,70	158,700	121,435										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,90	162,700	123,473										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,10	166,700	125,512										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,30	170,700	127,551										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

8,50	174,700	129,589											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,70	178,700	131,628											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,90	182,700	133,667											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,10	186,700	135,705											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,30	190,700	137,744											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,50	194,700	139,783											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,70	198,700	141,821											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,90	202,700	143,860											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,10	206,700	145,899											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,30	210,700	147,937											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,50	215,120	150,396	176,163	1,206	1,850	0,820805	167,268	0,795	0,461	0,162	4,263		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
10,70	219,960	153,275	176,163	1,206	1,853	0,8130607	166,028	0,789	0,443	0,161	4,084		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
10,90	224,800	156,153	176,163	1,207	1,856	0,8055315	164,823	0,783	0,427	0,161	3,922		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,10	229,640	159,032	176,163	1,207	1,859	0,7982076	163,652	0,778	0,412	0,160	3,774		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,30	234,480	161,911	176,163	1,207	1,862	0,7910801	162,513	0,772	0,399	0,159	3,640		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,50	239,320	164,790	176,163	1,208	1,865	0,78414	161,406	0,767	0,386	0,158	3,518		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,70	244,160	167,668	176,163	1,208	1,868	0,7773795	160,328	0,761	0,375	0,158	3,406		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,90	249,000	170,547	176,163	1,208	1,871	0,7707908	159,278	0,755	0,364	0,157	3,303		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,10	253,840	173,426	176,163	1,209	1,874	0,7643669	158,256	0,750	0,354	0,156	3,209		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,30	258,680	176,304	176,163	1,209	1,876	0,758101	157,260	0,744	0,345	0,155	3,122		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0,3 Zcrit=20 m Rischio=Basso

Prova CPT8

1:57



## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Comparto ANS C2.4

Cliente: DIPIERRI RE, Abitare Villanova srl, Immobiliare Castenaso srl

Data 11/04/2017

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

### FALDA

Profondità falda idrica 3,9 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,305

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,49255

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 0,5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,2238825



## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale m	Quota finale m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	qc KPa	fs KPa
1	argilla	0	2,2	20,1	20,9	2463,72	171,5
2	limo sabbioso	2,2	3,6	21,5	22,3	5701,64	188,16
3	argilla limosa	3,6	4	20,8	21,6	3875,9	173,46
4	sabbia	4	4,2	20,8	21,6	3693,62	46,06
5	argilla limosa	4,2	4,4	20,8	21,6	3791,62	137,2
6	limo sabbioso	4,4	6,2	20,6	21,4	3378,06	65,66
7	argilla	6,2	6,6	18,2	19	879,06	43,12
8	sabbia	6,6	7,4	22,7	23,5	11273,92	119,56
9	argilla limosa	7,4	11,4	19,7	20,5	2055,06	82,32
10	sabbia ghiaiosa	11,4	13,4	23,3	24,1	16991,24	240,1

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,4

Profondità dal p.c. m	$\sigma_{v0}$ KPa	$\sigma'_v$ KPa	Q	F(%)	Ic	CQ	qc1 KPa	rd	CRR	CSR	Fs	Suscettibilità di liquefazione	$I_L$	Rischio
4,10	84,880	82,919	36,453	1,276	2,284	1,143984	77,689	0,970	0,114	0,144	0,873	Terreno suscettibile di liquefazione	4,66	Basso
4,30	89,200	85,277										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,50	93,500	87,616	33,339	1,999	2,446	1,105903	78,135	0,960	0,114	0,149	0,848	Terreno suscettibile di liquefazione	6,06	Alto
4,70	97,780	89,935	33,339	2,002	2,453	1,086483	77,595	0,955	0,114	0,151	0,832	Terreno suscettibile di liquefazione	6,96	Alto
4,90	102,060	92,253	33,339	2,004	2,459	1,067717	77,074	0,950	0,113	0,153	0,818	Terreno suscettibile di liquefazione	7,84	Alto
5,10	106,340	94,572	33,339	2,007	2,466	1,049565	76,572	0,945	0,113	0,155	0,804	Terreno suscettibile di liquefazione	8,70	Alto
5,30	110,620	96,891	33,339	2,010	2,473	1,032018	76,088	0,939	0,112	0,156	0,793	Terreno suscettibile di liquefazione	9,54	Alto
5,50	114,900	99,209	33,339	2,012	2,479	1,015032	75,622	0,934	0,112	0,157	0,782	Terreno suscettibile di liquefazione	10,35	Alto
5,70	119,180	101,528	33,339	2,015	2,485	0,9985802	75,171	0,929	0,112	0,159	0,772	Terreno suscettibile di liquefazione	11,14	Alto
5,90	123,460	103,847	33,339	2,017	2,492	0,9826374	74,736	0,924	0,111	0,160	0,763	Terreno suscettibile di liquefazione	11,91	Alto
6,10	127,740	106,165	33,339	2,020	2,498	0,9671798	74,316	0,918	0,111	0,161	0,755	Terreno suscettibile di liquefazione	12,66	Alto
6,30	131,780	108,244										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,50	135,580	110,083										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,70	139,830	112,371	111,265	1,074	1,916	0,9495776	129,771	0,902	0,197	0,163	1,534	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
6,90	144,530	115,110	111,265	1,074	1,920	0,9382135	128,669	0,896	0,193	0,164	1,496	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
7,10	149,230	117,849	111,265	1,075	1,925	0,9272479	127,607	0,891	0,190	0,164	1,461	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
7,30	153,930	120,587	111,265	1,075	1,929	0,9166579	126,584	0,885	0,187	0,164	1,429	Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
7,50	158,330	123,026										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,70	162,430	125,165										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,90	166,530	127,303										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,10	170,630	129,442										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,30	174,730	131,581										Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

8,50	178,830	133,719											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,70	182,930	135,858											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,90	187,030	137,997											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,10	191,130	140,135											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,30	195,230	142,274											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,50	199,330	144,413											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,70	203,430	146,551											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,90	207,530	148,690											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,10	211,630	150,829											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,30	215,730	152,968											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,50	219,830	155,106											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,70	223,930	157,245											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,90	228,030	159,384											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,10	232,130	161,522											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,30	236,230	163,661											Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,50	240,690	166,160	167,691	1,433	1,934	0,7809007	158,527	0,767	0,357	0,162	3,141		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,70	245,510	169,018	167,691	1,434	1,937	0,7742686	157,510	0,761	0,347	0,161	3,052		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
11,90	250,330	171,877	167,691	1,434	1,940	0,7678028	156,519	0,755	0,338	0,160	2,970		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,10	255,150	174,736	167,691	1,435	1,943	0,7614962	155,553	0,750	0,330	0,159	2,895		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,30	259,970	177,594	167,691	1,435	1,945	0,7553426	154,612	0,744	0,322	0,159	2,825		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,50	264,790	180,453	167,691	1,435	1,948	0,7493358	153,693	0,739	0,315	0,158	2,760		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,70	269,610	183,312	167,691	1,436	1,950	0,74347	152,797	0,733	0,308	0,157	2,701		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
12,90	274,430	186,170	167,691	1,436	1,953	0,7377399	151,922	0,728	0,302	0,156	2,645		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
13,10	279,250	189,029	167,691	1,437	1,955	0,7321402	151,068	0,722	0,296	0,155	2,593		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
13,30	284,070	191,888	167,691	1,437	1,958	0,7266662	150,233	0,717	0,290	0,154	2,545		Terreno non suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=2,88 Zcrit=20 m Rischio=Basso