

Geologo Dott. Paolo Landucci

Viale G. Matteotti, 26 - 52100 Arezzo (AR)  
tel/fax +39.0575.90.84.01 - cell. +39.335.5616837  
email: geoland90@gmail.com  
Ordine dei Geologi della Toscana n. 508  
Codice Fiscale: LNDPLA62R14A390R  
P. Iva 01336880511

# COMUNE DI SINALUNGA

REGIONE TOSCANA  
PROVINCIA DI SIENA

## LOCALITA' BETTOLLE ZONA INDUSTRIALE

**Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche**

**RELAZIONE DELLE DIRETTIVE TECNICHE GEOLOGICHE, IDRAULICHE E SISMICHE DI SUPPORTO ALL' ATTUAZIONE DI PIANO ATTUATIVO  
AREA DI TRASFORMAZIONE BISCIANO 4 . TR03**

**(ai sensi del regolamento approvato con D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R)**

Committenza e proprietà:  
GAM PROGETTI S.R.L. - Firenze

Progettisti:  
Dott. Ing. Carlo BIAGINI  
Geom. Lucio RICCIARINI

Relazione di:  
Geol. Paolo LANDUCCI

DICEMBRE 2020



## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è l'indagine di fattibilità geologica, idraulica e sismica relativa al Piano Attuativo in Comune di Sinalunga in Località Bettolle, Area di trasformazione - Bisciano 4. TR03m, censita al medesimo Comune, dalla Particella n. 101 del Foglio n. 57.

Lo studio verrà svolto in conformità a quanto disposto dall'Allegato A Decreto del Presidente della Giunta Regionale (D.P.G.R.T.) del 2020, n. 5/R.

L'indagine è stata articolata nelle seguenti fasi:

- sopralluoghi per inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- ricerche di cartografie tematiche di riferimento
- analisi di prove geognostiche eseguite nell'area di interesse e ricerca di dati già presenti nell'area;
- elaborazione dei dati e rapporto conclusivo.

Si è provveduto quindi a ricostruire, sulla base delle previsioni del D.P.G.R.T., gli elaborati cartografici richiesti dalla normativa.

Per quanto riguarda l'areale soggetto a intervento si rimanda alle allegate Cartografie Tematiche ed alla Planimetria generale.

L'area interessata dal presente studio non risulta sottoposta a Vincolo Idrogeologico (RDL 30.12.1923 n. 3267). Gli esiti del sopralluogo mostrano come i terreni oggetto dei lavori non sono classificabili come bosco in base all'art. 3 della L.R. n. 39/2000.

## 2. CARTOGRAFIA TEMATICA

### **Geologia**

La quota media è di circa 256 metri sul livello del mare e la zona è pianeggiante (le pendenze risultano comprese fra 0 e 5%). Nelle aree adiacenti all'intervento la pendenza non aumenta e si mantiene costante.

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche geologiche del sito è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato un'ideale zona circostante l'area in studio.

Come visibile nella cartografia geologica allegata, le Formazioni geologiche affioranti o sub-affioranti nell'area di indagine, sono rappresentate da:

#### **- VILe - Sabbie e conglomerati Depositi sabbioso-limosi ed argillosi di deposizione recente.**

La deposizione di questo tipo di sedimento all'interno dei vari bacini è avvenuta durante il periodo compreso fra il Villafranchiano ed il Rusciniense.

Per questo tipo di materiali si riscontra generalmente una certa uniformità areale, anche se sono possibili variazioni verticali dovute in massima parte a particolari tipi di sedimentazione.

Da un punto di vista granulometrico esso si presenta mediamente caratterizzato da sabbia, argilla e limo in misura e percentuali relative abbastanza costanti.

In genere per questo tipo di sedimenti si riscontra una certa uniformità areale anche se sono possibili variazioni verticali dei tipi sedimentari dovute in massima parte a stratificazioni incrociate e lenticolari dei depositi stessi.

Dall'analisi delle risposte sismostratigrafiche ottenute dalla lettura dei risultati della MASW e dell'H/V, si è potuto rilevare che di questi sedimenti hanno uno spessore non inferiore ai 40 m. e che la loro consistenza, rilevata per i primi 6 metri da piano campagna con indagini dirette (Cpt), aumenta con la profondità.

## **Geomorfologia**

Dall'analisi delle carte relative alla pericolosità geologica di supporto al Piano Strutturale del Comune di Arezzo, si evince che l'area in esame non è inserita in alcuna delle zone caratterizzate da livelli di pericolosità elevata del P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno).

Sulla base dei rilevamenti e sopralluoghi effettuati in sito per la determinazione dell'assetto geomorfologico complessivo dell'area, la porzione di terreno oggetto di intervento è risultata con una morfologia pianeggiante, con assetto attuale stabile, scevro da segni di potenziali movimenti gravitativi sia presenti e passati.

Non sono state rilevate testimonianze di esondazioni, presenza dibattenti idraulici alti, e sintomi di ristagno delle acque meteoriche.

## **Carte tematiche sovraordinate di pericolosità**

- P.A.I. (Autorità di Bacino Fiume Arno): Pericolosità in PF1;
- P.G.R.A. (Piano gestione rischio alluvioni) P1.

## **Carta delle pericolosità**

Dal punto di vista delle Cartografie che analizzano la Pericolosità, dallo strumento urbanistico attualmente in vigore, si rileva che:

- Pericolosità geologica Pg2 (media);
- Pericolosità Idraulica Pi1 (bassa);
- Pericolosità sismica Ps2 (media);

## **Carta delle indagini**

Al fine di evidenziare la natura litotecnica del sottosuolo dell'area si sono utilizzati i dati relativi a:

- Il rilevamento geologico di superficie svolto nell'area di intervento per un intorno significativo;
- La lettura delle Carte relative allegate al Piano Strutturale e Regolamento Edilizio Comunale;
- L'esito una prova geofisica effettuate mediante Masw e rilievo tromometrico H/V, per la definizione della frequenza caratteristica di sito;
- L'esito di 4 prove penetrometriche statiche, le cui verticali penetrometriche sono state ubicate approssimativamente al centro dei nuovi edifici da realizzare.

Il quadro geologico-geotecnico di sintesi risultante, che fornisce una ricostruzione cautelativa del sottosuolo dell'area, risulta funzione delle indagini effettuate in sito e dell'elaborazione degli esiti delle analisi penetrometriche realizzate, e dalle considerazioni provenienti dall'analisi sismica (MASW) e dall'indagine tromometrica.

## **Prove penetrometriche**

Sulla base delle prove penetrometriche utilizzate (Cpt 1, 2,3 e 4), per avere una prima stima delle caratteristiche dei terreni indagati dove verrà ubicato il nuovo edifi-

cio, spinte fino alla profondità di 6 m da p.c. , hanno messo in evidenza il seguente modello geotecnico di sito :

Orizzonte geotecnico	Profondità. (m)	Rp (kg/cmq)	Cu (kg/cmq)	F gradi	Mo (kg/cmq)	E' (kg/cmq)	G (t/mc)
1	0 -140	10	0,50	26	30	15	1,85
2	1,40-3,00	20	0,90	28	60	40	1,85
3	3,00-4,80	30	1,40	30	90	70	1,85
4	4,80-6,00	40	>2	32	120	100	1,85

Le indagini sismiche e tromometriche hanno messo in evidenza una profondità del bedrock sismico profondo (sicuramente superiore ai 40 m da piano di campagna) ed una frequenza di sito di circa 1,19 Hz. Tali frequenze, per strutture di questo tipo, non sembrano rientrano nel range di interesse ingegneristico.

I risultati di tutte queste indagini sono presentati in calce alla relazione, nella relazione geofisica, ed ubicati nella Carta delle indagini.

La sintesi grafica degli stessi viene presentata nella Carta geologica-tecnica di analisi prove.

### **Idrogeologia**

I Depositi che affiorano nella zona oggetto di indagine, sono caratterizzati da permeabilità primaria singenetica con la deposizione delle Unità di Formazione. I Valori della permeabilità risultano medi.

Dato l'assetto geologico e geomorfologico e la elevata interdigitazione ed alternanza di livelli a diverso grado di permeabilità, è ragionevole pensare che, nell'area, non esista un livello idrico di riferimento, ma che l'assetto idrogeologico sia impostato su la presenza discontinua di falde isolate, di bassa capacità di immagazzinamento e poste a vari livelli di profondità.

### **Adeguamento Piano Strutturale alla DGRT 26-R del 2007 e Regolamento Urbanistico**

Sulla base del Nuovo Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico (R.U.) del Comune di Sinalunga, pubblicato e consultabile sul sito Internet dello stesso Comune, oltre che su supporti informatici realizzati e distribuiti dalla stessa Amministrazione Comunale si rileva che l'area oggetto di esame risulta classificata nel seguente modo:

Pericolosità geologica	Classe G2
Pericolosità Idraulica (da modellazione e da PGRA)	Classe I1
Pericolosità Sismica	Classe S2

### **Carta delle pericolosità Geologica**

Da un punto di vista geologico e geomorfologico, nelle aree prese in esame, non sono presenti fenomeni geomorfologici attivi. Nelle stesse aree, che presentano pendenze inferiori a 15 gradi, non emergono elementi geomorfologici, litologici e

giaciture tali permettere di classificare le stesse come "aree a bassa propensione al dissesto".

**Pertanto le aree in esame, sono state classificate in pericolosità geologica G.2**

#### **Carta della Pericolosità Idraulica (da modellazione e da PGRA)**

Viste le previsioni espresse dallo strumento urbanistico vigente e dal PGRA per l'area si ritiene idoneo assegnare la **Classe di pericolosità Idraulica: P.1.**

#### **Analisi geologico-tecnica di microzonazione**

Non essendo presente una carta di supporto allo strumento urbanistico relativa alla microzonazione sismica di livello 2, dalla quale è possibile evincere la classificazione delle aree stabili o suscettibili di amplificazioni locali" in base al parametro Frequenza max -  $F_x$ , si è provveduto ad individuare qualitativamente gli elementi e le eventuali morfologie sepolte in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

In base a quanto rilevato nelle prove geognostiche e sismiche effettuate in sito si ha:

- l'indagine geologia di superficie indicava nella zona l'affioramento di materiali terrigeni continentali a morfologia pianeggiante e dall'assetto geomorfologico stabile.
- i grafici risultanti dalla Masw e dall'indagine tromometrica (allegata in calce alla presente nota), peraltro correttamente acquisita visto l'omogeneo comportamento delle due componenti di H/V sia in direzione N-S che in direzione E-W, evidenziano un picco spettrale poco accentuato di circa 2,2-2,5 con una frequenza di circa 1,09 Hz, segno di un rifrattore con forte contrasto di frequenza posto a profondità superiori ai 40-50 m;

In sintesi, ai sensi del Regolamento 5/R 2020 si rileva quindi che, non essendo stato rilevato dalla prova sismo-stratigrafica un livello con in forte contrasto di impedenza nei primi 40-50 metri di profondità e che aumenta di fatto lo spessore riso-nante, si propone, per l'area in esame la classificazione in **Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali.**

#### **Carta delle aree a Pericolosità Sismica**

A seguito di tale classificazione, la **Pericolosità sismica locale dell'area in studio ricadrà in tutta la sua totalità in Classe S.2 - Pericolosità sismica locale media, in quanto l'eventuale criticità sismica in sito non sarà condizionata dall'amplificazione sismica locale dovuta all'impedenza ma dal periodo risonante della costruzione che vi sarà costruita.**

## Criteria generali di fattibilità

Pericolosità	Prescrizioni
<b>Aspetti geologici</b>	Le condizioni di attuazione dello strumento urbanistico in oggetto sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area: non si ritiene infatti necessario dettare particolari condizioni di fattibilità, se non quelle imposte dalle Normative in essere ed in particolare dovrà essere svolta una campagna indagine geognostica da effettuare ai sensi della D.P.G.R.T. n. 36/R del 9 luglio 2009 e smi, per definire le caratteristiche meccaniche dei terreni affioranti in riferimento alle opere fondali e strutturali da realizzare.
<b>Aspetti idraulici</b>	Non sono necessarie prescrizioni specifiche in quanto l'area risulta scevra da particolari criticità afferenti a tale aspetto. Pur tuttavia si dovrà provvedere ad una adeguata regimazione dello scavo a monte della realizzazione: mantenere un certo grado di drenaggio verso valle e favorire, nel tempo, il libero deflusso delle acque meteoriche di infiltrazione verso valle. Tale accorgimento dovrà essere operato sia in fase di realizzazione dell'opera che in fase definitiva.
<b>Aspetti idrogeologici</b>	Non sono necessarie prescrizioni specifiche in quanto gli interventi del piano attuativo non interferiscono con la circolazione idrica, pur tuttavia, durante la fase esecutiva si dovrà provvedere ad una adeguata regimazione dello scavo a monte della realizzazione: mantenere un certo grado di drenaggio verso valle e favorire, nel tempo, il libero deflusso delle acque meteoriche di infiltrazione verso valle.
<b>Aspetti sismici</b>	Per i settori posti all'interno dell'area sottoposta a studio, dovranno essere svolte indagini geofisiche, estese ad un volume significativo, tali da definire gli spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare la corretta categoria di sottosuolo in funzione dei valori di $V_e$ rilevati ai sensi del combinato disposto delle NTC 2018 e della D.P.G.R.T. n. 36/R del 9 luglio 2009 e s.m.i. Sulla base delle indicazioni della D.P.G.R.T. n. 36/R, tenendo conto delle varie volumetrie da realizzare e/o recuperare dovrà essere effettuata una campagna geognostica tendente a definire la reale sismo-stratigrafia ed i parametri e la risposta sismica dei terreni delle varie aree oggetto d'indagine. Visto che da progetto il fabbricato supera la volumetria di 6000 mc, dovrà essere realizzato un sondaggio geognostico con profondità di almeno 30 m al di sotto della quota del piano di campagna e una prova Down - Hole per l'analisi delle caratteristiche sismiche locali.

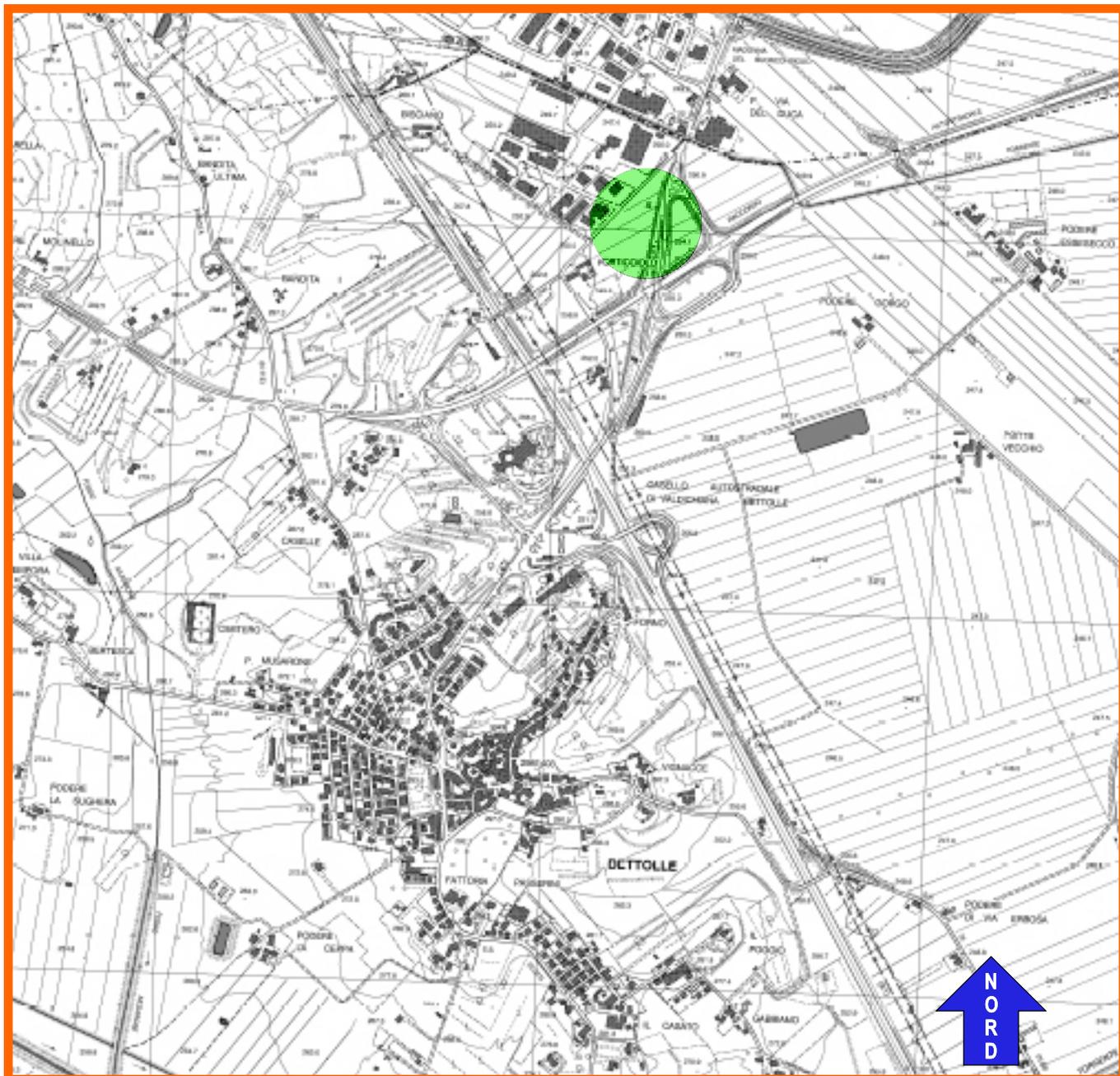
Arezzo, 01/12/2020

Dott. Geol. Paolo Landucci

### Allegati:

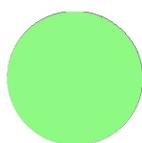
- Corografia generale;
- Carta Geologica e Geomorfologica;
- Carta delle pericolosità geologica ed idraulica
- Carta delle indagini;
- Carta geologica tecnica di analisi prove;
- Carta della pericolosità sismica;
- Indagini geognostiche;
- Relazione geofisica;
- Scheda intervento

# COROGRAFIA GENERALE



Foglio 298140

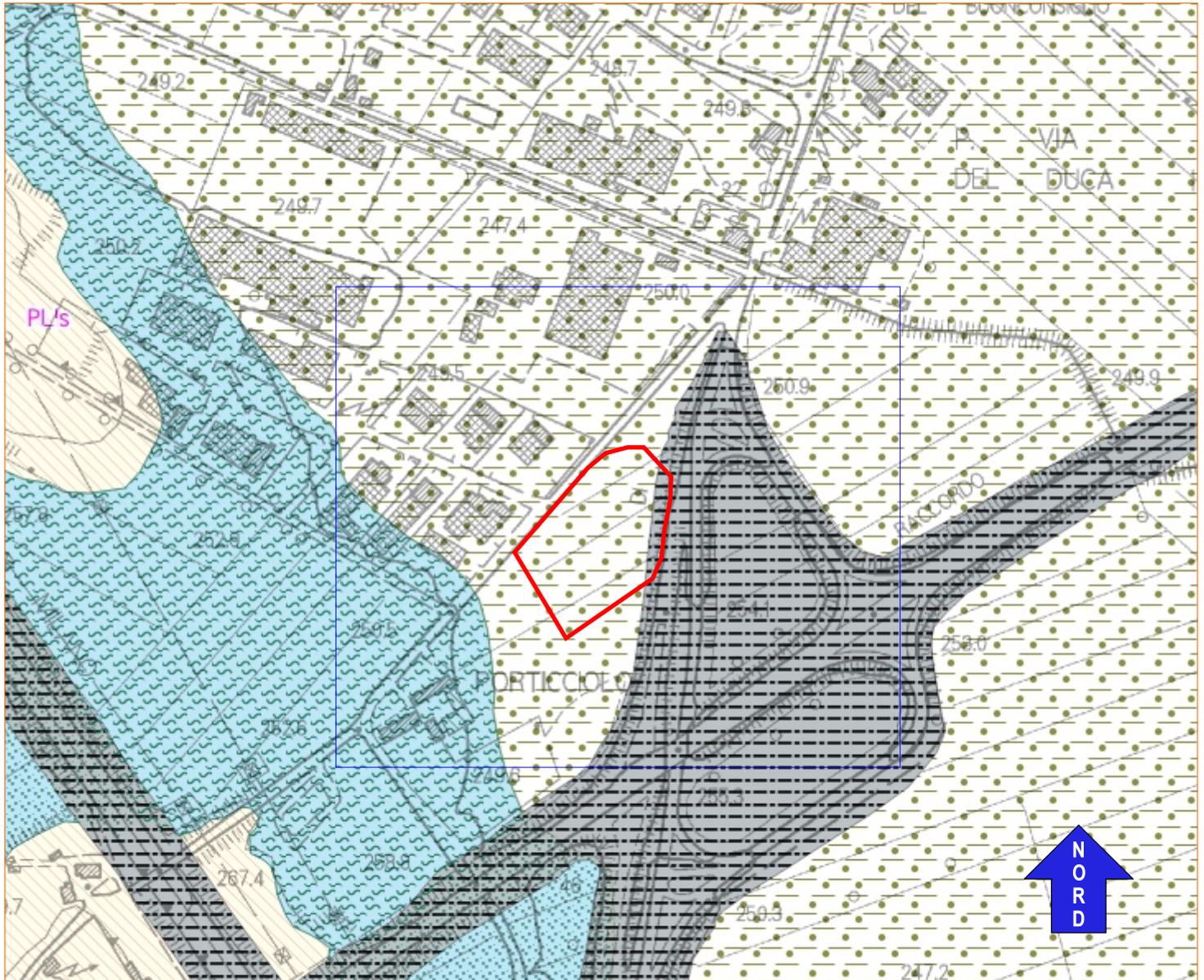
Fonte Carta Tecnica Regionale 1:10000



Area oggetto di indagine

# CARTA GEOLOGICA E MORFOLOGICA

## 1:5.000



Estratta da SIT- Regione Toscana

### Legenda geologica

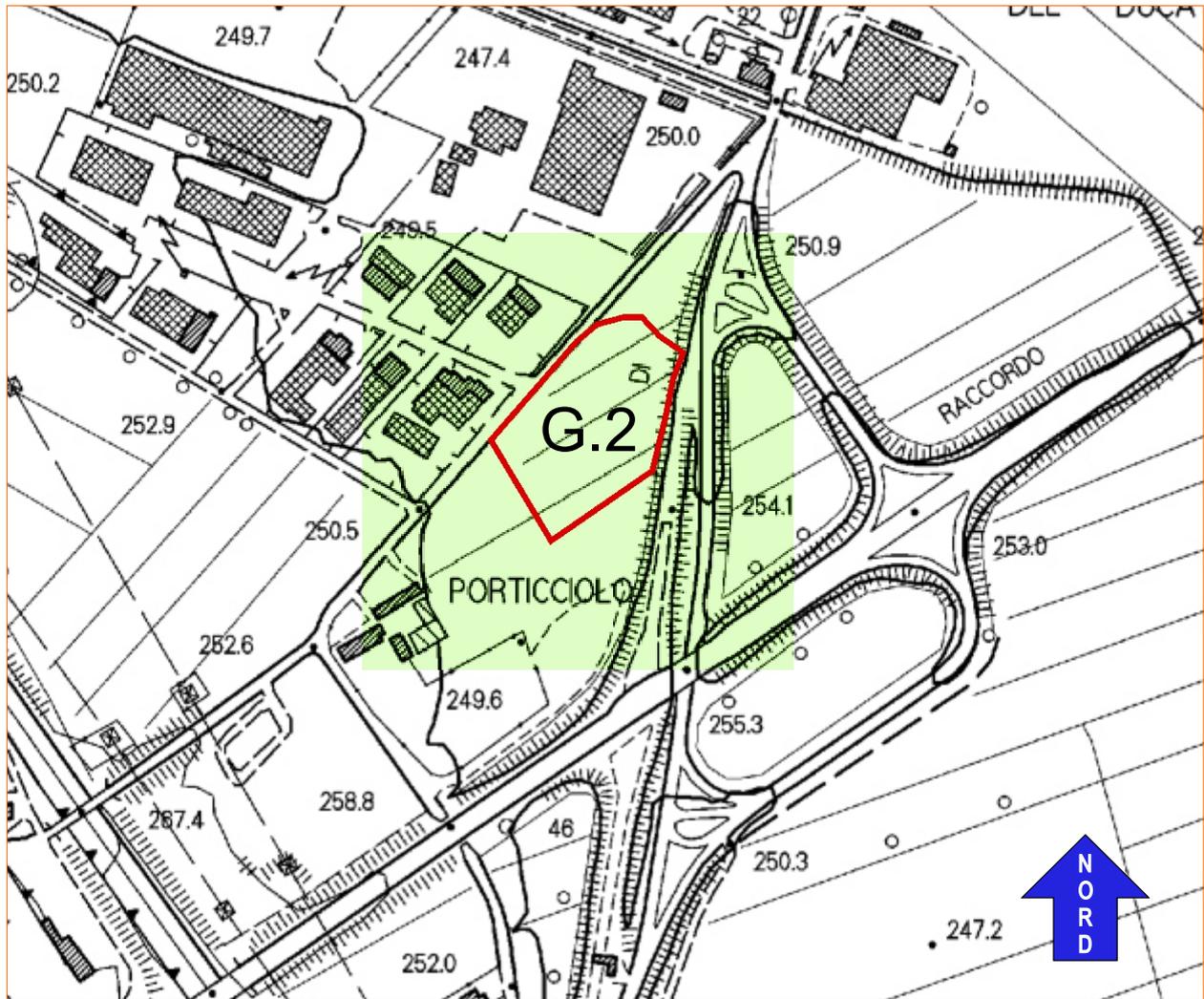
-  VILe - Sabbie e conglomerati RUSCINIANO-VILLAFRANCIANO
-  PLIs - Sabbie e arenarie gialle. ZANCLEANO - PIACENZIANO

### Legenda geomorfologica

-  Deposito alluvionale Attivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
-  Deposito alluvionale Inattivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
-  Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici
-  Deposito lacustre, palustre, lagunare o di colmata
-  Riporto antropico (terrapieno, rilevato stradale o ferroviario, ecc.)

 Area oggetto di indagine

# PERICOLOSITA' GEOLOGICA



1:5.000

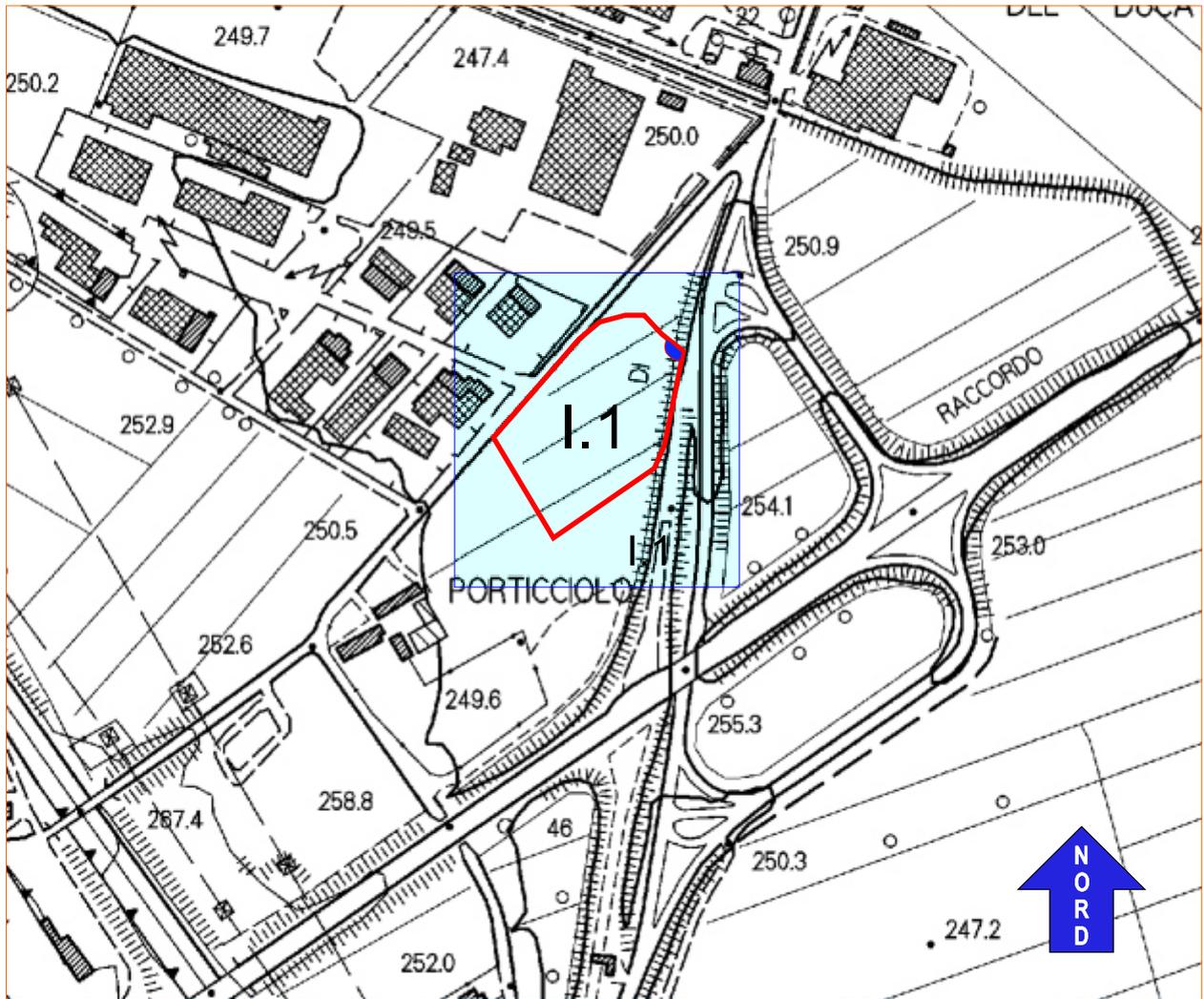
Estratta da CTR - Regione Toscana  
Fonte Strumento urbanistico

 G.2 Pericolosità geologica media

 Area oggetto di indagine

# PERICOLOSITA' IDRAULICA DA STRUMENTO URBANISICO

(da Modellazione Tav Geo 11\_4)

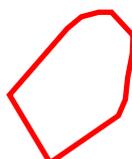


1:5.000

Estratta da CTR - Regione Toscana  
Fonte Strumento urbanistico

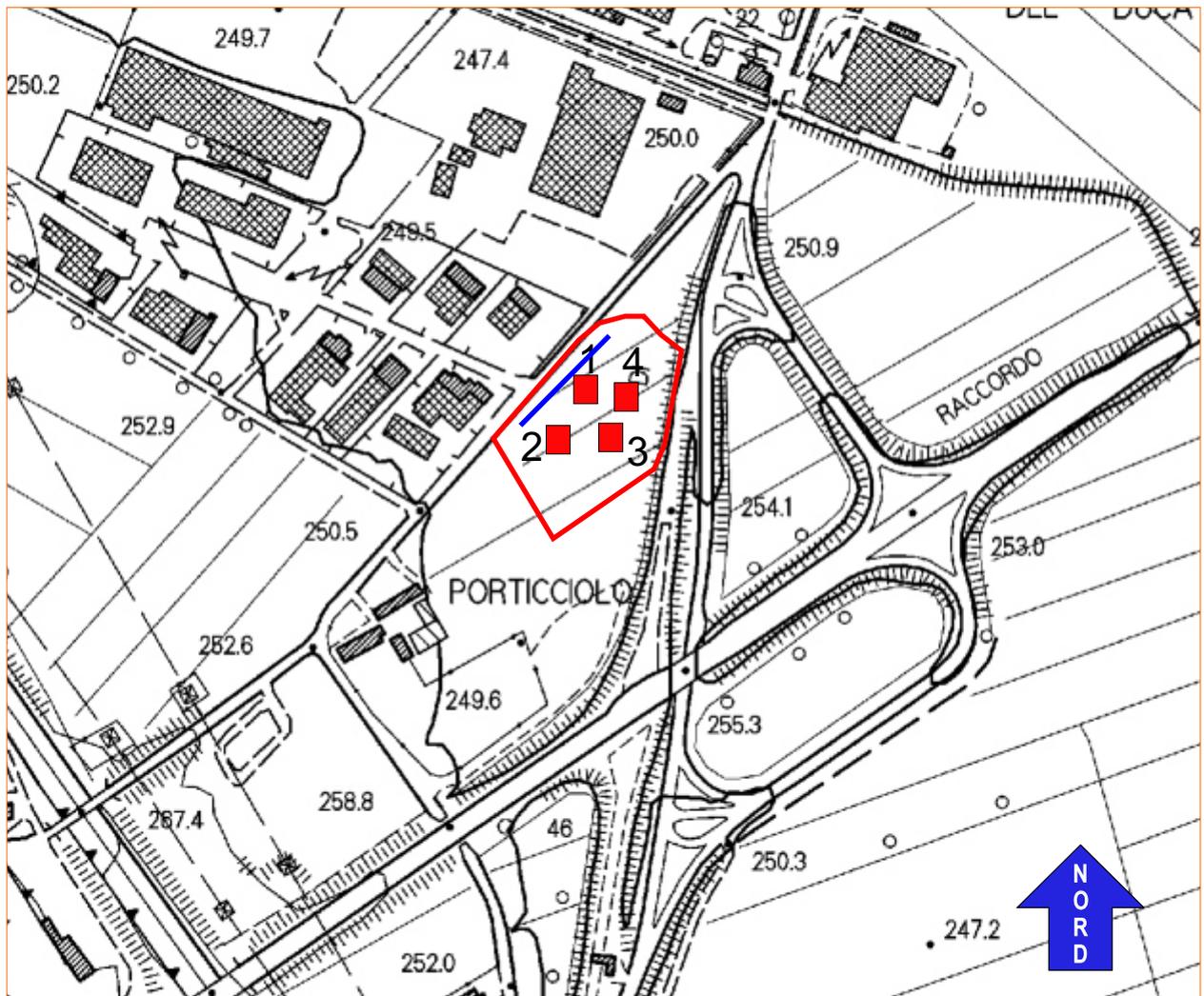
 I.1 Pericolosità idraulica bassa

 L.R. 21/2012: art. 1 Tutela dei 10 m dai corsi d'acqua  
(L.R. 79/2012, DCRT 9/2015) Vincolo di inedificabilità

 Area oggetto di indagine



# UBICAZIONE PROVE SU C.T.R.

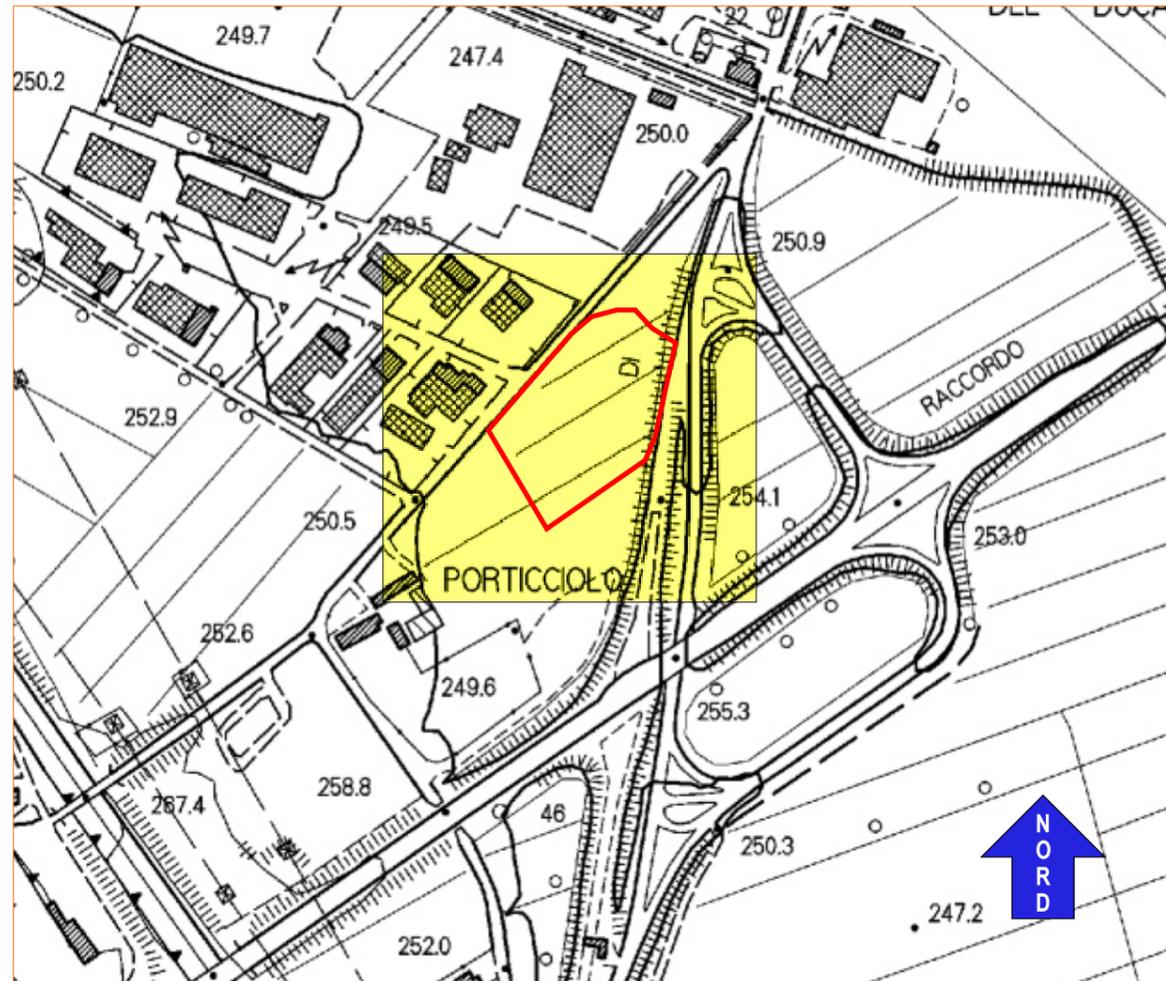


1:5.000

Estratta da CTR - Regione Toscana

- 1-4  
CPT realizzate nell'area
- Indagine sismica (Masw + H/V)
- Area oggetto di indagine

# CARTA GEOLOGICO-TECNICA DI ANALISI PROVE



Area oggetto di indagine

LEGENDA:



SM - Terreni Sabbiosi, Argillosi, Limosi misti

$V_e = 311 \text{ m/sec}$

Frequenza

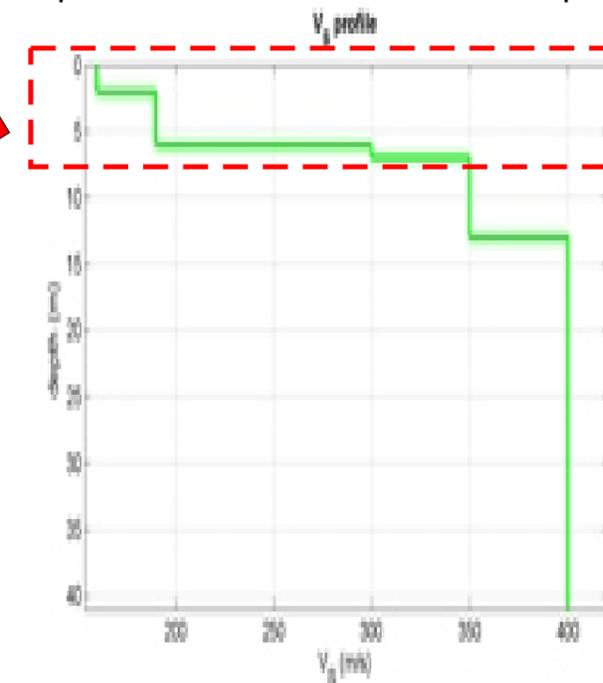
Picco H/V a  $1.09 \pm 0.27 \text{ Hz}$  (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Estratta da CTR - Regione Toscana

Report MASW + H/V fino a 40 m di profondità da p.c.

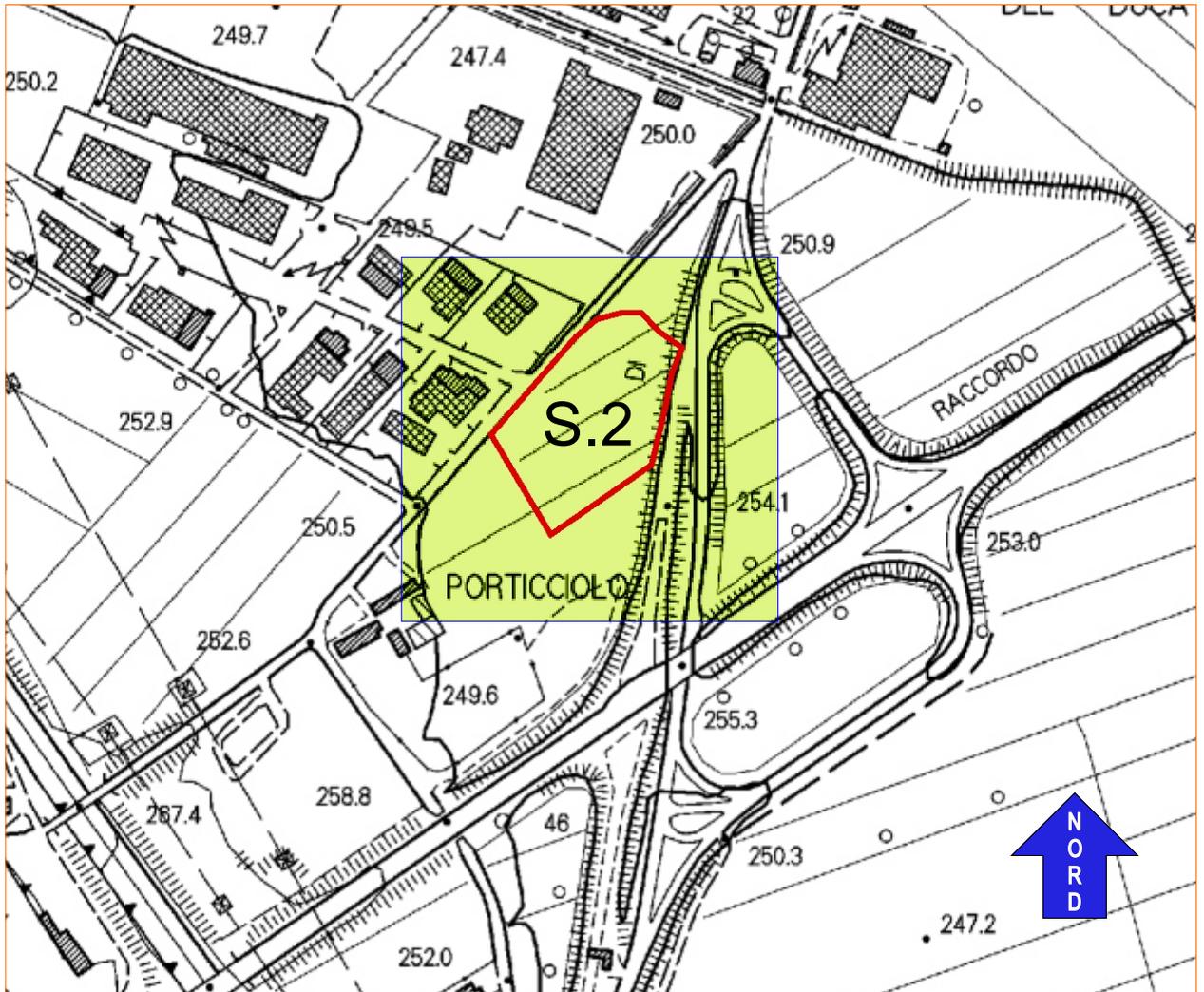
Orizzonte geotecnico	Profondità. (m)	R <sub>p</sub> (kg/cmq)	C <sub>u</sub> (kg/cmq)	F gradi	M <sub>o</sub> (kg/cmq)	E' (kg/cmq)	G (t/mc)
1	0 -1,40	10	0,50	26	30	15	1,85
2	1,40-3,00	20	0,90	28	60	40	1,85
3	3,00-4,80	30	1,40	30	90	70	1,85
4	4,80-6,00	40	>2	32	120	100	1,85

Modello Geotecnico di Sito (MGS) fino alla profondità di 6 m da p.c.



SM

# PERICOLOSITA' SISMICA



1:5.000

Estratta da CTR - Regione Toscana  
Fonte Strumento urbanistico

 S.2 Pericolosità sismica media

 Area oggetto di indagine

PROVE PENETROMETRICHE  
STATICHE  
CPT 1-4

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>1</b>
	Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Paolo Landucci</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>24/05/2019</b>
Cantiere	<b>nuovi edifici</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>Bisciano, Bettolle (SI)</b>	Elaborato			

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	0,00										
0,40	9,0	13,0		9,0	0,27	33	3,0								
0,60	11,0	14,0		11,0	0,20	55	1,8								
0,80	13,0	20,0		13,0	0,47	28	3,6								
<b>1,00</b>	<b>11,0</b>	<b>32,0</b>		<b>11,0</b>	<b>1,40</b>	<b>8</b>	<b>12,7</b>								
1,20	17,0	44,0		17,0	1,80	9	10,6								
1,40	29,0	44,0		29,0	1,00	29	3,4								
1,60	23,0	50,0		23,0	1,80	13	7,8								
1,80	28,0	47,0		28,0	1,27	22	4,5								
<b>2,00</b>	<b>37,0</b>	<b>54,0</b>		<b>37,0</b>	<b>1,13</b>	<b>33</b>	<b>3,1</b>								
2,20	31,0	71,0		31,0	2,67	12	8,6								
2,40	42,0	57,0		42,0	1,00	42	2,4								
2,60	37,0	48,0		37,0	0,73	51	2,0								
2,80	32,0	66,0		32,0	2,27	14	7,1								
<b>3,00</b>	<b>41,0</b>	<b>58,0</b>		<b>41,0</b>	<b>1,13</b>	<b>36</b>	<b>2,8</b>								
3,20	39,0	52,0		39,0	0,87	45	2,2								
3,40	41,0	67,0		41,0	1,73	24	4,2								
3,60	47,0	67,0		47,0	1,33	35	2,8								
3,80	43,0	50,0		43,0	0,47	91	1,1								
<b>4,00</b>	<b>44,0</b>	<b>61,0</b>		<b>44,0</b>	<b>1,13</b>	<b>39</b>	<b>2,6</b>								
4,20	47,0	72,0		47,0	1,67	28	3,6								
4,40	44,0	73,0		44,0	1,93	23	4,4								
4,60	44,0	82,0		44,0	2,53	17	5,8								
4,80	47,0	72,0		47,0	1,67	28	3,6								
<b>5,00</b>	<b>51,0</b>	<b>81,0</b>		<b>51,0</b>	<b>2,00</b>	<b>26</b>	<b>3,9</b>								
5,20	50,0	67,0		50,0	1,13	44	2,3								
5,40	48,0	72,0		48,0	1,60	30	3,3								
5,60	47,0	86,0		47,0	2,60	18	5,5								
5,80	57,0	89,0		57,0	2,13	27	3,7								
<b>6,00</b>	<b>60,0</b>	<b>92,0</b>		<b>60,0</b>	<b>2,13</b>	<b>28</b>	<b>3,6</b>								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

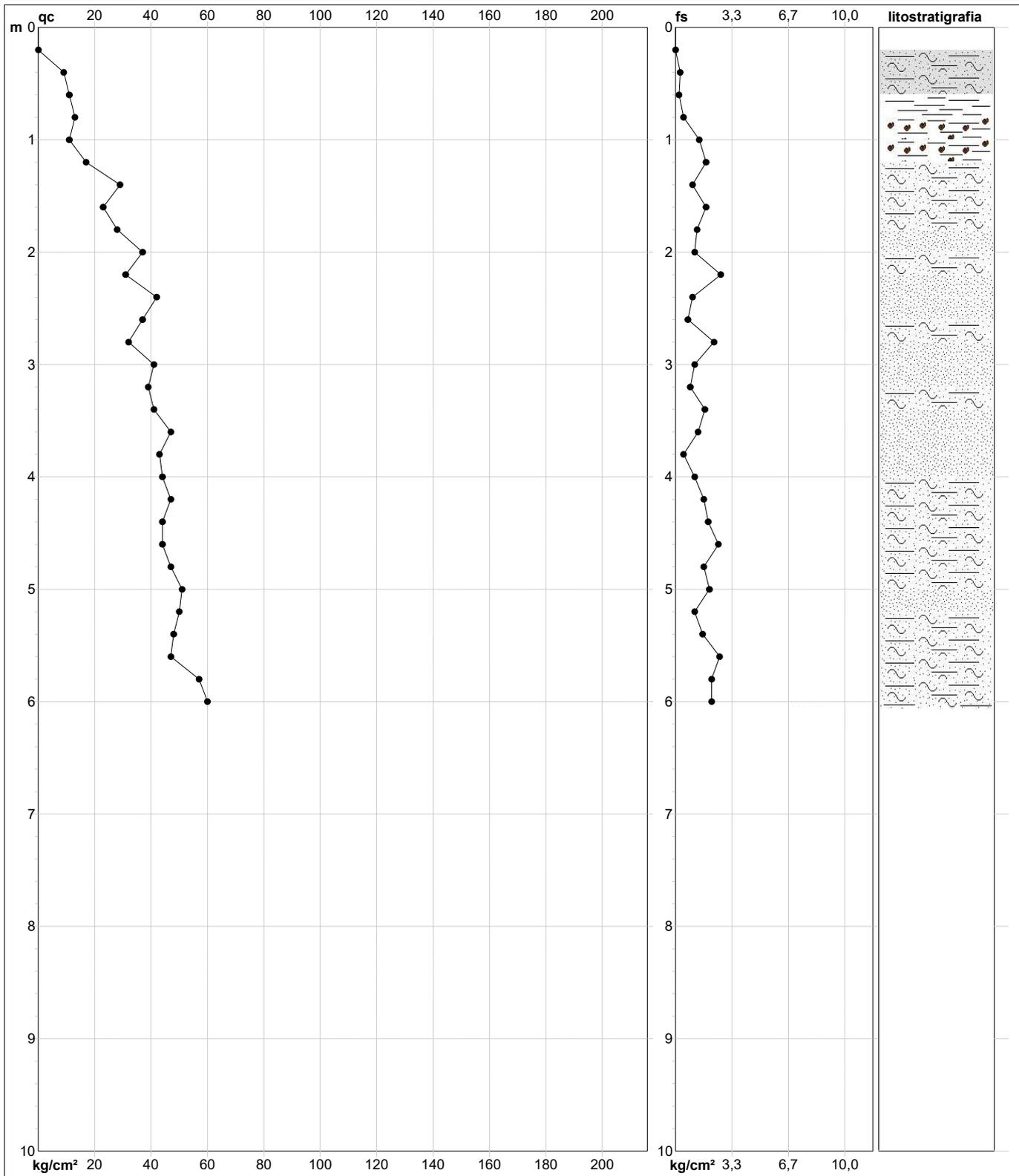
**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente **Dott. Geologo Paolo Landucci**  
 Cantiere **nuovi edifici**  
 Località **Bisciano, Bettolle (SI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato

Data esec. **24/05/2019**  
 Quota inizio: **Piano Campagna**  
 Falda **Non rilevata**



	Litology: <b>Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone</b> Penetrometro: <b>TG63-200</b> Responsabile: Assistente:	preforo <b>m</b> Corr.astine: <b>kg/ml</b> Cod. tip:
--	--	--

note:

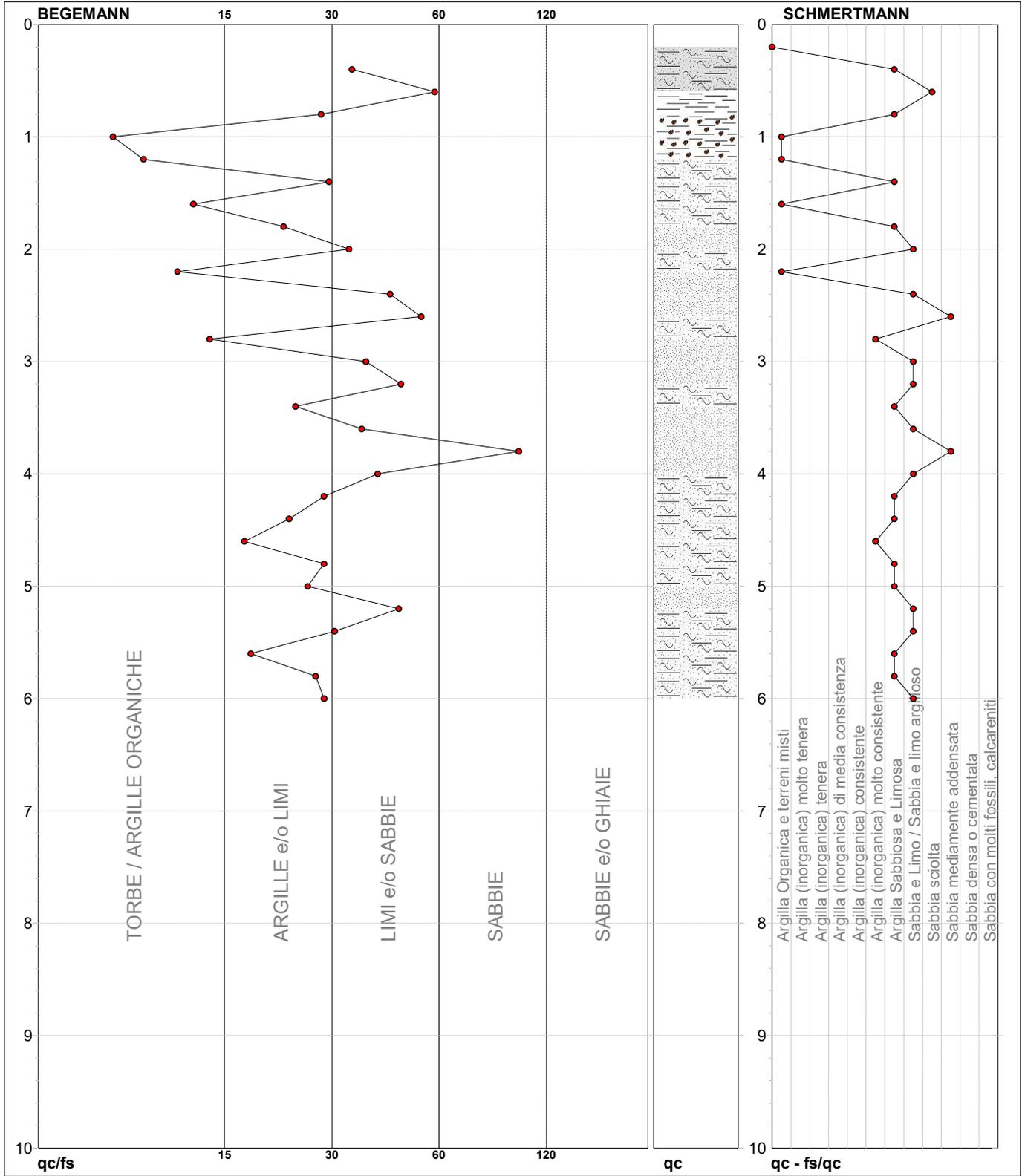
FON050

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente **Dott. Geologo Paolo Landucci**  
 Cantiere **nuovi edifici**  
 Località **Bisciano, Bettolle (SI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec. **24/05/2019**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda**    Non rilevata



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	6 punti, 19,35%	Argilla Organica e terreni misti	4 punti, 12,90%	Argilla Sabbiosa e Limosa	11 punti, 35,48%
ARGILLE e/o LIMI	13 punti, 41,94%	Argilla (inorganica) molto consistente	2 punti, 6,45%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	9 punti, 29,03%
LIMI e/o SABBIE	10 punti, 32,26%			Sabbia sciolta	1 punti, 3,23%
SABBIE	1 punti, 3,23%			Sabbia mediamente addensata	2 punti, 6,45%



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>2</b>
	Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente <b>Dott. Geologo Paolo Landucci</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec. <b>24/05/2019</b>
Cantiere <b>nuovi edifici</b>	Pagina <b>1</b>	Falda <b>Non rilevata</b>
Località <b>Bisciano, Bettolle (SI)</b>	Elaborato	

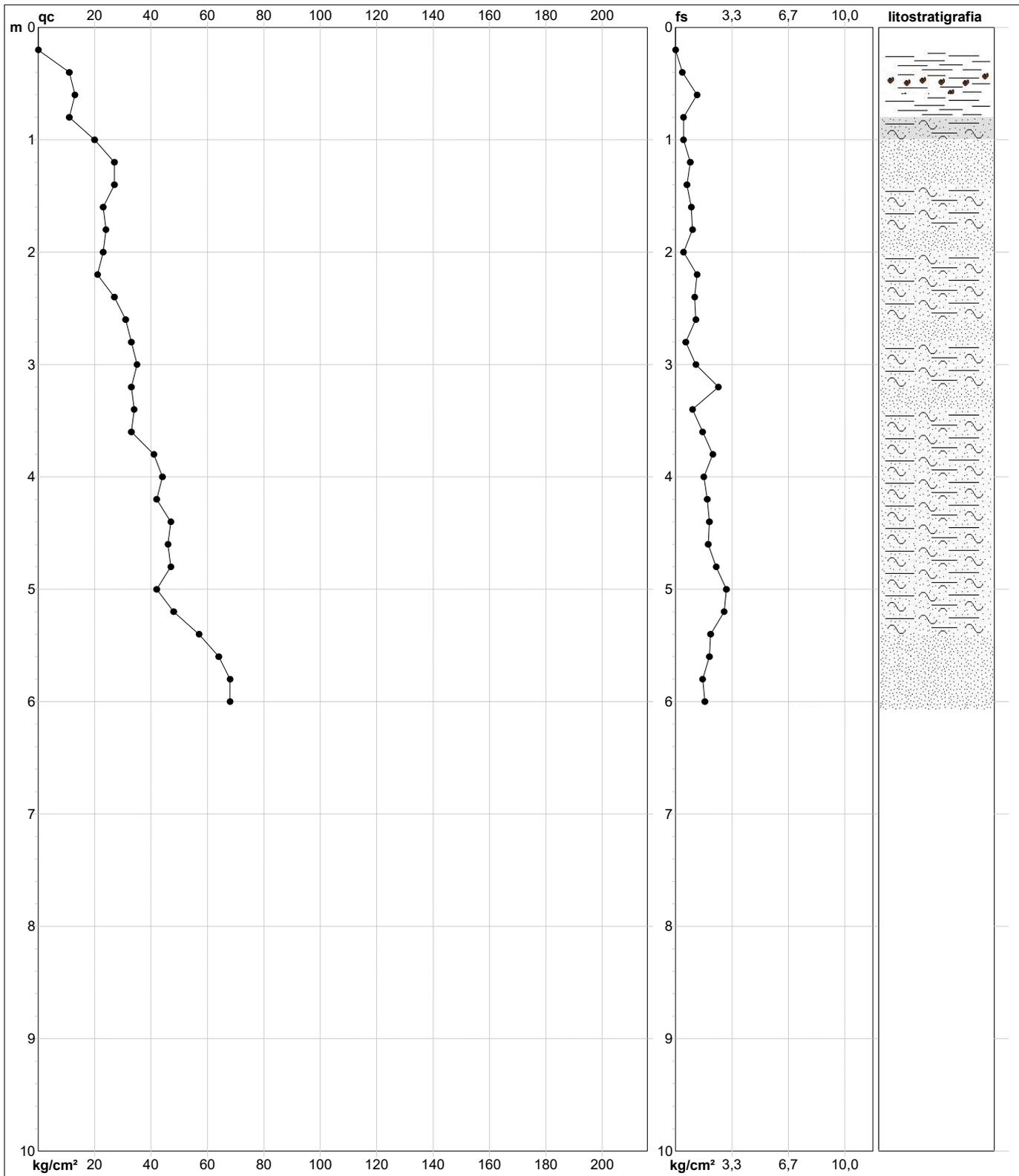
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	0,00										
0,40	11,0	17,0		11,0	0,40	28	3,6								
0,60	13,0	32,0		13,0	1,27	10	9,8								
0,80	11,0	18,0		11,0	0,47	23	4,3								
<b>1,00</b>	20,0	27,0		20,0	0,47	43	2,4								
1,20	27,0	40,0		27,0	0,87	31	3,2								
1,40	27,0	37,0		27,0	0,67	40	2,5								
1,60	23,0	37,0		23,0	0,93	25	4,0								
1,80	24,0	39,0		24,0	1,00	24	4,2								
<b>2,00</b>	23,0	30,0		23,0	0,47	49	2,0								
2,20	21,0	40,0		21,0	1,27	17	6,0								
2,40	27,0	44,0		27,0	1,13	24	4,2								
2,60	31,0	49,0		31,0	1,20	26	3,9								
2,80	33,0	42,0		33,0	0,60	55	1,8								
<b>3,00</b>	35,0	53,0		35,0	1,20	29	3,4								
3,20	33,0	71,0		33,0	2,53	13	7,7								
3,40	34,0	49,0		34,0	1,00	34	2,9								
3,60	33,0	57,0		33,0	1,60	21	4,8								
3,80	41,0	74,0		41,0	2,20	19	5,4								
<b>4,00</b>	44,0	69,0		44,0	1,67	26	3,8								
4,20	42,0	70,0		42,0	1,87	22	4,5								
4,40	47,0	77,0		47,0	2,00	24	4,3								
4,60	46,0	75,0		46,0	1,93	24	4,2								
4,80	47,0	83,0		47,0	2,40	20	5,1								
<b>5,00</b>	42,0	87,0		42,0	3,00	14	7,1								
5,20	48,0	91,0		48,0	2,87	17	6,0								
5,40	57,0	88,0		57,0	2,07	28	3,6								
5,60	64,0	94,0		64,0	2,00	32	3,1								
5,80	68,0	92,0		68,0	1,60	43	2,4								
<b>6,00</b>	68,0	94,0		68,0	1,73	39	2,5								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Paolo Landucci</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>24/05/2019</b>
Cantiere	<b>nuovi edifici</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio:	<b>Piano Campagna</b>
Località	<b>Bisciano, Bettolle (SI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
		Elaborato			



		Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
		Penetrometro:	TG63-200	Corr.astine:	kg/ml
		Responsabile:		Cod. tip:	
		Assistente:			

note:

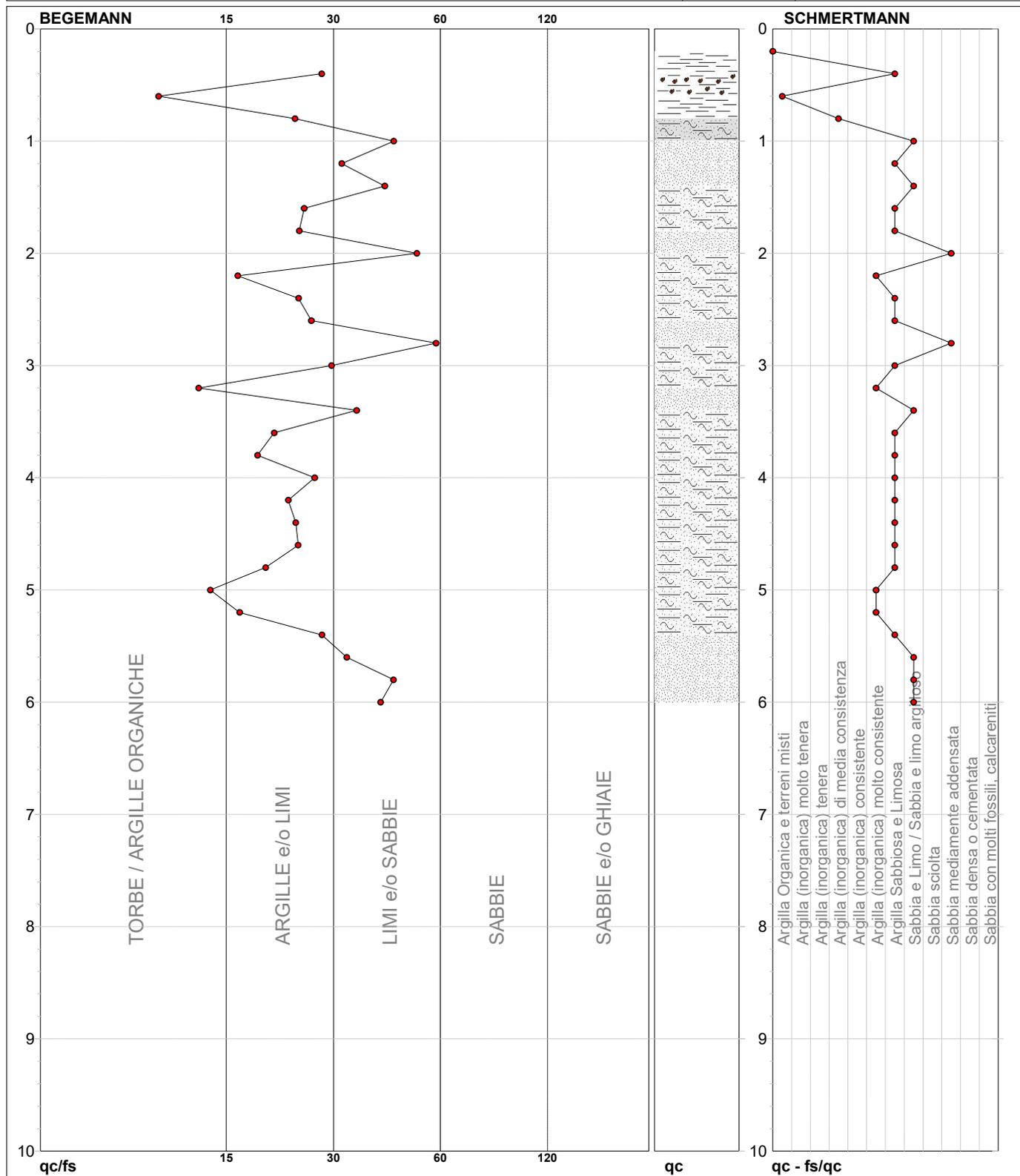
FON050

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente **Dott. Geologo Paolo Landucci**  
 Cantiere **nuovi edifici**  
 Località **Bisciano, Bettolle (SI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec. **24/05/2019**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda**    Non rilevata



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	4 punti, 12,90%	Argilla Organica e terreni misti	1 punti, 3,23%	Argilla Sabbiosa e Limosa	15 punti, 48,39%
ARGILLE e/o LIMI	17 punti, 54,84%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 3,23%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	6 punti, 19,35%
LIMI e/o SABBIE	9 punti, 29,03%	Argilla (inorganica) molto consistente	4 punti, 12,90%	Sabbia mediamente addensata	2 punti, 6,45%

note:

FON050



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>3</b>
	Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Paolo Landucci</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>24/05/2019</b>
Cantiere	<b>nuovi edifici</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>Bisciano, Bettolle (SI)</b>	Elaborato			

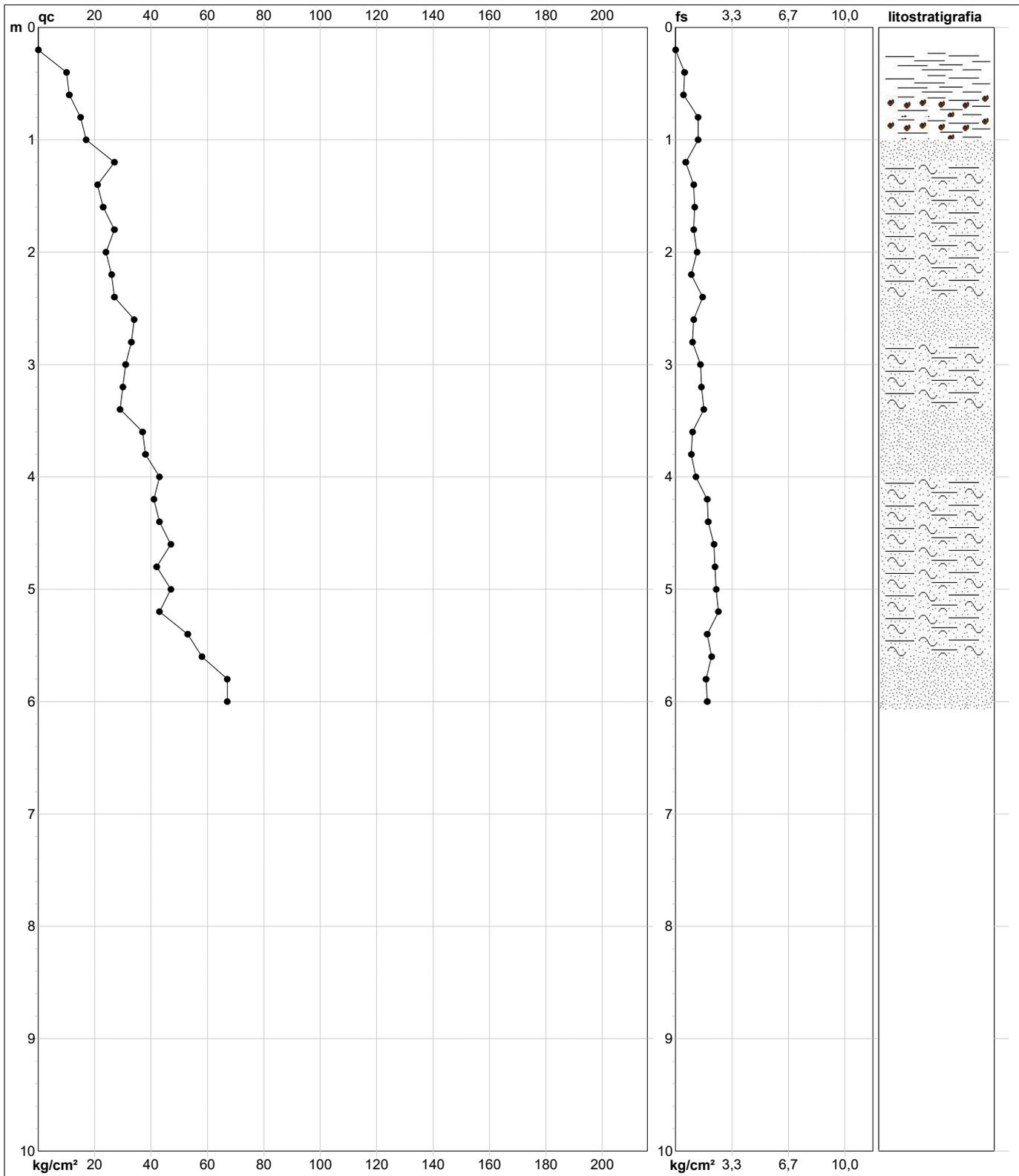
H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%	m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%
0,20	0,0	0,0		0,0	0,00										
0,40	10,0	18,0		10,0	0,53	19	5,3								
0,60	11,0	18,0		11,0	0,47	23	4,3								
0,80	15,0	35,0		15,0	1,33	11	8,9								
<b>1,00</b>	<b>17,0</b>	<b>37,0</b>		<b>17,0</b>	<b>1,33</b>	<b>13</b>	<b>7,8</b>								
1,20	27,0	36,0		27,0	0,60	45	2,2								
1,40	21,0	37,0		21,0	1,07	20	5,1								
1,60	23,0	40,0		23,0	1,13	20	4,9								
1,80	27,0	43,0		27,0	1,07	25	4,0								
<b>2,00</b>	<b>24,0</b>	<b>43,0</b>		<b>24,0</b>	<b>1,27</b>	<b>19</b>	<b>5,3</b>								
2,20	26,0	40,0		26,0	0,93	28	3,6								
2,40	27,0	51,0		27,0	1,60	17	5,9								
2,60	34,0	50,0		34,0	1,07	32	3,1								
2,80	33,0	48,0		33,0	1,00	33	3,0								
<b>3,00</b>	<b>31,0</b>	<b>53,0</b>		<b>31,0</b>	<b>1,47</b>	<b>21</b>	<b>4,7</b>								
3,20	30,0	53,0		30,0	1,53	20	5,1								
3,40	29,0	54,0		29,0	1,67	17	5,8								
3,60	37,0	52,0		37,0	1,00	37	2,7								
3,80	38,0	52,0		38,0	0,93	41	2,4								
<b>4,00</b>	<b>43,0</b>	<b>61,0</b>		<b>43,0</b>	<b>1,20</b>	<b>36</b>	<b>2,8</b>								
4,20	41,0	69,0		41,0	1,87	22	4,6								
4,40	43,0	72,0		43,0	1,93	22	4,5								
4,60	47,0	81,0		47,0	2,27	21	4,8								
4,80	42,0	77,0		42,0	2,33	18	5,5								
<b>5,00</b>	<b>47,0</b>	<b>83,0</b>		<b>47,0</b>	<b>2,40</b>	<b>20</b>	<b>5,1</b>								
5,20	43,0	81,0		43,0	2,53	17	5,9								
5,40	53,0	81,0		53,0	1,87	28	3,5								
5,60	58,0	90,0		58,0	2,13	27	3,7								
5,80	67,0	94,0		67,0	1,80	37	2,7								
<b>6,00</b>	<b>67,0</b>	<b>95,0</b>		<b>67,0</b>	<b>1,87</b>	<b>36</b>	<b>2,8</b>								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Paolo Landucci</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>24/05/2019</b>
Cantiere	<b>nuovi edifici</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio:	<b>Piano Campagna</b>
Località	<b>Bisciano, Bettolle (SI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
		Elaborato			



		Litology:	<b>Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone</b>	preforo	<b>m</b>
		Penetrometro:	<b>TG63-200</b>	Corr.astine:	<b>kg/ml</b>
		Responsabile:		Cod. tip:	
		Assistente:			

note:

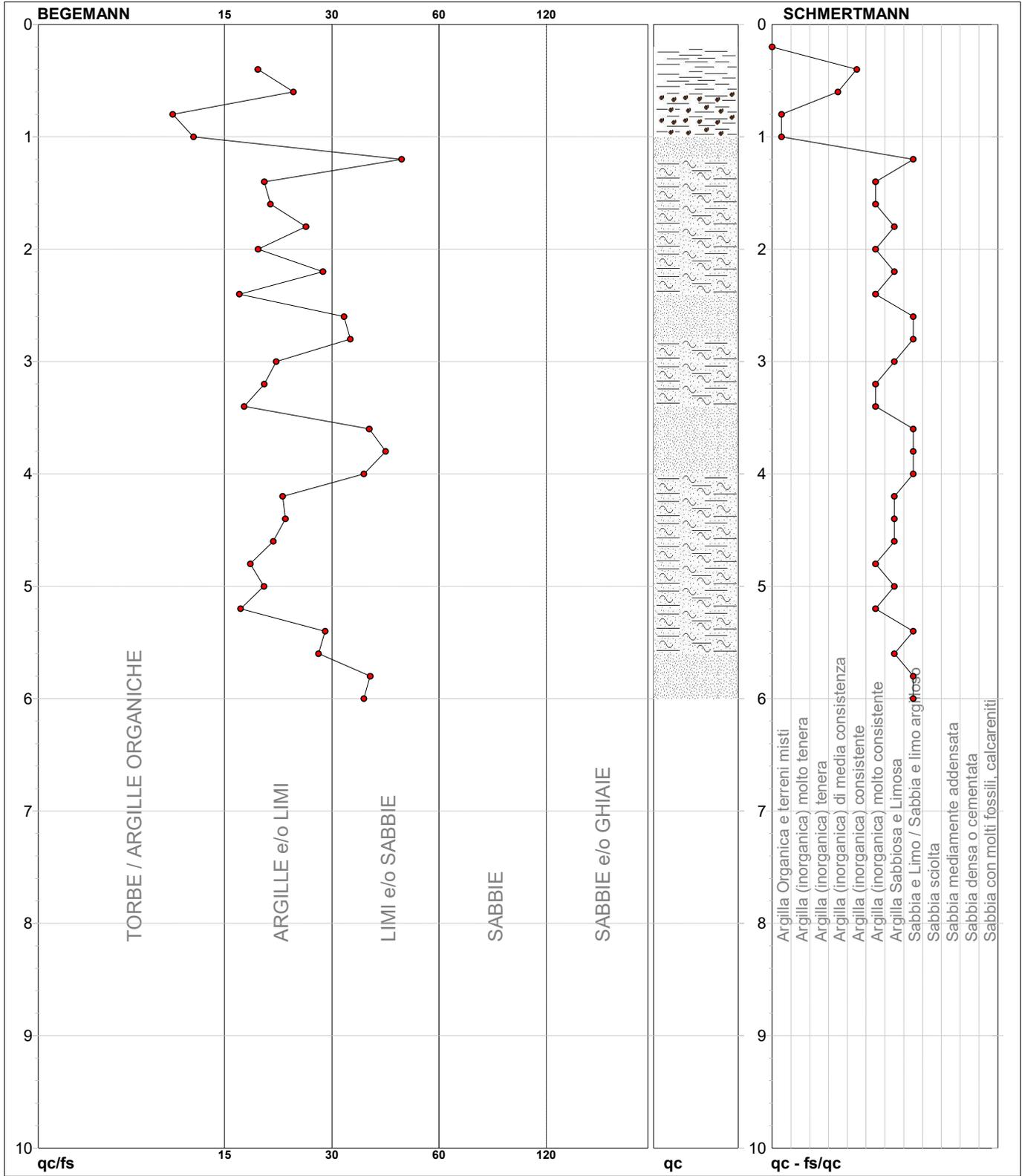
FON050

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente **Dott. Geologo Paolo Landucci**  
 Cantiere **nuovi edifici**  
 Località **Bisciano, Bettolle (SI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec. **24/05/2019**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda**    Non rilevata



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	5 punti, 9,68%	Argilla Organica e terreni misti	2 punti, 6,45%	Argilla Sabbiosa e Limosa	8 punti, 25,81%
ARGILLE e/o LIMI	19 punti, 61,29%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 3,23%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	9 punti, 29,03%
LIMI e/o SABBIE	8 punti, 25,81%	Argilla (inorganica) consistente	1 punti, 3,23%		
		Argilla (inorganica) molto consistente	8 punti, 25,81%		

note: FON050



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>4</b>
	Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Paolo Landucci</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>24/05/2019</b>
Cantiere	<b>nuovi edifici</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>Bisciano, Bettolle (SI)</b>	Elaborato			

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	0,00										
0,40	13,0	22,0		13,0	0,60	22	4,6								
0,60	10,0	14,0		10,0	0,27	37	2,7								
0,80	13,0	20,0		13,0	0,47	28	3,6								
<b>1,00</b>	13,0	35,0		13,0	1,47	9	11,3								
1,20	17,0	37,0		17,0	1,33	13	7,8								
1,40	21,0	28,0		21,0	0,47	45	2,2								
1,60	27,0	48,0		27,0	1,40	19	5,2								
1,80	27,0	34,0		27,0	0,47	57	1,7								
<b>2,00</b>	22,0	40,0		22,0	1,20	18	5,5								
2,20	27,0	39,0		27,0	0,80	34	3,0								
2,40	25,0	34,0		25,0	0,60	42	2,4								
2,60	26,0	47,0		26,0	1,40	19	5,4								
2,80	28,0	39,0		28,0	0,73	38	2,6								
<b>3,00</b>	34,0	58,0		34,0	1,60	21	4,7								
3,20	37,0	60,0		37,0	1,53	24	4,1								
3,40	35,0	43,0		35,0	0,53	66	1,5								
3,60	29,0	48,0		29,0	1,27	23	4,4								
3,80	29,0	44,0		29,0	1,00	29	3,4								
<b>4,00</b>	26,0	49,0		26,0	1,53	17	5,9								
4,20	26,0	41,0		26,0	1,00	26	3,8								
4,40	37,0	55,0		37,0	1,20	31	3,2								
4,60	43,0	72,0		43,0	1,93	22	4,5								
4,80	51,0	73,0		51,0	1,47	35	2,9								
<b>5,00</b>	51,0	82,0		51,0	2,07	25	4,1								
5,20	57,0	72,0		57,0	1,00	57	1,8								
5,40	58,0	80,0		58,0	1,47	39	2,5								
5,60	62,0	87,0		62,0	1,67	37	2,7								
5,80	63,0	95,0		63,0	2,13	30	3,4								
<b>6,00</b>	67,0	96,0		67,0	1,93	35	2,9								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

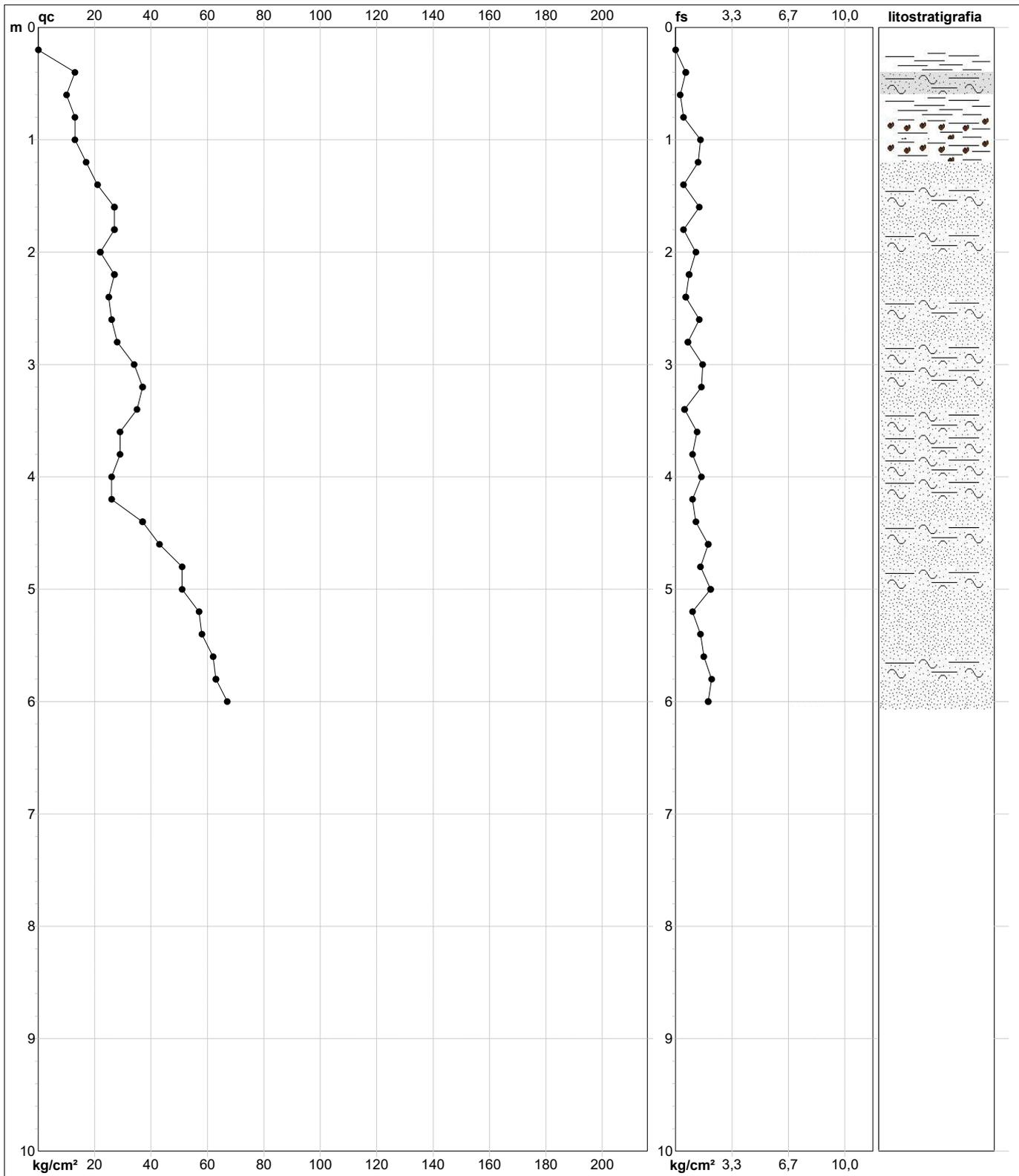
**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>4</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente **Dott. Geologo Paolo Landucci**  
 Cantiere **nuovi edifici**  
 Località **Bisciano, Bettolle (SI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato

Data esec. **24/05/2019**  
 Quota inizio: **Piano Campagna**  
 Falda **Non rilevata**



		Litology: <b>Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone</b>	preforo <b>m</b>
		Penetrometro: <b>TG63-200</b>	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
		Responsabile:	
		Assistente:	Cod. tip:

note:

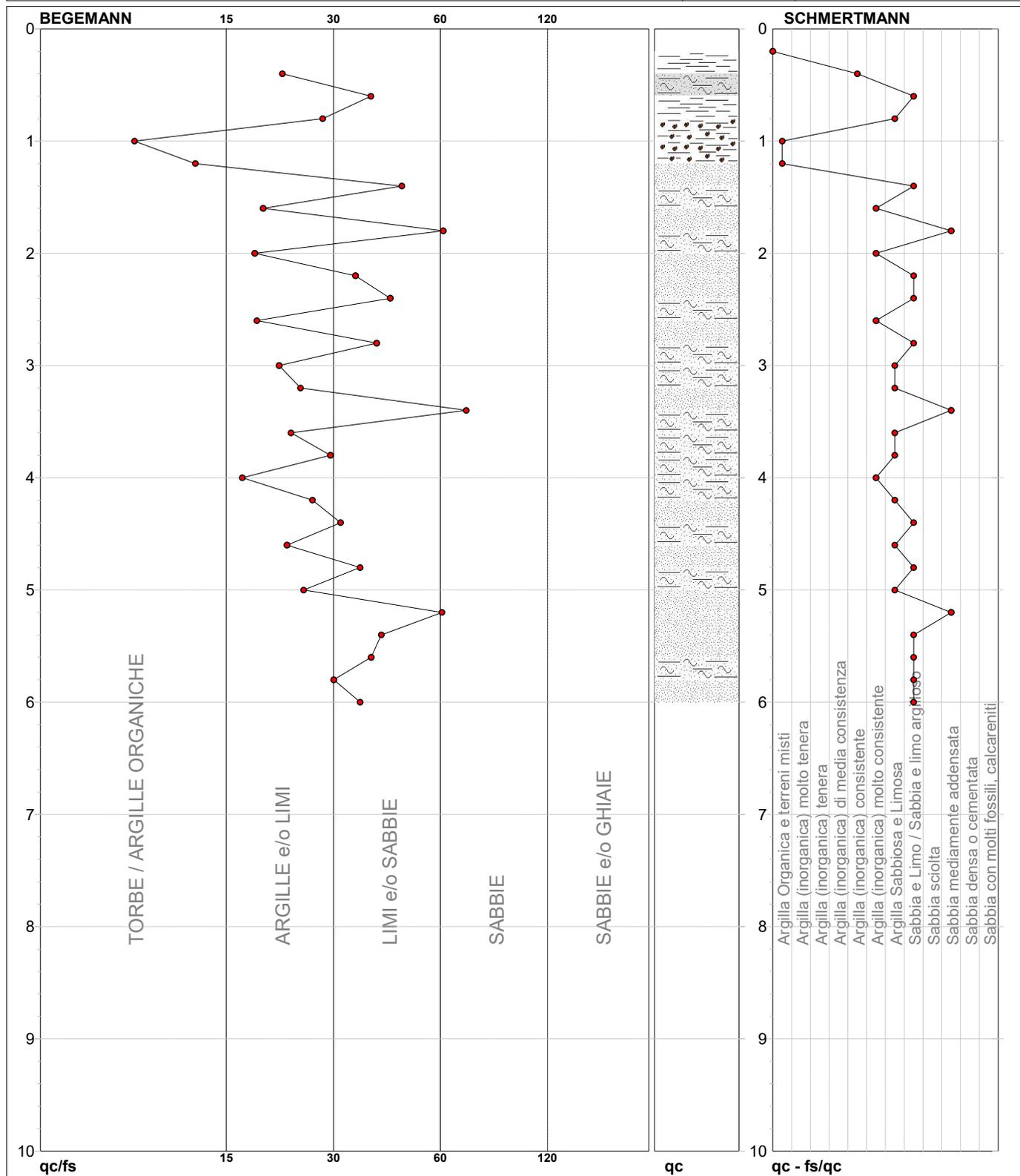
FON050

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>4</b>
Riferimento	<b>135-2019</b>

Committente **Dott. Geologo Paolo Landucci**  
 Cantiere **nuovi edifici**  
 Località **Bisciano, Bettolle (SI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec. **24/05/2019**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda**    Non rilevata



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	5 punti, 9,68%	Argilla Organica e terreni misti	2 punti, 6,45%	Argilla Sabbiosa e Limosa	8 punti, 25,81%
ARGILLE e/o LIMI	14 punti, 45,16%	Argilla (inorganica) consistente	1 punti, 3,23%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	11 punti, 35,48%
LIMI e/o SABBIE	12 punti, 38,71%	Argilla (inorganica) molto consistente	4 punti, 12,90%	Sabbia mediamente addensata	3 punti, 9,68%
SABBIE	1 punti, 3,23%				

note:

FON050



RELAZIONE GEOFISICA  
MASW e H/V

**PROVINCIA DI SIENA  
COMUNE DI SINALUNGA**

**“STUDIO TRAMITE MASW E RILIEVO H/V  
IN ZONA INDUSTRIALE”**



**RELAZIONE GEOFISICA**

## PREMESSA

Per la caratterizzazione sismica di un sito nel comune di Sinalunga si è eseguito un masw ed un rilievo tromometrico.

Le indagini si sono eseguite sotto la direzione tecnica del Dott. Geol. LANDUCCI PAOLO.



## **METODOLOGIA USATA PER L'ANALISI DEI DATI**

Per analizzare la risposta di sito e determinare la pericolosità sismica in base alla normativa vigente si sono utilizzati due distinti metodi geofisici:

**SISMICA A RIFRAZIONE**-Si studia l'andamento del sottosuolo tramite la propagazione dell'onda rifratta.

Si individuano così spessori, velocità e geometrie dei vari sismo strati.

**MASW**-Si ricostruisce la stratigrafia (monodimensionale) attraverso lo studio dell'onda di Rayleigh o di Love.

Ponendo più Masw corti uno accanto all'altro si ricostruisce un profilo in VS.

**H/V**-Si ricava lo spettro di risposta di sito.

Se la sismica a rifrazione o il Masw riesce ad individuare il bedrock sismico, i dati dell'H/V (che rispetto alla sismica a rifrazione è una metodologia meno precisa) serviranno per confermare i dati acquisiti e per aggiungere alcune interessanti informazioni (spettro di risposta di sito).

In questo caso, con la rifrazione in p, la velocità dei primi livelli è indicata dal MASW e le geometrie (è gli spessori) dalla rifrazione

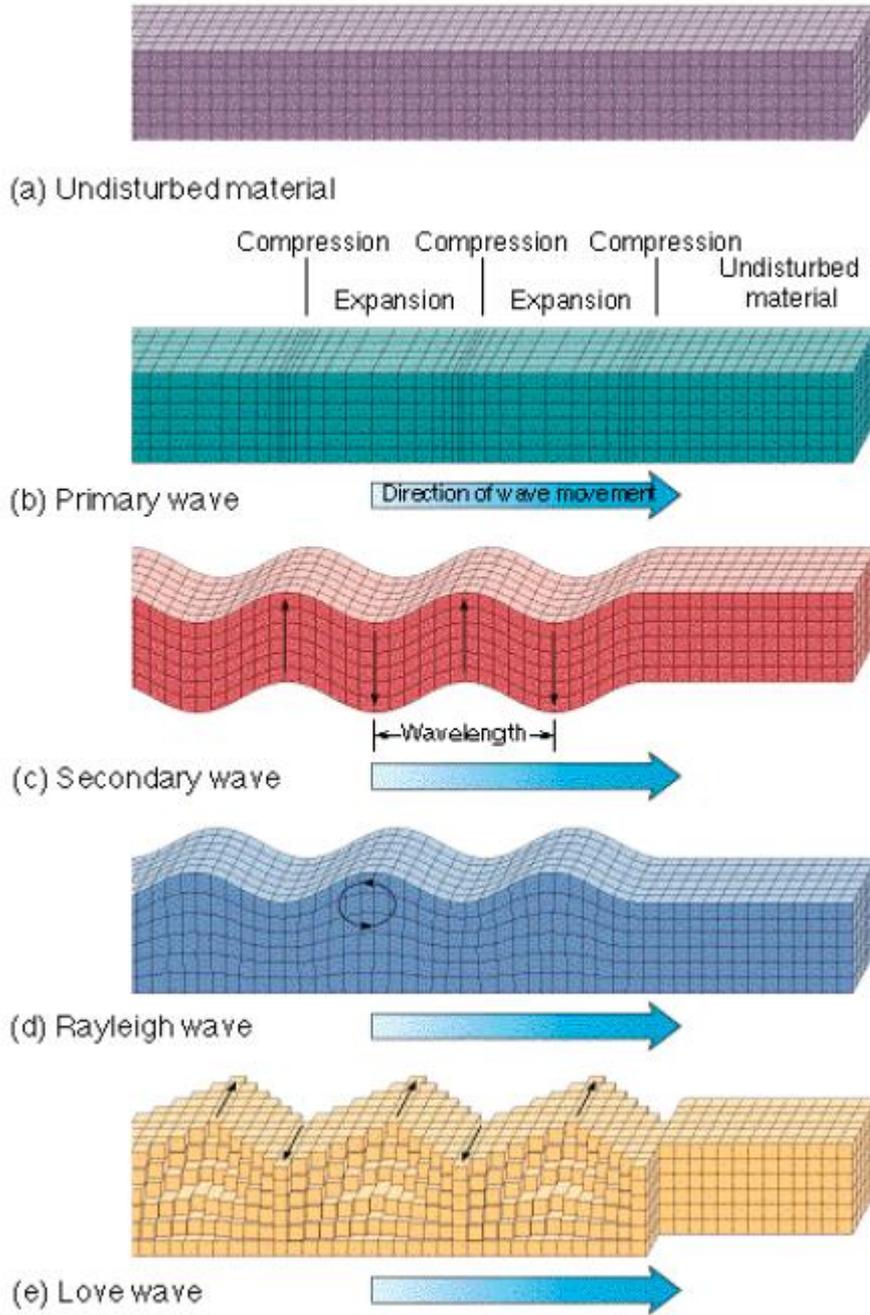
Nei casi in cui la rifrazione o il Masw non arrivi ad intercettare il bedrock per i motivi più disparati (stese corte o inversioni o terreni molto allentati) potremo chiudere l'indagine usando i dati provenienti dall' H/V.

In pratica, vincolando il modello 1D generante lo spettro di risposta ai dati in nostro possesso e provenienti dalla sismica e dal MASW, possiamo arrivare a fare delle presupposizioni abbastanza veritiere su quelli che sono gli orizzonti sismo stratigrafici più profondi.

L'H/V viene quindi usato per rifinire e completare le informazioni provenienti dalle altre indagini (dirette o indirette) eseguite.

*Vari tipologie di onde sismiche*

**Seismic Waves**



..!

## STRUMENTAZIONE USATA PERI I RILIEVI

### MASW

Sismografo AMBROGEO ECHO24-2010

Geofoni verticali da 4,5 hz

Massa battente (mazza)



Number of channels	24+1 with differential input
AD conversion	24 bits
Dynamic range	130dB@1ms PG=0dB 120dB@1ms PG=18dB
Cross talk	>90dB
Preamplify gain	0,6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72dB
Frequency response	0 to 6kHz (30KSPS) 0 to 4,8kHz (15KSPS) 0 to 3kHz (7,5KSPS) 0 to 1,5kHz (3,5KSPS) 0 to 800Hz (2KSPS) 0 to 400Hz (1KSPS)
Acquisition and display filter	Low Cut Out 10-15-25-35-50-70-100-140-200-280-400 Hz High Cut Out 32-64-125-250 Hz Notch 50-60-150-180 Hz
Sampling Interval	32,64,128,256,478,956us
Record Length	16000 samples
Stacking trigger accuracy	1/32 of sample interval
Distorsion (THD)	0,0004%
Max Input signal	5Vpp, 0dB
CMR	110dB (fCM = 60Hz fDATA = 30kSPS)
Noise	0,25uV, 2ms 36dB
Pre-trigger data	524ms@32us sample interval
Delay	0 to 15 sec @1kSPS (max 16000 samples)
Temperature range	-30°C +70°C
Power	12 Volt
Continuous recording	
Output format:	SEGY / SAF (SESAME ASCII FORMAT)

## **SOFTWARE USATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DEI DATI**

### **Acquisizione dei dati**

*SISMOPC 1.0-PASI*  
*AMROGEO*

### **Elaborazione e filtraggio**

<i>Visual Sunt 20</i>	<i>Wgeosoft -filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>Seismic Unix</i>	<i>Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>WinMasw Pro</i>	<i>Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione</i>
<i>Grilla</i>	<i>Tromino-H/V</i>
<i>Geopsy</i>	<i>Software Libero-H/V</i>
<i>Winsism 11.2</i>	<i>Wgeosoft-sismica a rifrazione</i>
<i>Rayfract</i>	<i>Intelligent re source-sismica a rifrazione</i>

### **Modelli 1 D e rischio sismimico**

<i>Deep Soil</i>	<i>software libero-Risposta di sito modellazione 1D</i>
<i>Rexel</i>	<i>software libero-risposta di sito-terremoto di progetto</i>
<i>Shake 2000</i>	<i>Geo Motions-risposta di sito -modellazione 1D -liquefazione ecc.</i>
<i>Ciclic 1D</i>	<i>software libero-liquefazione</i>

**TUTTI I SOFTWARE COMMERCIALI IN NOSTRO POSSESSO SONO ORIGINALI E DOTATI DI ORIGINALE LICENZA**

## RILIEVI TROMOMETRICI

### Tromino Micromed



<b>Number of channels</b>	3+1 analog
<b>Amplifiers</b>	all channels with differential inputs
<b>Noise</b>	< 0.5 $\mu\text{V}$ r.m.s. @128 Hz sampling
<b>Input impedance</b>	$10^6$ Ohm
<b>Frequency range</b>	DC - 360 Hz
<b>Sampling frequency</b>	16384 Hz per channel
<b>Oversampling frequency</b>	32x, 64x, 128x
<b>A/D conversion</b>	$\geq 24$ bit equivalent
<b>Max analog input</b>	51.2 mV (781 nV/digit)

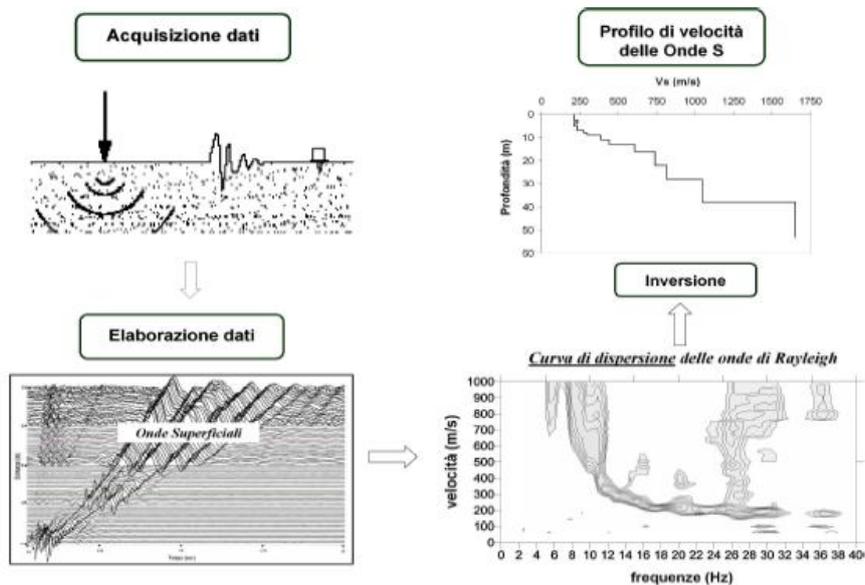
## CENNI TEORICI MASW

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

Nel metodo di indagine passivo si registra il rumore di fondo.



La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di

sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S - profondità".

### **STRUMENTAZIONE USATA**

Ambrogeo2010SU

Numero dei canali 12

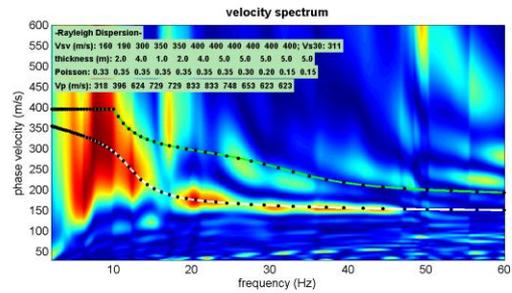
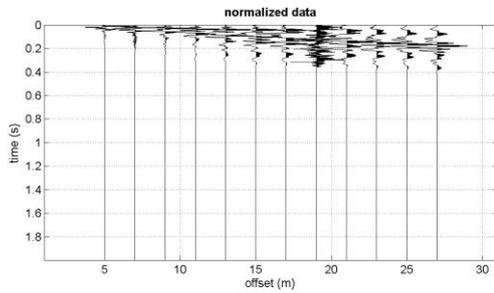
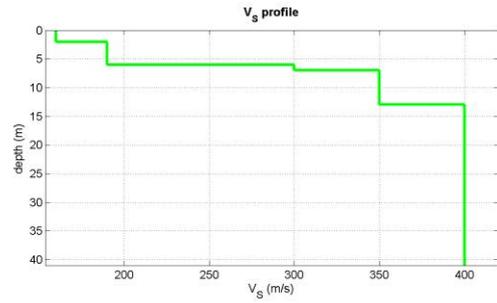
A/D conversione 24 bit

Geofoni da 4.5 hz verticali

### **SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE**

Generazione di onde P:

massa battente (mazza da 8 kg)



**Mean model**

Vs (m/s): 160, 190, 300, 350, 350, 400, 400, 400, 400, 400, 400

Thickness (m): 2.0, 4.0, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.78 1.83 1.94 1.98 1.98 2.01 2.01 1.98 1.95  
 1.94 1.94

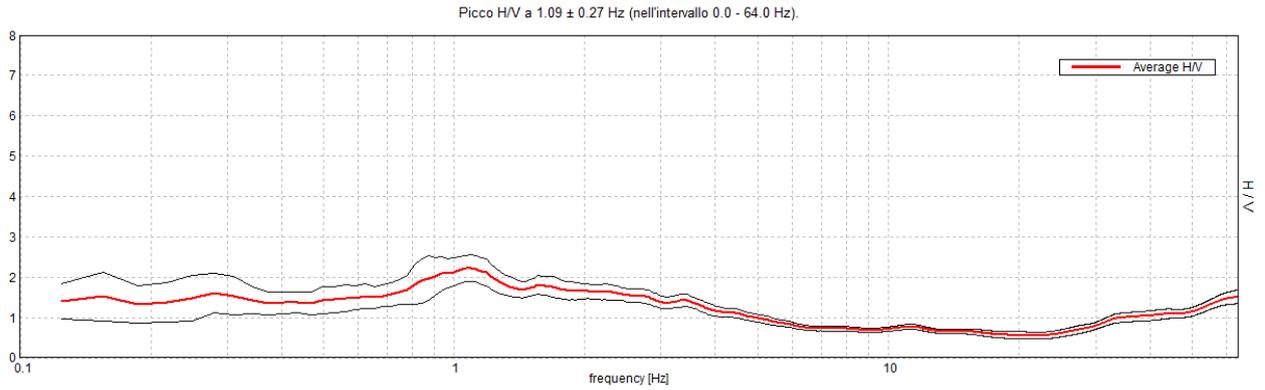
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 45 66 175 242 242 322  
 322 317 312 310 310

Vs30 (m/s): 311

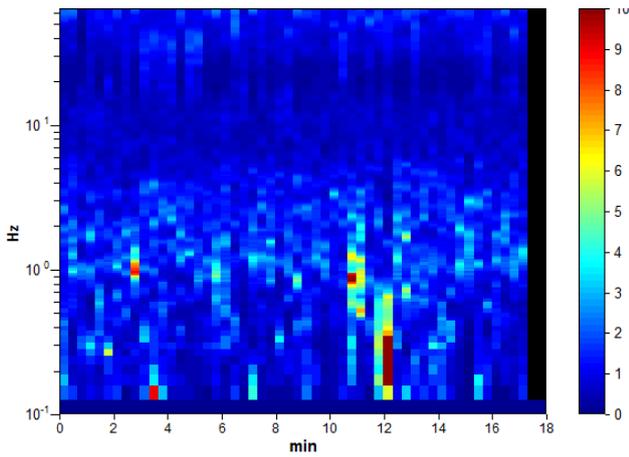
Strumento: TRZ-0135/01-11  
Formato dati: 16 byte  
Fondo scala [mV]: n.a.  
Inizio registrazione: 23/05/19 12:51:54 Fine registrazione: 23/05/19 13:09:55  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h18'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

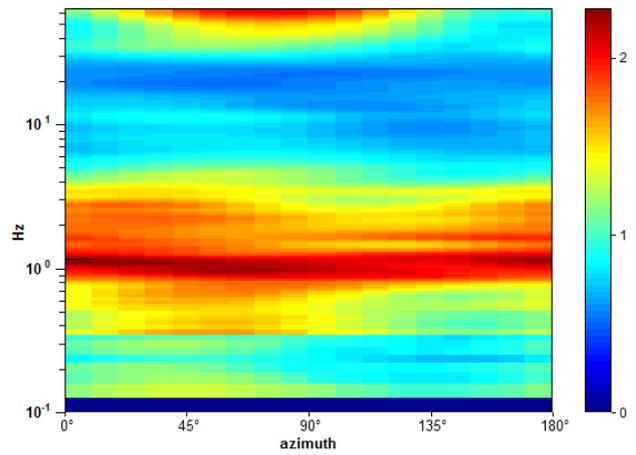
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



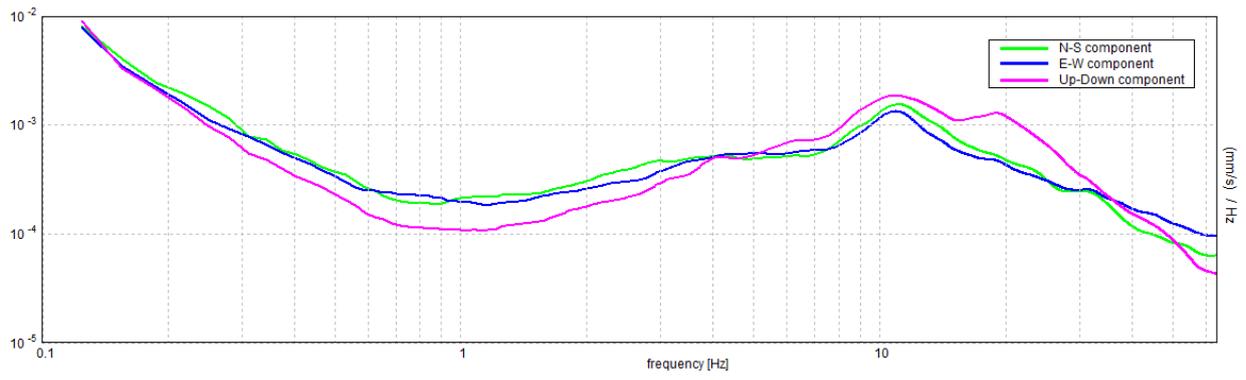
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $1.09 \pm 0.27$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.09 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$1181.3 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 54	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.375 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$2.23 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24421  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2671 < 0.10938$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3307 < 1.78$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## V.E.=311-classe C

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**AREZZO 04-06-2019**

**GALILEO GEOFISICA**



## SCHEDA INTERVENTO

**Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.**

Piano Attuativo in Località Bettolle. Area di trasformazione - Bisciano 4. TR03m

GAMA PROGETTI S.r.l.

**(ai sensi del regolamento approvato con D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R)**

Ubicazione	Comune di Sinalunga (SI) Località Zona Industriale
Pericolosità Geologica P.A.I.	P.F.1- Classe a pericolosità bassa
PGRA	Pi1
Pericolosità Geomorfologica	G.2
Pericolosità Idraulica	I. 1
Carta delle M.O.P.S. (Microzone omogenee in Prospettiva Sismica)	Zona stabile suscettibile di amplificazione
Pericolosità Sismica	S.2
Aspetti relativi alla fattibilità	
Geologica	Classe 2
Idraulica	Classe 1
Sismica	Classe 3