

RICCARDO MARTELLI

g e o l o g o

www.studiogeologico.it

1.0	Cantina Castellare Frescobaldi_RGT_A6	Geol. Riccardo Martelli	Geol. Riccardo Martelli	Geol. Riccardo Martelli	Novembre 2022
REVISIONE	NOME FILE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA

**PROGETTO:** REALIZZAZIONE DI CANTINA E FRANTOIO IN LOC. CASTELLARE, FRAZ. SIECI – COMUNE DI PONTASSIEVE (FI)

**RICHIEDENTE:** SOC. MARCHESE FRESCOBALDI S.P.A.

**PROGETTISTA:** DOTT. ARCH. DANIELE DEL CUCINA

**OGGETTO:** RELAZIONE GEOTECNICA

ai sensi del D.M. 17.01.2018 e Circ. Min. LL.PP. 7/2019, L.R. 65/2014, D.G.R. n. 431/2006, DPGR 1/R/2022

Via Aretina, 362 – Loc. Ellera, FIESOLE (FI)  
Tel.: +39 55 6594919  
Fax: +39 55 6594919  
Por. +39 335 6323692  
E-mail: martelli@studiogeologico.it  
P.e.c.: riccardo.martelli@epap.sicurezza postale.it  
Web: www.studiogeologico.it

P. Iva: 04771480482  
Ordine dei Geologi della Toscana n. 913  
Albo CTU Tribunale di Firenze n. 8851  
Albo Periti Tribunale di Firenze n. 354

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Modello geotecnico</b>	<b>3</b>
2.1	Descrizione degli interventi	3
2.2	Caratterizzazione dei terreni di fondazione	3
2.3	Verifica alla liquefazione	5
2.4	Stabilità dei fronti di scavo	7
2.4.1	<i>Fabbricato adibito a frantoio</i>	7
2.4.2	<i>Fabbricato adibito a deposito/cantina</i>	8
2.4.3	<i>Verifica dello stato di cantiere in condizioni non drenate</i>	11
2.4.4	<i>Verifica dello stato di cantiere condizioni drenate</i>	13
2.5	Spinta generata dalla superficie piezometrica	16
2.6	Stabilità del pendio	17

## **TAVOLE**

TAV. 1 – SEZIONI GEOTECNICHE

## **ALLEGATI**

ALL. A – SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO  
ALL. B – CERTIFICATI LABORATORIO GEOTECNICO  
ALL. C – ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE  
ALL. D – INDAGINI GEOFISICHE

## **1 INTRODUZIONE**

Su incarico della Soc. Marchese Frescobaldi S.p.a. viene redatta la presente relazione che analizza gli aspetti geotecnici per la progettazione definitiva ed esecutiva di un complesso ad uso produttivo formato da un deposito-cantina e da un frantoio, curata dal Dott. Arch. Daniele del Cucina. L'area di intervento è posta in loc. Castellare, Fraz. Sieci, Comune di Pontassieve.

Tale Relazione viene presentata ad espletamento della normativa attualmente vigente per quanto riguarda la redazione di documentazione tecnico-scientifica di supporto alla progettazione edilizia (D.M. 17.01.2018) e della normativa Regionale e comunale vigente per la stessa materia (L.R. 65/2014, DPGR n. 5/R, DPGR 1/R/2022, N.T.A. Comune di Pontassieve), nonché ai sensi della normativa regionale vigente per il rischio idraulico e geomorfologico e la normativa PAI.

I dati per le valutazioni esposte sono stati ricavati dall'esecuzione di tre sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni sottoposti a prove di laboratorio geotecnico, n. 5 prove penetrometriche ed un'indagine geofisica con esecuzione di una prova down-hole e misurazione di microtremore HVSR. Tali dati sono stati integrati lo studio di MS del Piano Strutturale del Comune di Pontassieve.

## 2 MODELLO GEOTECNICO

### 2.1 Descrizione degli interventi

L'intervento in esame presenta aspetti da approfondire per quanto riguarda la capacità portante dei terreni di fondazione, i cedimenti a cui andranno soggetti gli stessi terreni, nonché le condizioni di stabilità dei fronti di scavo.

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di un complesso ad uso produttivo, composto da due corpi di fabbrica separati, uno adibito a deposito/cantina ed uno adibito a frantoio. Il primo avrà forma rettangolare e dimensione in pianta di 100 x 47 m, con altezza in gronda di 8,8 m e piano interrato con altezza interna pari a 5,5 m; il secondo avrà anch'esso forma rettangolare e dimensione in pianta di 50 x 34 m, con altezza in gronda di 8,8 m.

Per la descrizione dettagliata delle opere si faccia riferimento alle tavole di progetto del Dott. Arch. Daniele Del Cucina.

La struttura di fondazione del fabbricato adibito a deposito/cantina, dotata di piano interrato, sarà posta ad una profondità di circa -6,65 m dal p.c. e poggerà su uno spessore residuale di sedimenti alluvionali incoerenti, sabbiosi e ghiaiosi, poggiati sul substrato litoide.

La struttura di fondazione del fabbricato adibito a frantoio sarà posta ad una profondità di circa -1,0 m dal p.c. e poggerà su terreni argillo limosi dotati di qualità geotecniche tali da poter garantire un adeguato coefficiente di sicurezza rispetto ai carichi applicati, oltre a cedimenti accettabili contenendo i carichi da trasmettere al suolo.

### 2.2 Caratterizzazione dei terreni di fondazione

La determinazione dei parametri geotecnici è stata effettuata per via diretta usando i dati delle prove geotecniche di laboratorio ed indiretta, usando i dati acquisiti nel corso dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche.

Sulla base delle indagini ad oggi eseguite è stata ricostruita la seguente successione stratigrafica:

Copertura (da 0,0 a -0,3÷-0,5 m dal p.c.): Terreno pedogenizzato composto da limo sabbioso di colore marrone con abbondante materia organica, molto consistente per ritiro, asciutto, poco plastico.

Unità Geotecnica 1 (da -0,5÷-1,1 m a -4,8÷-6,3 m dal p.c., corrispondente a +74,6÷+74,8 m s.l.m., valore medio +74,7 m s.l.m.): Limo argilloso mediamente consistente, umido. Le indagini condotte in sito evidenziano una buona omogeneità orizzontale dal punto di vista composizionale e relativamente alla consistenza;

I valori delle prove SPT variano da 13 a 17 colpi con valore medio di  $N_{spt}$  pari a 15 colpi. I valori di medi delle prove CPT variano da 17 a 53 kg/cm<sup>2</sup> evidenziando una tendenziale riduzione della consistenza con la profondità, con i valori più elevati che si riscontrano nei primi 3-5 m dal p.c.. Il valore medio minimo che si misura sulle verticali indagate è pari a 29 kg/cm<sup>2</sup> (CPT4). La riduzione di consistenza che si osserva al passaggio col sottostante livello sabbioso e ghiaioso è legata alla presenza della falda, che modifica le caratteristiche di resistenza al taglio. Di contro, i valori elevati che si osservano nei primi 2 m dal p.c. sono legati al ritiro indotto da una stagione eccezionalmente siccitosa. I valori di resistenza misurati con pocket penetrometer variano da 180 a 400 Kpa; i valori di resistenza misurati con vane test variano da 64 a 188 Kpa.

Tale livello si caratterizza per una permeabilità medio-bassa per porosità primaria con il coefficiente di permeabilità K, calcolato con la prova Lefranc in foro di sondaggio, pari a  $1,1 \times 10^{-4}$  cm/s.

Il terreno ha un comportamento prevalentemente coesivo a breve termine con una resistenza al taglio mobilitata da una coesione non drenata  $c_u$  pari a 1,0 kg/cm<sup>2</sup>. A lungo termine la resistenza al taglio, determinata tramite di prove di taglio CD in laboratorio geotecnico, è mobilitata da un angolo di attrito interno  $\phi'$  variabile da 23° a 24° ed una coesione drenata  $c'$  variabile da 0,16 a 0,23 kg/cm<sup>2</sup>. Il terreno ha un peso di volume  $\gamma$  medio è pari a 1,95 g/cm<sup>3</sup> ed è mediamente compressibile con modulo  $E_d$  variabile da 90 a 110 Kg/cm<sup>2</sup>.

Unità Geotecnica 2 (da -4,8÷-6,3 m a -7,2÷-8,4 m dal p.c., corrispondente a +72,2÷+72,7 m s.l.m., valore medio +72,5 m s.l.m.): ghiaia eterometrica alternata a sabbia media e fine. La ghiaia è composta da clasti da millimetrici a centimetrici arenacei, arrotondati, poco sferici in matrice sabbioso limosa, addensata. I livelli sabbiosi sono riscontrati a vari livelli: nella porzione N del lotto si ritrova un livello superficiale di sabbia media pulita con acqua, che tuttavia non mostra continuità muovendo verso S. In generale i livelli sabbiosi sono dotati di buono stato di addensamento. Tale livello porta a rifiuto tutte le prove penetrometriche condotte prima di giungere alla base dello strato.

I valori delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio variano da 26 a 29 colpi con valore medio di  $N_{spt}$  pari a 27 colpi. I valori di medi delle prove CPT, prima del rifiuto, variano da 36 a 211 kg/cm<sup>2</sup>, mentre il valore della prova DPSH varia da 14 a 40 colpi, coerente con il dato acquisito con le prove in foro di sondaggio. Non è stato possibile eseguire

misure con vane test e con pocket penetrometer per la composizione ghiaiosa. Considerata la natura granulometrica il terreno ha un comportamento prevalentemente attritivo a breve e lungo termine con una resistenza al taglio mobilitata da un angolo di attrito interno  $\phi'$  pari a  $30^\circ$ . Il peso di volume  $\gamma$  è pari a  $2,00 \text{ g/cm}^3$ . La compressibilità è bassa con modulo  $E_d$  pari a  $150 \text{ Kg/cm}^2$ .

Unità Geotecnica 3 (da  $-7,2$ ÷ $-8,4$  m a  $>-30$  m dal p.c., massima profondità raggiunta dalle indagini): stratificazione di calcari marnosi chiari, marne calcaree chiare, argilliti e siltiti grigie finemente fratturate. Le argilliti e le siltiti sono finemente fogliettate e localmente segnate da venature calcitiche millimetriche. In generale l'ammasso presenta discontinuità poco aperte, mediamente alterate, di continuità non definibile, leggermente rugose, alcune con riempimento di materiale tenero. Il valore di RQD, ove misurato nelle carote di sondaggio nei livelli calcareo marnosi, varia da 10 al 15%; in presenza della facies siltitica ed argillitica non è possibile misurare il valore di RQD. Applicando il metodo di Bieniawski si definisce una resistenza al taglio media a breve e lungo termine (calcolate sulle tre facies), mobilitata da un angolo di attrito interno  $\phi'$  pari a  $19^\circ$  e coesione drenata  $c'$  pari a  $1,38 \text{ Kg/cm}^2$ . Il modulo elastico  $E' >1000 \text{ kg/cm}^2$ . Il peso di volume pari a  $2,2 \text{ g/cm}^3$ .

I valori medi vengono assunti come valori caratteristici (DM 17.01.2018). Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono dai valori caratteristici tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_M$ .

Il livello della superficie piezometrica di progetto viene assunto alla profondità di  $-3,5$  m dal piano di campagna.

### 2.3 Verifica alla liquefazione

Ai sensi del cap. 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 la verifica a liquefazione può essere omessa se si manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Il calcolo di stabilità è stato eseguito con metodo semplificato con cui, sempre ai sensi delle NTC2018, la resistenza del deposito alla liquefazione viene valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione:

$$F_S = \frac{CRR}{CSR}$$

Per la determinazione del valore di CRR (resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico, R nella tabella di calcolo) e del valore di CSR (sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma, T nella tabella di calcolo) è stato adottato il metodo di Seed e Idriss che richiede la conoscenza di pochi parametri geotecnici come la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. La verifica a liquefazione dà risultato nei casi di presenza di terreno incoerente, di strato sotto falda, di strato avente spessore dello strato  $>1m$  e di presenza di sisma.

La falda, ospitata all'interno delle ghiaie, è stata misurata a partire dalla profondità di – 3,50 m dal p.c. attuale.

Per il fabbricato ad uso deposito e cantina, al di sotto delle strutture di fondazione sono presenti strati prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi addensati passanti ad un substrato litoide che non va soggetto a tale tipologia di fenomeno.

Per il fabbricato ad uso frantoio, al di sotto delle strutture di fondazione sono presenti strati argillo limosi, passanti a ghiaie e sabbie addensate poggianti a loro volta su un substrato litoide che non va soggetto a tale tipologia di fenomeno.

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

=====

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (Kg/cm <sup>2</sup> )	S'vo (Kg/cm <sup>2</sup> )	T	R	Fs	Condizione:
1	7.50	15.00	14.448	1.465	1.065	0.178	0.977	5.50	Livello non liquefacibile
2	9.40	27.00	23.433	1.849	1.259	0.184	0.529	2.88	Livello non liquefacibile
3	20.60	50.00	25.737	4.313	2.603	0.167	0.842	5.05	Livello non liquefacibile

Il calcolo mostra che la presenza di terreni coesivi o incoerente addensati porta a considerate trascurabile gli effetti indotti da tale fenomeno, che può verificarsi solo in presenza di livelli di sabbie sciolte sotto falda.

## 2.4 Stabilità dei fronti di scavo

L'intervento in esame, caratterizzato da fabbricati aventi piani di posa delle fondazioni a profondità molto differenti, comporta una valutazione separata della geometria dei fronti di scavo e della loro stabilità a breve e lungo termine.

### 2.4.1 *Fabbricato adibito a frantoio*

In particolare, per quanto riguarda la stabilità dei fronti di scavo per la messa in opera delle fondazioni del fabbricato adibito a frantoio, questi saranno inferiori a 1,0 m e per tale motivo non vengono definite condizioni o prescrizioni, ma si raccomanda comunque di attenersi alle seguenti indicazioni:

- ✓ le pareti di scavo siano essere dotate di inclinazione  $\beta$  inferiore o uguale  $56^\circ$ ; ove si riscontrassero instabilità, sia adottata una inclinazione  $\beta$  inferiore o uguale a  $45^\circ$ ;
- ✓ le opere in ca siano realizzate nel minor tempo tecnicamente possibile;
- ✓ le pareti non armate siano protette con una canaletta posta a monte del ciglio di scavo, in modo da impedire l'infiltrazione e l'ingresso di acqua;

- ✓ il fondo dello scavo sia dotato di una lieve inclinazione in modo da concentrare i ristagni di acqua in un unico punto da cui possono essere drenati.

#### 2.4.2 *Fabbricato adibito a deposito/cantina*

Per la messa in opera delle strutture di fondazione del fabbricato adibito a deposito/cantina saranno eseguiti scavi che raggiungeranno la profondità di -6,65 m dal p.c.. Considerata la presenza di una superficie piezometrica a -3,5 m dal p.c., ci prevede di realizzare un primo ribasso di piano a tale profondità, adottando una configurazione dei fronti con due gradoni di altezza pari a 3,50 m il primo e 3,15 il secondo con fronti inclinati di 56° e pedata orizzontale di 2 m.

La restante porzione di scavo sarà realizzata previo abbassamento temporaneo della superficie freatica mediante la messa in opera di un sistema di prelievi con pozzi drenanti o altra misura giudicata idonea dal Progettista.

La verifica di stabilità del dello scavo nelle fasi di cantiere viene effettuata lungo la sezione di progetto parallela alla linea di massima pendenza e passante in corrispondenza delle opere in esame. In particolare sono eseguite le seguenti verifiche:

- 1 – Verifica di stabilità nello stato di cantiere, condizioni non drenate, condizioni statiche e condizioni di falda variata.
- 2 – Verifica di stabilità nello stato di cantiere, condizioni non drenate, condizioni dinamiche e condizioni di falda variata.

La caratterizzazione delle azioni sismiche è riportata nella relazione geotecnica. Il calcolo viene effettuato ai sensi del D.M. 17.01.2018 e viene assunto come stato limite ultimo con il raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni. In questa condizione deve risultare verificata la seguente condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Dove Ed è il valore di progetto dell'azione ed Rd il valore della resistenza. Le verifiche vengono effettuate secondo l'Approccio 1 combinazione 2:

$$A2+M2+R2$$

I coefficienti parziali sono quelli definiti dal D.M. 17.01.2018. Ne consegue che il calcolo è verificato se e solo se il coefficiente di sicurezza che il programma calcola e che

definisce come FS è superiore all'unità. L'elaborazione è stata condotta adottando il metodo di Bishop, con il quale si analizza il coefficiente di sicurezza allo scivolamento dei terreni su superfici di forma circolare. Tale metodo affronta il problema suddividendo la massa potenzialmente instabile in un certo numero di strisce o conci verticali (da cui il nome di "metodo delle strisce" con cui si indica solitamente il procedimento) di cui si analizzano singolarmente le condizioni di equilibrio. Il coefficiente di sicurezza scaturisce dalla sommatoria dell'analisi eseguita per ciascun concio. Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1%. La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

$W$ : peso concio

$K_o$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_v$ : Coefficiente sismico verticale.

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_0$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;  $a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;  $g$  accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = SS ST ag$$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_s \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica). Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto dalle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni. In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Le verifiche dello stato di cantiere vengono eseguite vincolando i punti di uscita e di entrata delle superfici di scorrimento alla zona immediatamente a monte dell'area di intervento. Per le altre verifiche vengono ipotizzate superfici di forma circolare con ricerca automatica con una maglia dei centri costituita da  $m$  righe e  $n$  colonne. In questo caso vengono esaminate tutte le superfici con intersezione superiore a 35 m aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili. I parametri dell'azione sismica sono stati definiti secondo la normativa vigente, facendo riferimento alle specifiche del C.S.L.P.. Il calcolo è stato condotto utilizzando un codice di calcolo denominato *Slope2023*, fornito di regolare licenza d'uso professionale.

### 2.4.3 Verifica dello stato di cantiere in condizioni non drenate

Viene verificata la stabilità del fronte di scavo nello stato di cantiere in condizioni non drenate, in assenza di sisma, con falda variata e la presenza di un sovraccarico di 0,2 kg/cm<sup>2</sup> a monte dovuta alla strada comunale. La superficie della falda viene assunta nella massima escursione attesa. La verifica ha dato come risultato un coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,727, evidenziando condizioni di stabilità, dato che la condizione  $Ed \leq Rd$  (definita dal D.M. 17.01.2018) risulta verificata.

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	43.782197/11.404919 °
Calcolo eseguito secondo	Utente
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	37.66 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	40.3 m
Ascissa vertice destro superiore xs	49.51 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.08 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	Y (m)
1	20.0	16.85
2	47.0	16.85
3	51.5	20.0
4	53.5	20.0
5	58.0	23.5
6	70.0	25.0
7	78.0	25.0
8	78.2	25.5
9	79.0	25.5
10	80.0	25.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	19.99	16.42
2	47.04	16.52
3	53.69	19.0
4	80.0	20.51

Vertici strato .....1

N	X (m)	Y (m)
1	20.0	16.85
2	47.0	16.85

3	47.64	17.3
4	80.0	17.5
5	80.0	17.5

Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	20.0	15.1
2	80.0	15.1

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0  
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25  
Coesione efficace 1.25  
Coesione non drenata 1.4  
Riduzione parametri geotecnici terreno No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia
1	0.16	1	23	1950	1970	Limo
2	0	0.05	30	2000	2020	Sabbie e ghiaie
3	1.38	1.38	19	2200	2200	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	70	25	78	25	0.2

Risultati analisi pendio [Utente]

Fs minimo individuato 1.73  
Ascissa centro superficie 49.51 m  
Ordinata centro superficie 48.61 m  
Raggio superficie 33.23 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ;  
Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti  
parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$x_c = 49.51$   $y_c = 48.613$   $R_c = 33.233$   $F_s = 1.728$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.32	-14.2	3.4	3105.12	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	3429.3	899.7
2	3.32	-8.3	3.4	7511.57	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	7720.3	881.7
3	3.32	-2.6	3.3	14387.22	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	14440.7	873.3
4	1.82	1.9	1.8	14370.9	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	14362.9	478.2
5	4.82	7.6	4.9	44460.56	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	44686.1	1278.1
6	1.68	13.3	1.7	21908.03	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	22404.9	455.5
7	4.95	19.3	5.2	64050.82	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	67391.6	1379.2
8	3.32	27.1	3.7	34749.74	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	29012.4	19592.9

9	3.32	33.7	4.0	24785.23	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	15801.2	20974.9
10	3.32	40.9	4.4	15610.34	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	632.0	23096.3

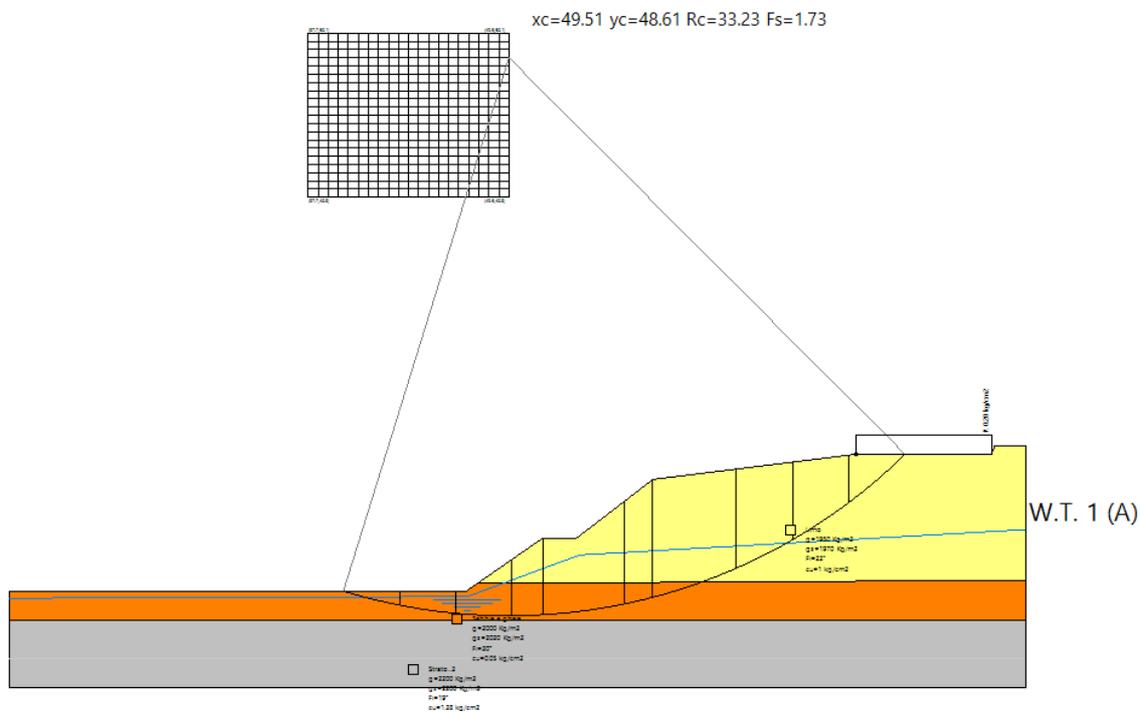


Fig. 1 – Verifica dello stato attuale in condizioni on drenate

#### 2.4.4 Verifica dello stato di cantiere condizioni drenate

Viene verificata la stabilità del fronte di scavo nello stato di cantiere in condizioni drenate, in assenza di sisma, con falda variata e la presenza di un sovraccarico di 0,2 kg/cm<sup>2</sup> a monte dovuta alla strada comunale. La superficie della falda viene assunta nella massima escursione attesa. La verifica ha dato come risultato un coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,434, evidenziando condizioni di stabilità, dato che la condizione  $E_d \leq R_d$  (definita dal D.M. 17.01.2018) risulta verificata.

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	43.782197/11.404919 °
Calcolo eseguito secondo	Utente
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	37.66 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	40.3 m
Ascissa vertice destro superiore xs	49.51 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.08 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	Y (m)
1	20.0	16.85
2	47.0	16.85
3	51.5	20.0
4	53.5	20.0
5	58.0	23.5
6	70.0	25.0
7	78.0	25.0
8	78.2	25.5
9	79.0	25.5
10	80.0	25.5

Falda

Nr.	X (m)	Y (m)
1	19.99	16.42
2	47.04	16.52
3	53.69	19.0
4	80.0	20.51

Vertici strato .....1

N	X (m)	Y (m)
1	20.0	16.85
2	47.0	16.85
3	47.64	17.3
4	80.0	17.5
5	80.0	17.5

Vertici strato .....2

N	X (m)	Y (m)
1	20.0	15.1
2	80.0	15.1

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia

			(°)				
1	0.16	1	23	1950	1970	Limo	
2	0	0.05	30	2000	2020	Sabbie e ghiaie	
3	1.38	1.38	19	2200	2200		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	70	25	78	25	0.2

Risultati analisi pendio [Utente]

Fs minimo individuato	1.43
Ascissa centro superficie	47.14 m
Ordinata centro superficie	40.3 m
Raggio superficie	24.92 m

$x_c = 47.14$   $y_c = 40.30$   $R_c = 24.92$   $F_s = 1.434$

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.77	-16.4	2.9	2522.27	0.0	0.0	0.0	30.0	268.9	2634.2	964.0
2	2.77	-9.9	2.8	6155.17	0.0	0.0	0.0	30.0	2100.1	4396.4	1608.8
3	2.77	-3.4	2.8	7970.03	0.0	0.0	0.0	30.0	3031.3	5059.1	1851.3
4	2.77	2.9	2.8	13508.34	0.0	0.0	0.0	30.0	4504.2	8849.3	3238.3
5	1.69	8.1	1.7	12688.87	0.0	0.0	0.0	30.0	3793.4	8539.9	3125.1
6	3.86	14.7	4.0	29117.51	0.0	0.0	0.0	30.0	10496.8	17565.6	6428.0
7	2.64	22.5	2.9	26875.45	0.0	0.0	0.0	30.0	4991.4	20569.9	7527.5
8	2.91	29.7	3.3	28655.21	0.0	0.0	0.16	23.0	0.0	26920.5	10637.1
9	2.77	37.6	3.5	19041.62	0.0	0.0	0.16	23.0	0.0	17641.2	8296.6
10	2.77	46.2	4.0	7523.4	0.0	0.0	0.16	23.0	0.0	5176.8	5459.3

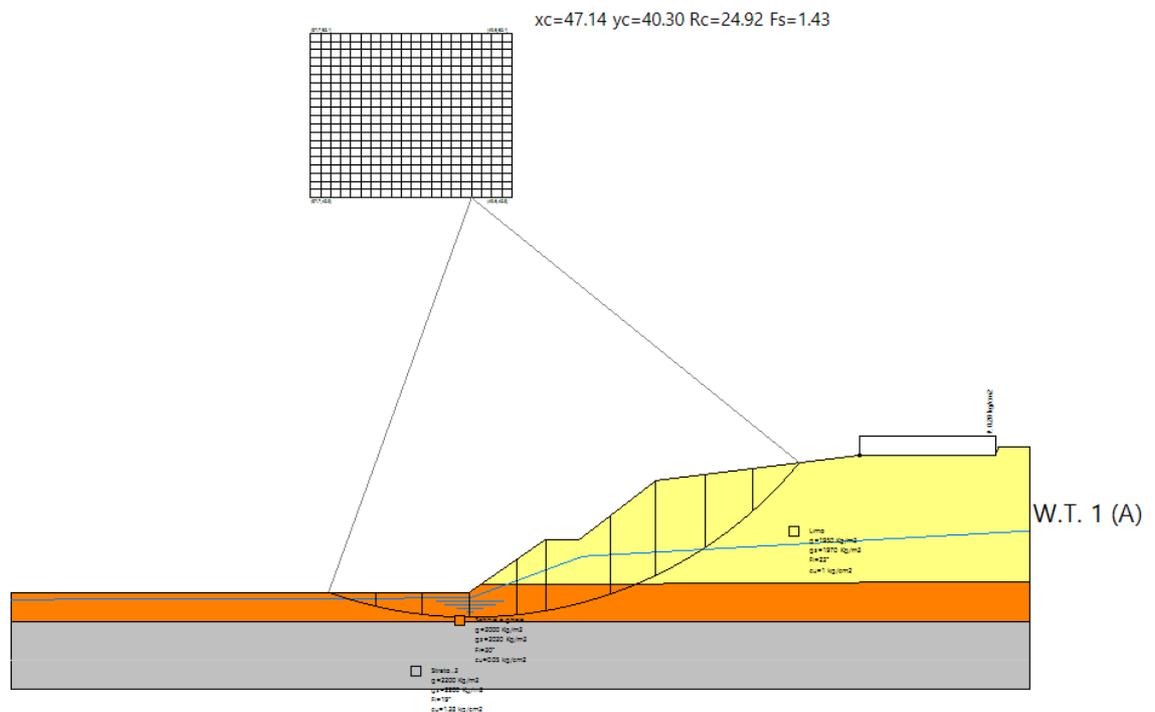


Fig. 2 – Verifica dello stato attuale condizioni drenate

In conclusione, le opere in esame non vanno a modificare le condizioni di stabilità attuali. Per questi scavi, la cui stabilità viene valutata di seguito, si individuano le seguenti prescrizioni:

- ✓ sia evitato lo sbancamento generale con fronti verticali non armati;
- ✓ le pareti di scavo siano essere dotate di inclinazione  $\beta$  inferiore o uguale  $56^\circ$ ; ove si riscontrassero instabilità, sia adottata una inclinazione  $\beta$  inferiore o uguale a  $45^\circ$ ;
- ✓ le opere in cemento armato siano realizzate nel minor tempo tecnicamente possibile;
- ✓ le pareti non armate siano protette con una canaletta posta a monte del ciglio di scavo, in modo da impedire l'infiltrazione di acqua;
- ✓ in caso di precipitazioni intense e prolungate, sia coperto il fronte di scavo con teli impermeabili;
- ✓ il fondo dello scavo sia dotato di una lieve inclinazione in modo da concentrare i ristagni di acqua in un unico punto da cui siano drenati.

## 2.5 Spinta generata dalla superficie piezometrica

La presenza di una superficie piezometrica alla profondità di -3,5 m dal p.c. impone una valutazione dei suoi effetti sulle strutture di fondazione nel caso del fabbricato adibito a deposito/cantina, che avrà un piano di fondazione a -6,65 m dal p.c..

Il monitoraggio piezometrico condotto in questa fase ha mostrato che la falda è ospitata all'interno dei livelli ghiaiosi e sabbiosi presenti da -4,80 m dal p.c. con una soggiacenza di circa -6,10/-7,54 m dal p.c.. Precedenti misure condotte in piezometri posti nelle immediate vicinanze in un contesto geologico e idrogeologico consimile, indicano che nella stagione umida si registra una risalita del livello a -3,5 m dal p.c..

Pertanto, assunto questo livello, come quello di progetto, si evidenzia che la sotto-spinta generata dalla falda, della quale si dovrà tenere conto in fase di progettazione, è pari a  $0,2 \text{ Kg/cm}^2$ .

## 2.6 Stabilità del pendio

Il lotto si trova in area pianeggiante, lontano da brusche variazioni di pendenza o salti di quota e, pertanto, ogni valutazione quantitativa viene omessa ai sensi del DM 17.01.2018 e DPGR 1/R/2022.

Fiesole, Novembre 2022

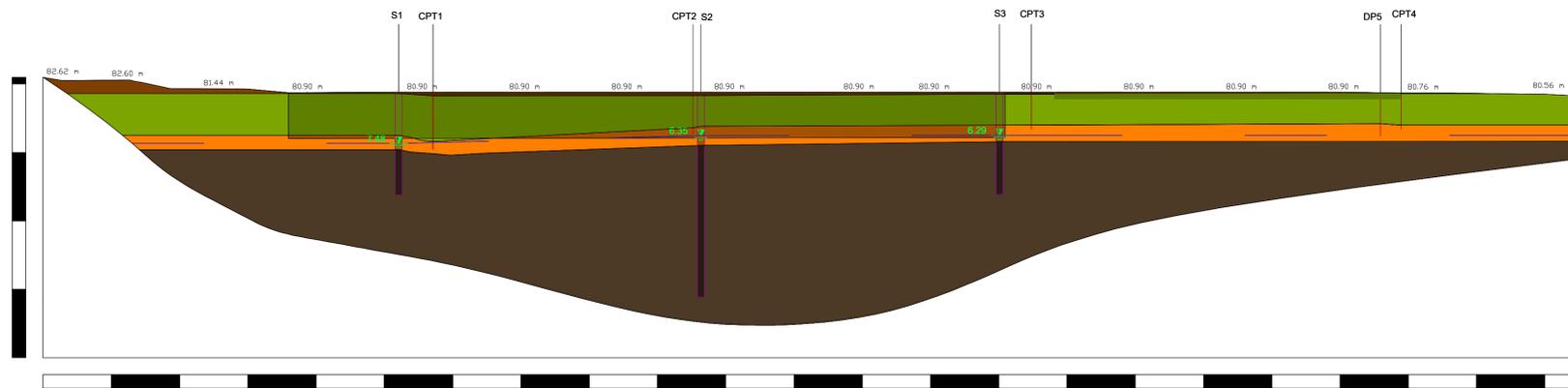
**Dott. Geol. Riccardo Martelli**

Ordine Geologi Toscana n. 913

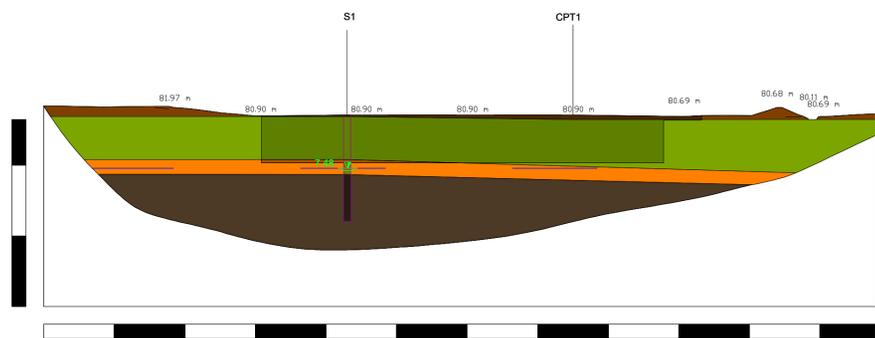
Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del d.lgs. 82/2005. La riproduzione dello stesso su supporto analogico è effettuata da Riccardo Martelli e costituisce una copia integra e fedele dell'originale informatico, disponibile a richiesta presso l'Unità emittente.

# TAVOLE

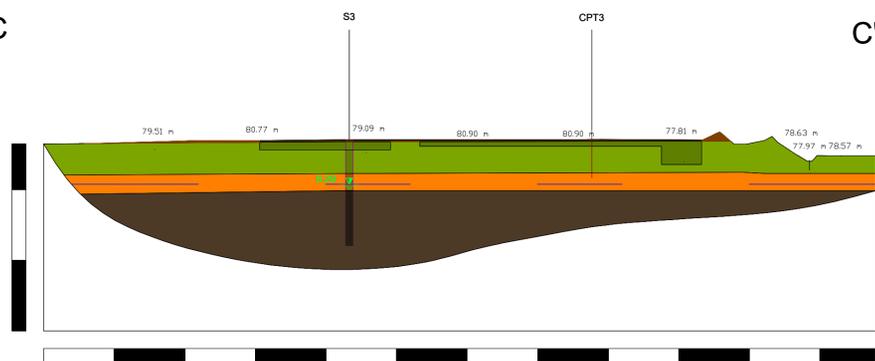
A A'



B B'



C C'



**LEGENDA**

 Livello 0 non parametrizzato (suolo)

 **Unità geotecnica 1, limo argilloso**  
 Angolo di attrito interno  $\phi' = 23-24^\circ$   
 Coesione drenata  $c' = 0,16-0,23 \text{ Kg/cm}^2$   
 Coesione non drenata  $c_u = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$   
 Peso di Volume  $\gamma = 1,95 \text{ g/cm}^3$   
 Modulo  $E' = 90-110 \text{ Kg/cm}^2$

 **Unità geotecnica 2, ghiaie e sabbie**  
 Angolo di attrito interno  $\phi' = 30^\circ$   
 Coesione drenata  $c' = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$   
 Coesione non drenata  $c_u = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$   
 Peso di Volume  $\gamma = 2,0 \text{ g/cm}^3$   
 Modulo  $E' = 150 \text{ Kg/cm}^2$

 **Unità geotecnica 3, substrato**  
 Angolo di attrito interno  $\phi' = 19^\circ$   
 Coesione drenata  $c' = 1,38 \text{ Kg/cm}^2$   
 Coesione non drenata  $c_u = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$   
 Peso di Volume  $\gamma = 2,2 \text{ g/cm}^3$   
 Modulo  $E' > 1000 \text{ Kg/cm}^2$

 Superficie piezometrica

 1.24 Soggiacenza m da p.c. (22/08/2022)

 20 m

**Note Generali**

No.	Revisione	Data

**Committente**

Marchese Frescobaldi Spa

**Titolo Progetto**

Realizzazione cantina e frantoio in località Castellare

**Oggetto**

Sezioni Geotecniche

**Data**

Settembre 2022

**Scala**

1 : 500

Tavola

1

[www.studiogeologico.it](http://www.studiogeologico.it)

# ALLEGATO A

## RACCOLTA RISULTATI DI PROVA

Dal n° 136/2022 e n°138/2022 emessi ad Arezzo il 2-8-2022

Sigla Commessa: 46/22

Committente: Marchesi Frescobaldi Società Agricola s.r.l.

Categoria: Sondaggi geognostici

Cantiere: Via Aretina Loc. Sieci – Pontassieve (FI)

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- Le date di esecuzione delle prove;
- Il tipo di esperienza o di installazione eseguita;
- I risultati ottenuti.

Questa raccolta consta di n°14 fogli esclusa la copertina

Il Responsabile di sito  
Geol. D. Senesi

Il Direttore Tecnico  
Ing. M. Goretti

Conc. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n°5950 del 15/06/2011 Settore C

Cantiere: Via Aretina Loc. Sieci - Pontassieve (FI)

Committente: Marchesi Frescobaldi

Data inizio perforazione: 28-7-2022

Data fine perforazione: 29-7-2022

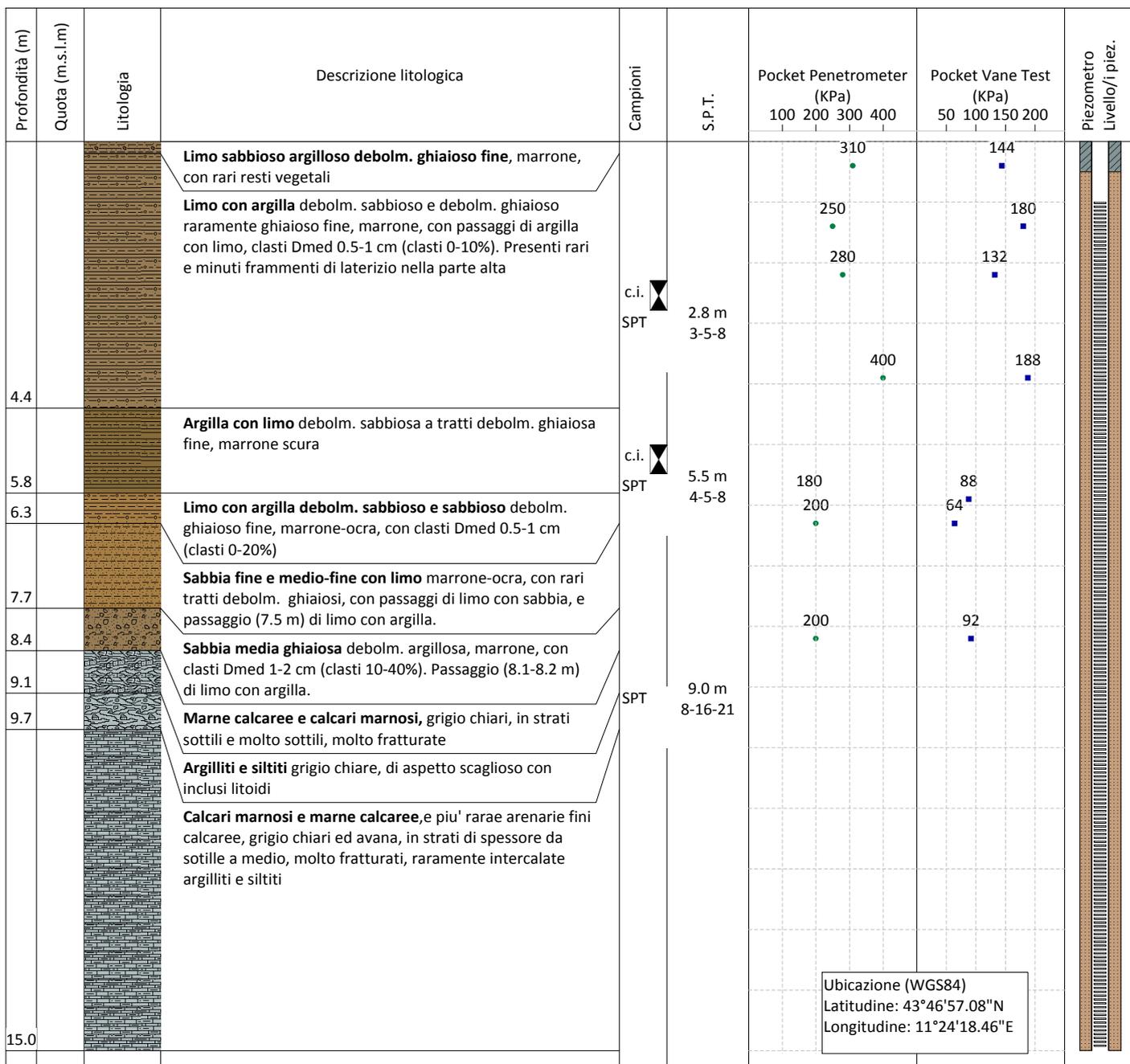
Sondaggio: S1

Richiedente: Geol. R. Martelli

Lunghezza (m): 15.0

Scala grafica: 1:100

Inclinazione (°):



Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Comacchio MC-450P

Metodo di perforazione: aste e carotieri

Responsabile di sito: Geol. D. Senesi

Note: al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto condizionato come nello schema riportato

Direttore laboratorio: Ing. M. Goretti

n° pagine : 1

Pagina 1

Conc. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n°5950 del 15/06/2011 Settore C

Cantiere: Via Aretina Loc. Sieci - Pontassieve (FI)

Committente: Marchesi Frescobaldi

Data inizio perforazione: 25-7-2022

Data fine perforazione: 27-7-2022

Sondaggio: S2

Richiedente: Geol. R. Martelli

Lunghezza (m): 30.0

Scala grafica: 1:100

Inclinazione (°):

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)				Pocket Vane Test (KPa)				Piezometro Livello/i piez.	
						100	200	300	400	50	100	150	200		
0.5			<b>Limo sabbioso argilloso debolm. ghiaioso e ghiaioso fine, marrone, con resti vegetali</b>												
			<b>Limo argilloso e con argilla debolm. sabbioso, a tratti debolm. ghiaioso fine, marrone</b>												
2.8															
			<b>Limo con argilla debolm. sabbioso e debolm. ghiaioso fine, marrone, con clasti Dmed 1 cm (clasti 0-20%)</b>												
5.0															
5.3			<b>Sabbia medio-fine con limo debolm. ghiaiosa fine, marrone. Parte alta passaggio di limo con sabbia</b>												
			<b>Ghiaia eterometrica con ciottoli, con clasti eterogenei, arrotond., Dmax&gt;10 cm, Dmed 3-5 cm, in matrice sabbioso-limosa, marrone, raramente abbondante (clasti 60-90%)</b>												
7.8															
8.5			<b>Argilliti e siltiti marroni passanti grigie, di aspetto scaglioso, molto alterate nella parte alta</b>												
			<b>Marne calcaree e calcari marnosi, grigio chiare e grigie, in strati di spessore da molto sottile a medio, molto fratturati e disarticolati, frammisti ed alternati a livelli centim. e decimetrici di argilliti e siltiti grigie, di aspetto scaglioso, a tratti marnose</b>												
13.4															
			<b>Argilliti e siltiti, talvolta marnose, di aspetto scaglioso a tratti destrutturate, grigio chiare, intercalate a strati spesso disarticolati di marne argillose e calcaree piu' raramente a calcari marnosi. Presenti abbondanti vene e concrezioni di calcite tra 16-17 m.</b>												

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Comacchio MC-450P

Metodo di perforazione: aste e carotieri

Responsabile di sito: Geol. D. Senesi

Note: al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato per l'esecuzione di misure sismiche tipo down-hole

Direttore laboratorio: Ing. M. Goretti

n° pagine : 2

Pagina 1

Sondaggio: S2

Richiedente: Geol. R. Martelli

Lunghezza (m): 30.0

Conc. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n°5950 del 15/06/2011 Settore C

Cantiere: Via Aretina Loc. Sieci - Pontassieve (FI)

Committente: Marchesi Frescobaldi

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m.)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)				Pocket Vane Test (KPa)				Piezometro
						100	200	300	400	50	100	150	200	
22.9														
24.8			<b>Marne argillose ed argilliti marnose</b> , grigio chiare, in strati di spessore da molto sottile a medio, moderatamente fratturate											
26.6			<b>Calcarei marnosi e marne calcaree</b> , in strati di spessore da sottile a elevato, poco fratturate, con rari passaggi centim. di argilliti e siltiti											
30.0			<b>Marne argillose ed argilliti marnose</b> , in strati di spessore da laminati a medio, poco e moderatamente fratturati											

Ubicazione (WGS84)  
 Latitudine: 43°46'56.44"N  
 Longitudine: 11°24'15.81"E

Conc. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n°5950 del 15/06/2011 Settore C

Cantiere: Via Aretina Loc. Sieci - Pontassieve (FI)

Committente: Marchesi Frescobaldi

Data inizio perforazione: 27-7-2022

Data fine perforazione: 28-7-2022

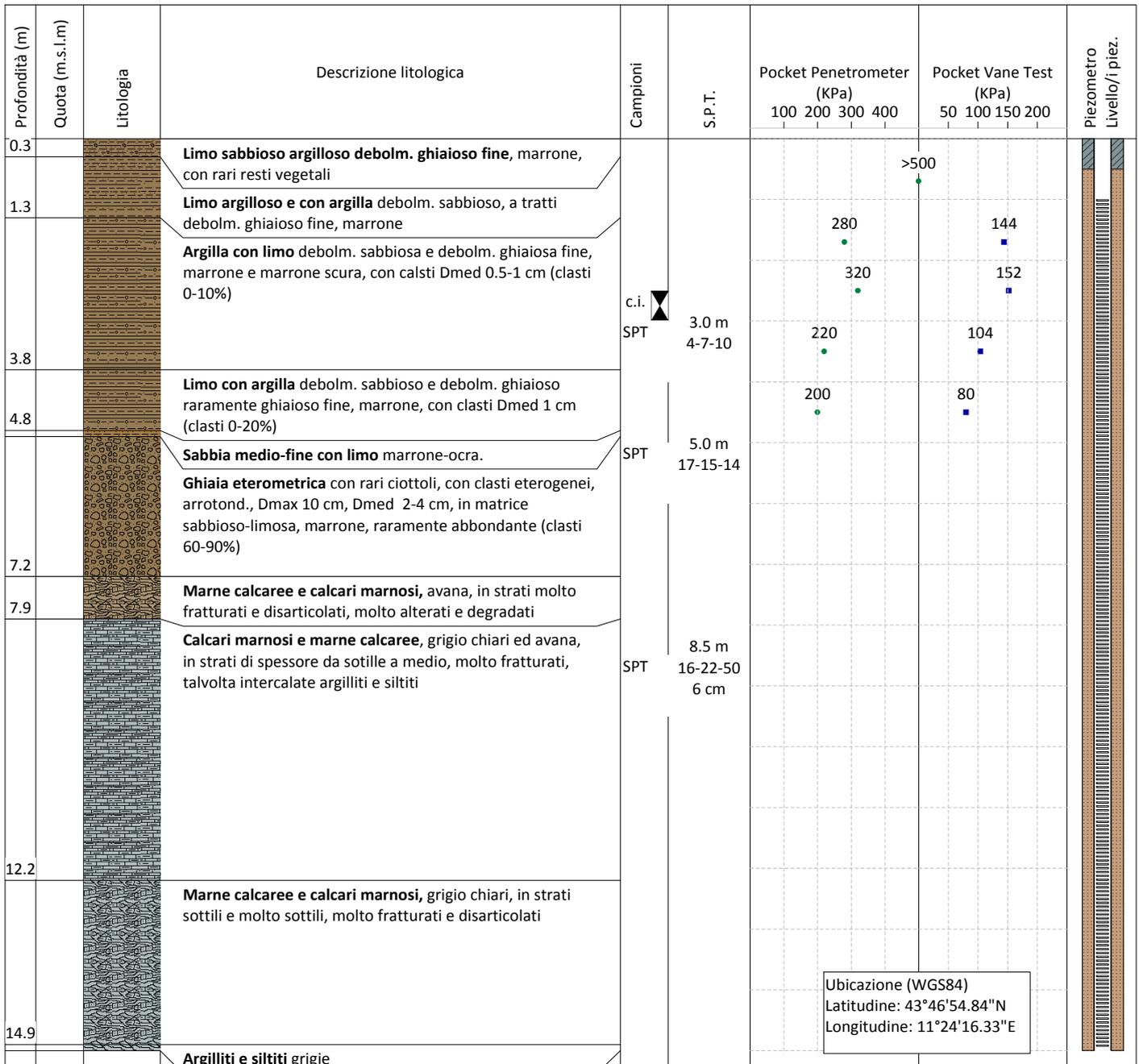
Sondaggio: S3

Richiedente: Geol. R. Martelli

Lunghezza (m): 15.0

Scala grafica: 1:100

Inclinazione (°):



Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Comacchio MC-450P

Metodo di perforazione: aste e carotieri

Responsabile di sito: Geol. D. Senesi

Note: al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto condizionato come nello schema riportato

Direttore laboratorio: Ing. M. Goretti

n° pagine : 1

Pagina 1

## Ubicazione sondaggi



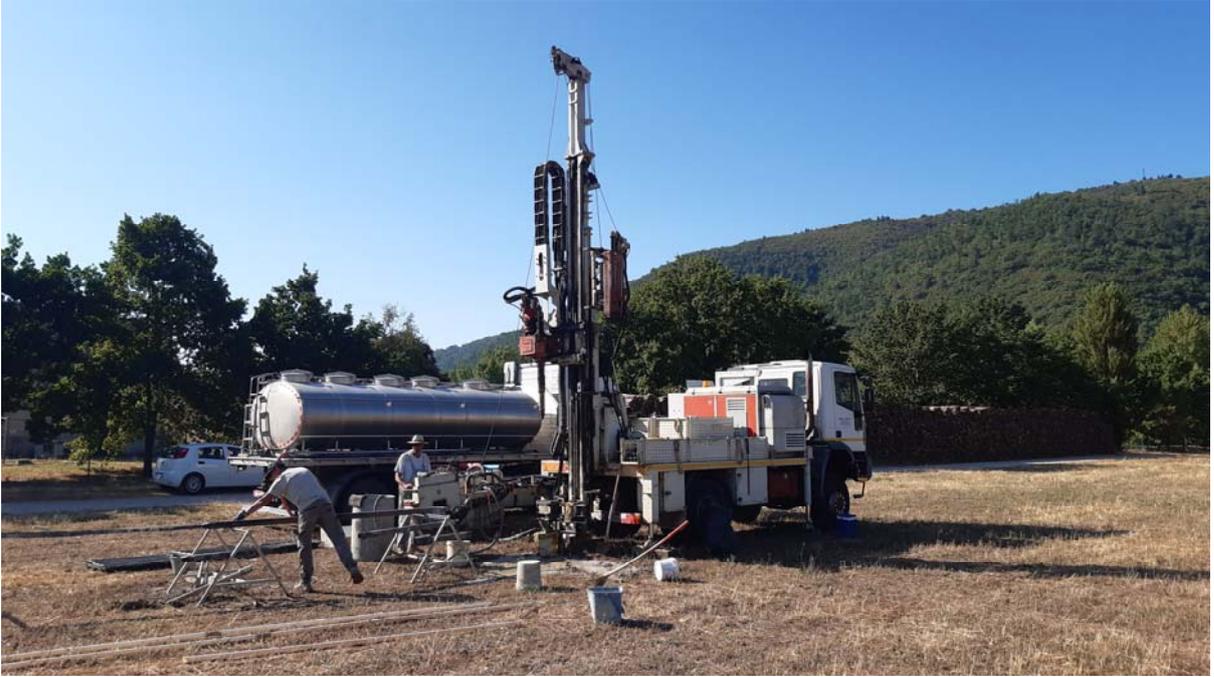
# Documentazione fotografica



Sondaggio S1



Sondaggio S2



Sondaggio S3



S1 c1 p.c. - 5.0 m



S1 c2 5.0 m - 10.0 m



S1 c3 10.0 m - 15.0 m



S2 c1 p.c. - 5.0 m



S2 c2 5.0 m - 10.0 m



S2 c3 10.0 m - 15.0 m



S2 c4 15.0 m – 20.0 m



S2 c5 20.0 m – 25.0 m



S2 c6 25.0 m – 30.0 m



S3 c1 p.c. - 5.0 m



S3 c2 5.0 m - 10.0 m



S3 c3 10.0 m - 15.0 m

# Prov di permeabilità tipo Lefranc

## PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

Richiedente: Geol. R. Martelli

Sondaggio: S1 (n°136/2022)

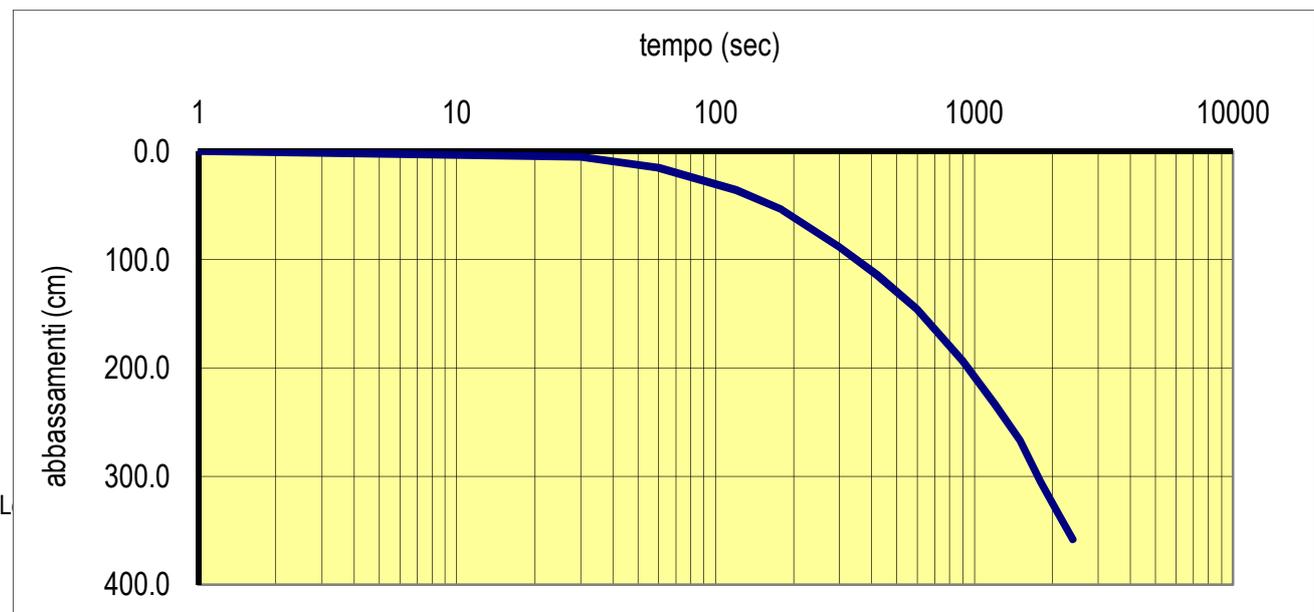
Committente: Marchesi Frescobaldi

Cantiere: Via Aretina Loc. Sieci - Pontassieve

Data: 29-7-2022

	(cm)
Quota superiore del filtro dal p.c.	750
Quota inferiore del filtro dal p.c.	850
Lunghezza del tratto di prova	100
Quota falda dal p.c.	610
Diametro medio foro	10.5
Quota del boccaforo sul p.c.	20

Tempo (sec)	Abbassamenti (cm)
1	0.1
30	5.0
60	15.0
120	36.0
180	54.0
300	88.0
420	114.0
600	146.0
900	193.0
1200	234.0
1500	267.0
1800	305.0
2100	334.0
2400	358.0



Responsabile di sito  
Geol. D. Senesi

Direttore laboratorio  
Ing. M. Goretti

Richiedente: Geol. R. Martelli  
Committente: Marchesi Frescobaldi  
Cantiere: Via Aretina Loc. Sieci - Pontassieve

ELABORAZIONI PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC

Sondaggio (n°)	Intervallo Prova (m dal p.c.)	Coeff. Permeabilità (cm/sec)
S1	7.5 - 8.5	1.1E-04

## ALLEGATO B



**Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
Settore A – Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

# LABOTER Srl

## Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

**Committente :** Marchese Frescobaldi spa  
**Cantiere :** Sieti - Pontassieve (FI)

**Verbale Accettazione n° :** 384 del 29/08/2022  
**Data Certificazione :** 13/09/2022  
**Campioni n°:** 4  
**Certificati da n° a n° :** 04019 a 04037





**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04022</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 06/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 09/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.3-2.8

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	97,0 %	Limite di liquidità	51,7 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	88,9 %	Limite di plasticità	25,9 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	79,0 %	Indice di plasticità	25,8 %

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6      INDICE DI GRUPPO: 17**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04019</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 03/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa		
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.3-2.8

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 23,1 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04020</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 02/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa		
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.3-2.8

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,6 kN/m<sup>3</sup>**



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

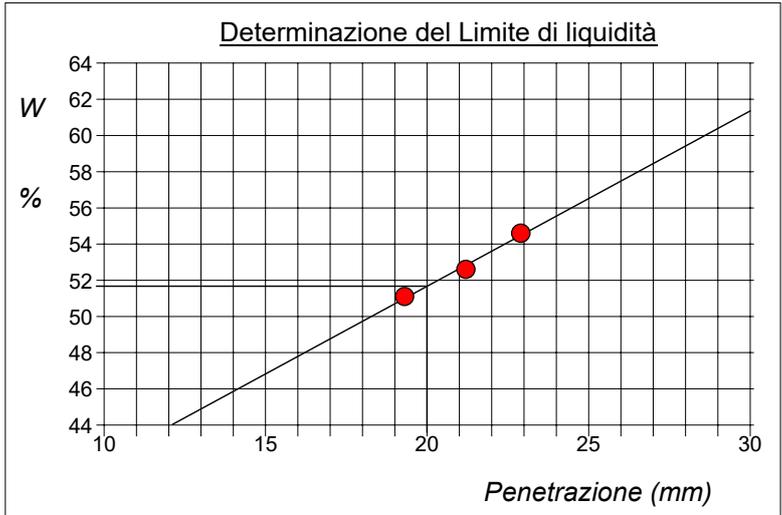
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04021</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 05/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 06/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.3-2.8

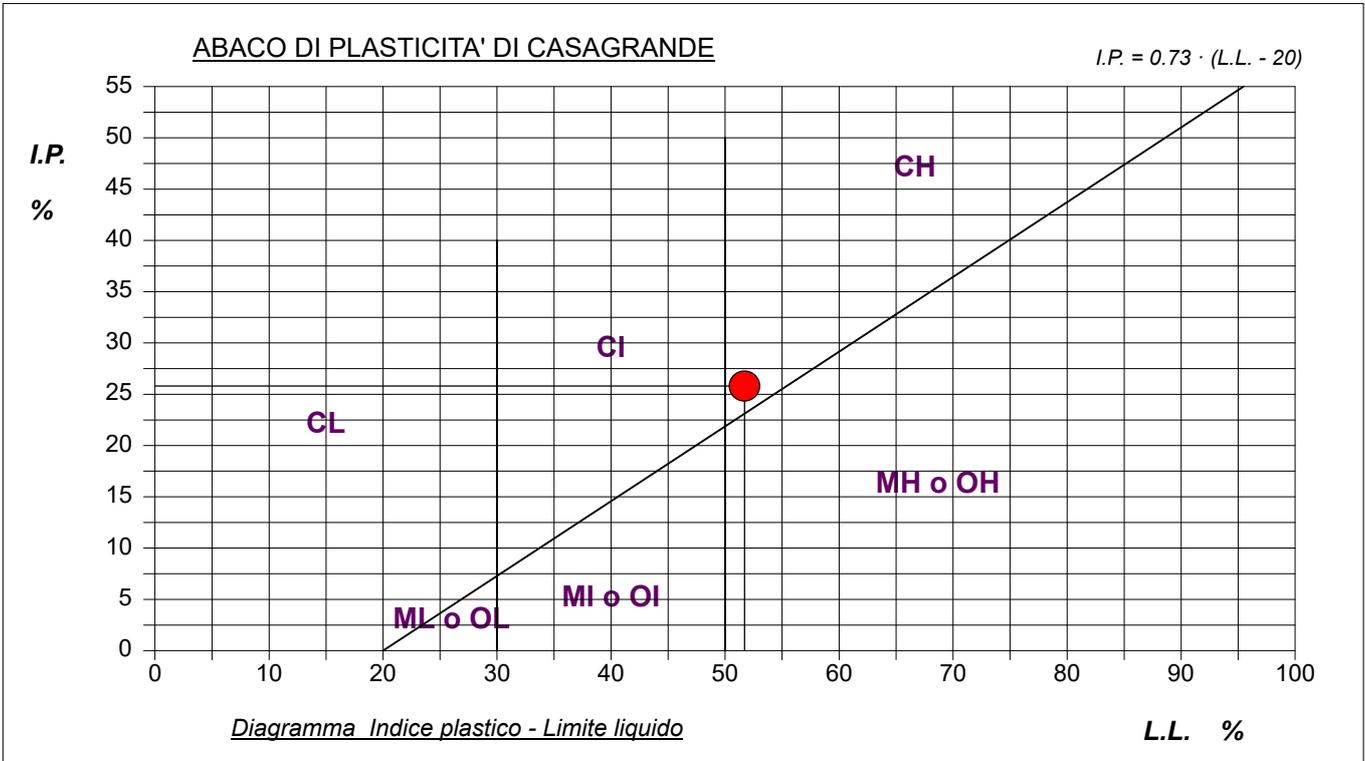
**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	51,7	%
Limite di plasticità	25,9	%
Indice di plasticità	25,8	%
Indice di consistenza	1,11	
Passante al set. n° 42	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	L - Bassa plasticità
M - Limi inorganici	I - Media plasticità
O - Argille e limi organici	<b>H - Alta plasticità</b>



Lo sperimentatore  
Dott. Geol. Elisa Lazzi

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Paolo Tognelli

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

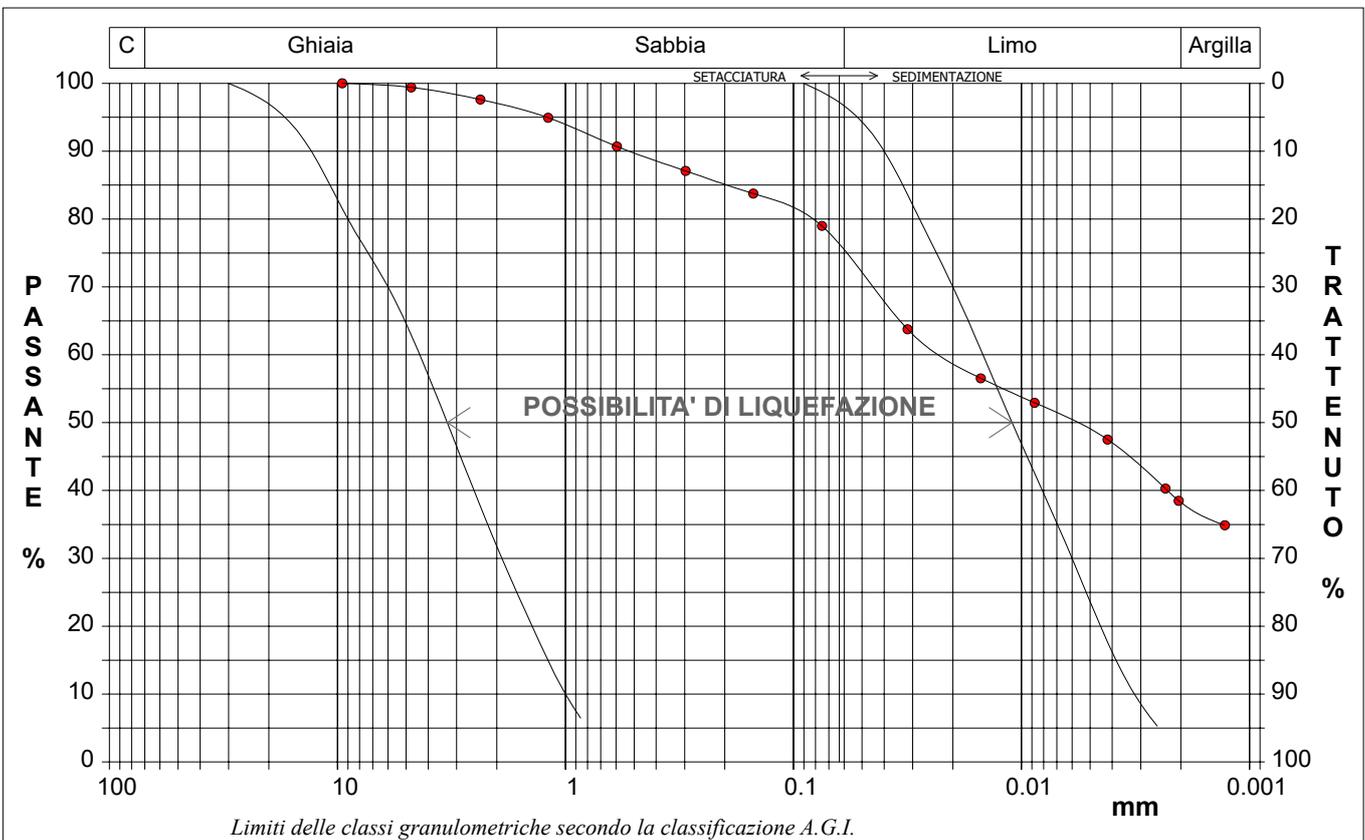
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04022</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 06/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 09/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.3-2.8	

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	3,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	97,0 %	D10	---	mm		
Sabbia	21,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	88,9 %	D30	---	mm		
Limo	36,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	79,0 %	D50	0,00588	mm		
Argilla	38,3 %			D60	0,02149	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0,52031	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %						
9,5200	100,00	0,2970	87,09	0,0088	52,93				
4,7500	99,40	0,1500	83,76	0,0042	47,51				
2,3600	97,60	0,0750	78,99	0,0023	40,29				
1,1900	94,92	0,0316	63,76	0,0020	38,49			Setacci	7
0,5950	90,70	0,0151	56,54	0,0013	34,88			Punti sediment.	7

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04023</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 06/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.3-2.8

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	51	107	141
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,08	1,68	2,85
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,10	0,18	0,88
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 26,1	--- 25,1	--- 24,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 24,6	19,6 24,5	19,6 24,4

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

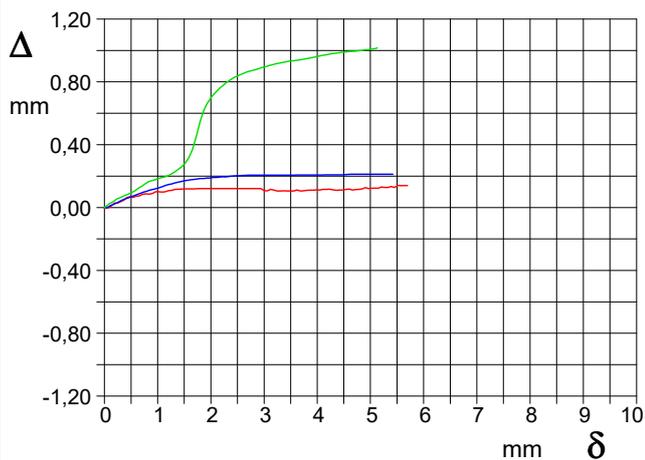
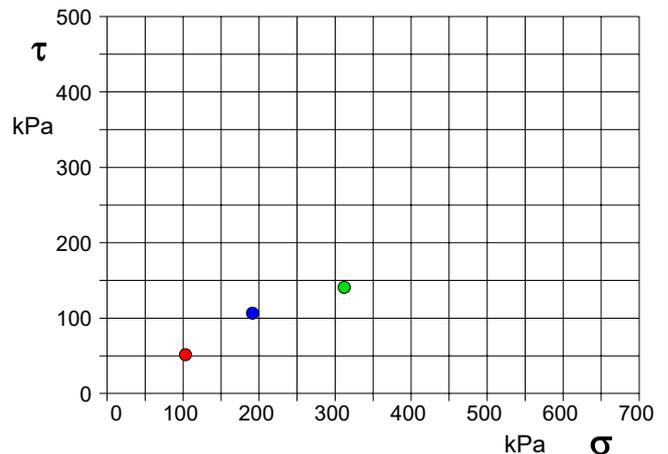


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

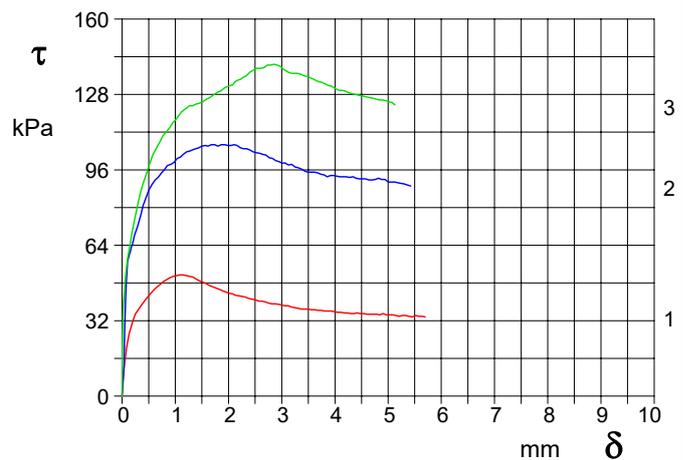


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04023** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22

DATA DI EMISSIONE: 13/09/22 Inizio analisi: 02/09/22

Apertura campione: 02/09/22 Fine analisi: 06/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa

RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

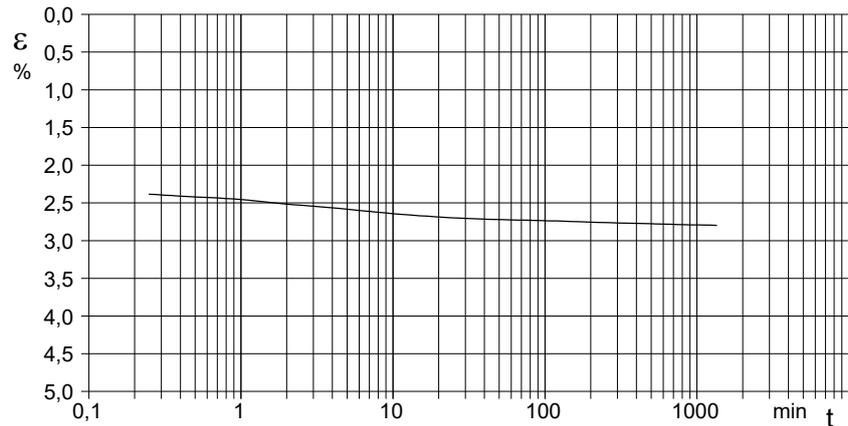
PROFONDITA': m 2.3-2.8

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

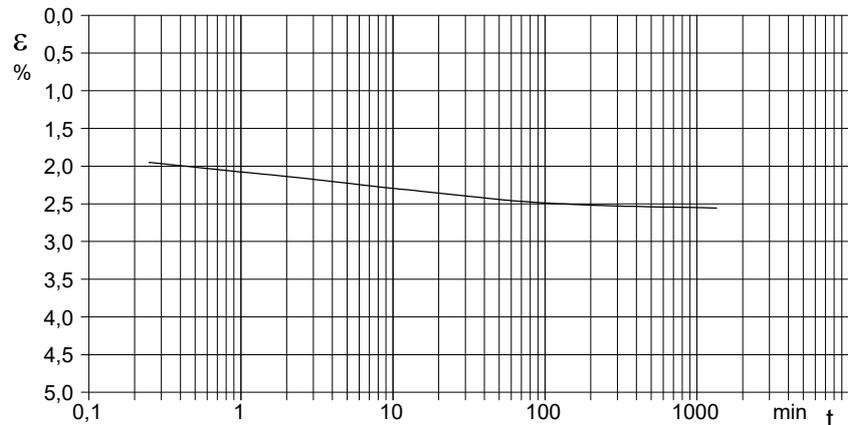
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

**Diagramma**  
**TEMPO - CEDIMENTO****PROVINO 1**

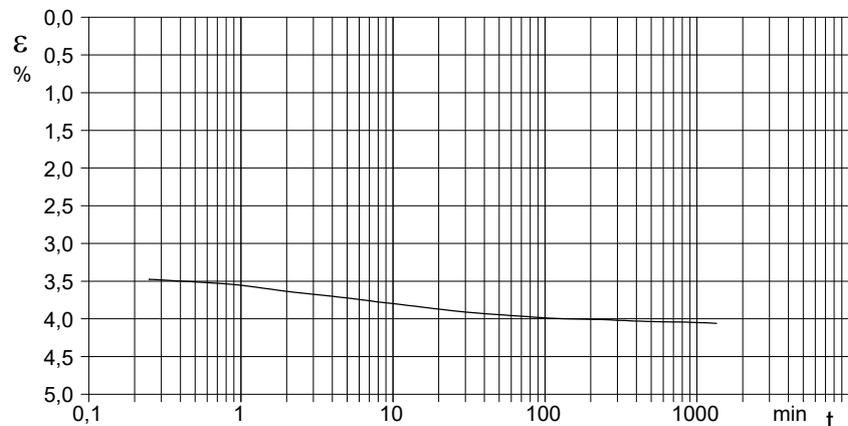
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,944
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

**Diagramma**  
**TEMPO - CEDIMENTO****PROVINO 2**

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	1,970
Altezza finale (cm)	1,920
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,24
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

**Diagramma**  
**TEMPO - CEDIMENTO****PROVINO 3**

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,919
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T<sub>50</sub>

Vs = Df / tf



COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.3-2.8

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

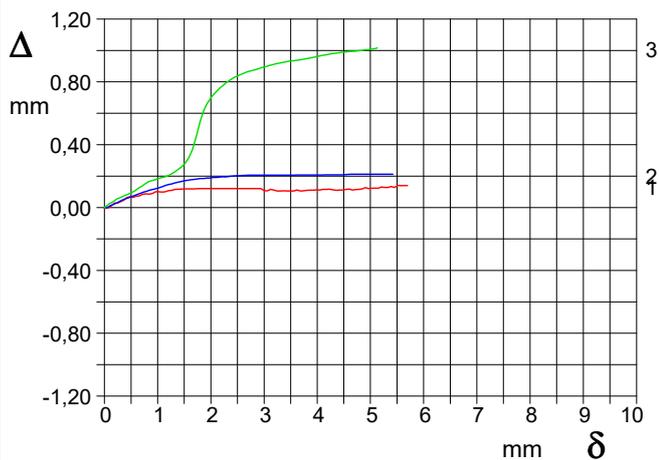
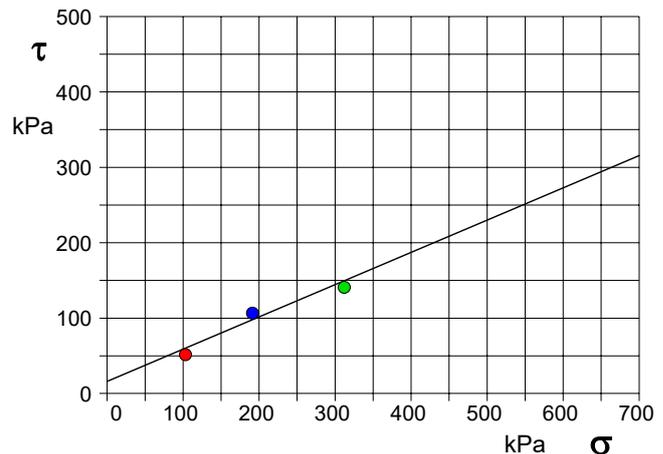
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	51	107	141
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,08	1,68	2,85
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,10	0,18	0,88
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 26,1	--- 25,1	--- 24,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 24,6	19,6 24,5	19,6 24,4

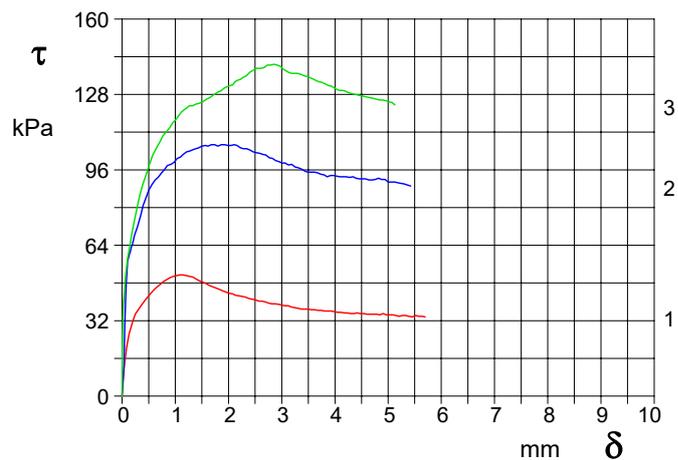
**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	16,0 kPa
Angolo di attrito interno:	23,2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



**DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.**



**DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.**



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04026</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 06/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 09/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	5.0-5.5

<u>CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO</u>
Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	86,5 %	Limite di liquidità	51,3 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	82,0 %	Limite di plasticità	22,9 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	78,4 %	Indice di plasticità	28,4 %

<b>CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6</b>	<b>INDICE DI GRUPPO: 18</b>
--	-----------------------------

Tipi usuali dei materiali principali: Argille fortemente compressibili fortemente plastiche
--





**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04024</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 03/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa		
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 5.0-5.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 22,2 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

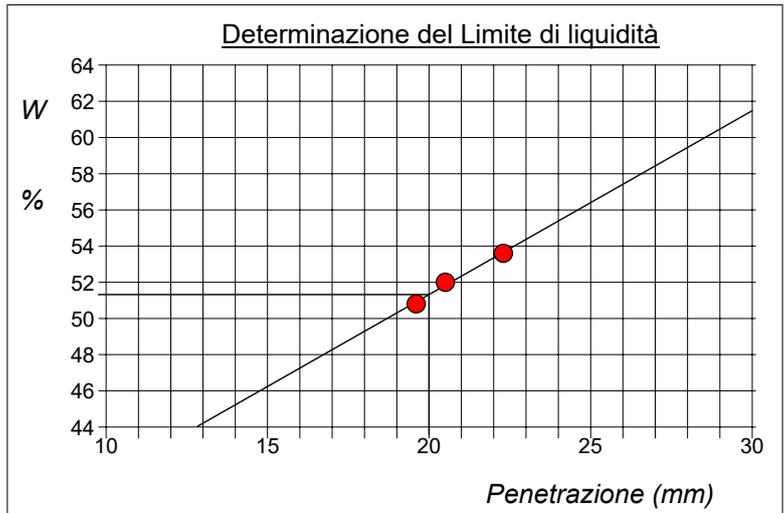
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04025</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 05/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 06/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	5.0-5.5

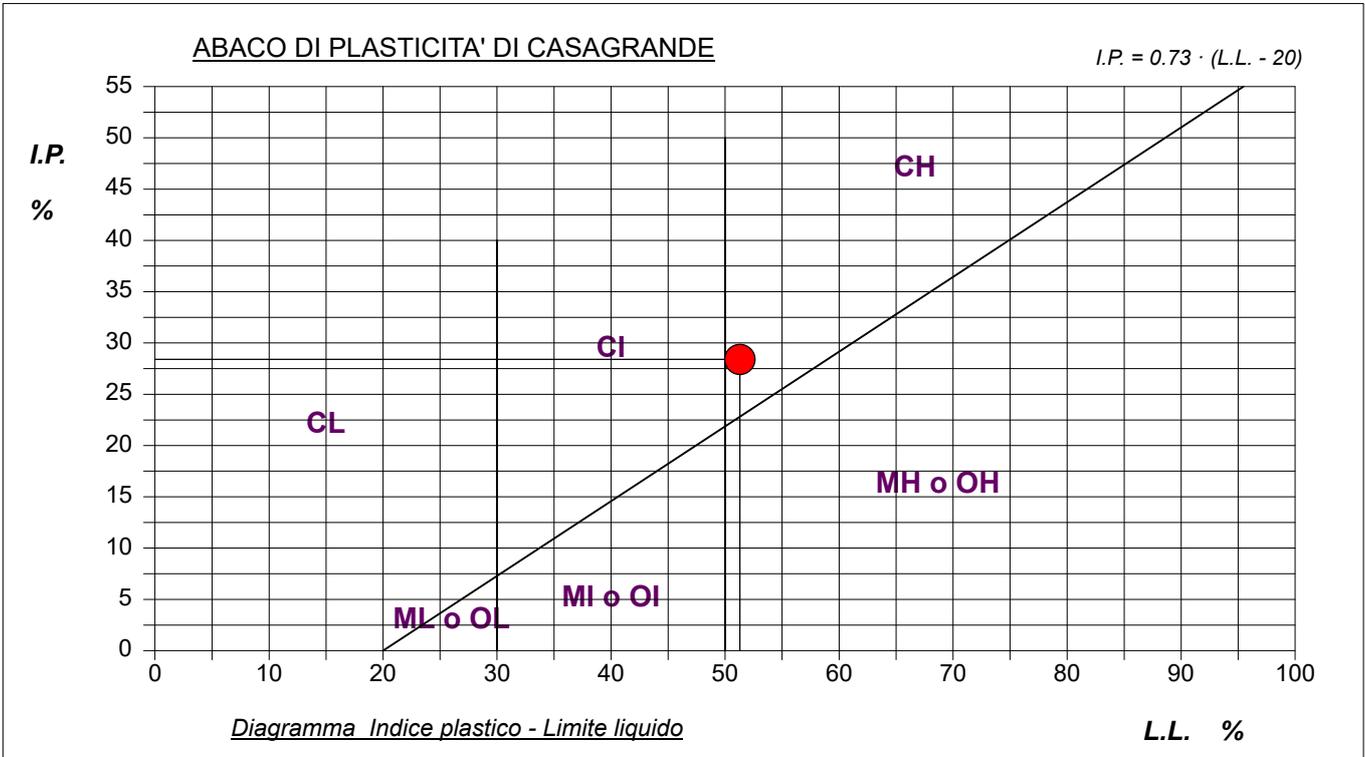
**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	51,3	%
Limite di plasticità	22,9	%
Indice di plasticità	28,4	%
Indice di consistenza	1,02	
Passante al set. n° 42	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	L - Bassa plasticità
M - Limi inorganici	I - Media plasticità
O - Argille e limi organici	<b>H - Alta plasticità</b>



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

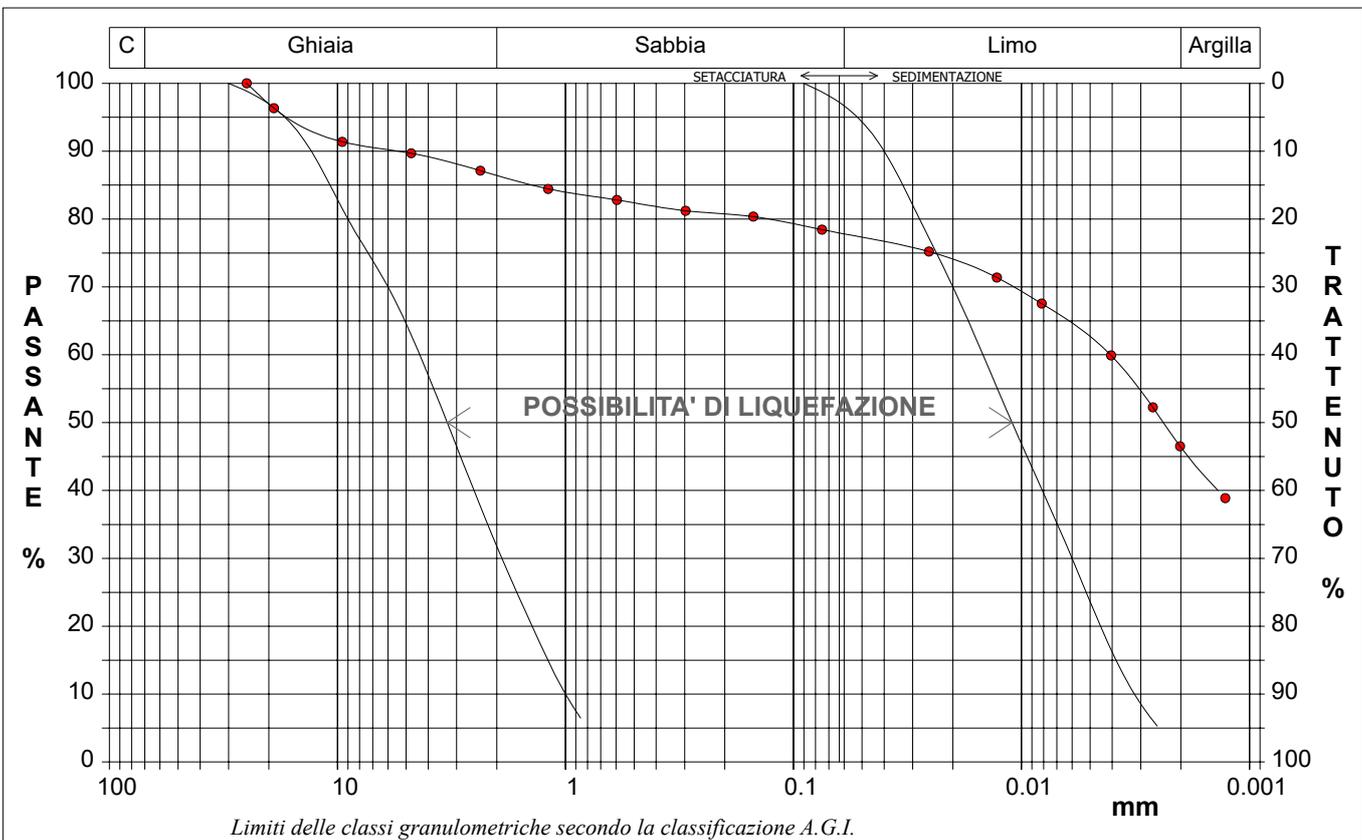
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04026</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 06/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 02/09/22	Fine analisi: 09/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	5.0-5.5

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	13,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	86,5 %	D10	0,00023 mm	
Sabbia	8,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	82,0 %	D30	--- mm	
Limo	31,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	78,4 %	D50	0,00238 mm	
Argilla	46,4 %			D60	0,00408 mm	
Coefficiente di uniformità		17,91	Coefficiente di curvatura	---	D90	5,39426 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %						
25,0000	100,00	1,1900	84,44	0,0255	75,20	0,0020	46,51		
19,0000	96,33	0,5950	82,81	0,0128	71,38	0,0013	38,86		
9,5200	91,38	0,2970	81,22	0,0082	67,55				
4,7500	89,69	0,1500	80,36	0,0040	59,90			Setacci	9
2,3600	87,13	0,0750	78,44	0,0027	52,25			Punti sediment.	7



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04030</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE:	13/09/22	Inizio analisi:	05/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione:	30/08/22	Fine analisi:	08/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.5-4.0

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO**

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	94,9	%	Limite di liquidità	51,5	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,5	%	Limite di plasticità	23,5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	92,1	%	Indice di plasticità	28,0	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6      INDICE DI GRUPPO: 18**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04027</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	13/09/22	Inizio analisi:	30/08/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione:	30/08/22	Fine analisi:	31/08/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.5-4.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24,1 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04028</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 30/08/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 30/08/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa		
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.5-4.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,5 kN/m<sup>3</sup>**

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

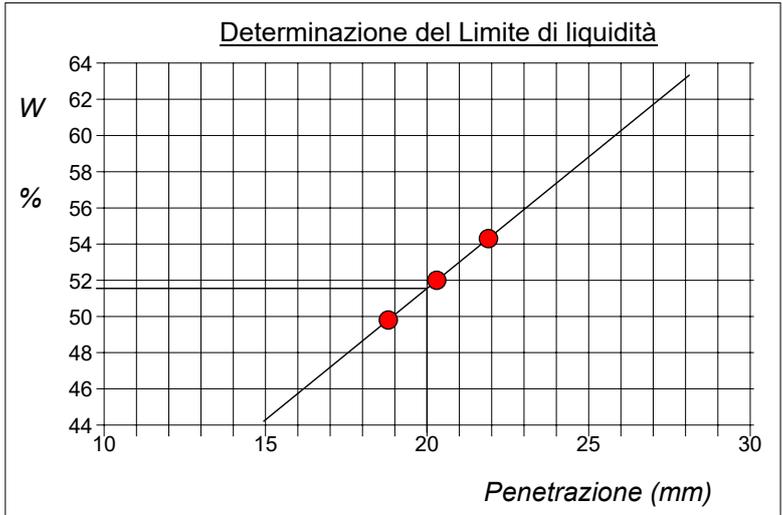
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04029</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 05/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 06/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.5-4.0

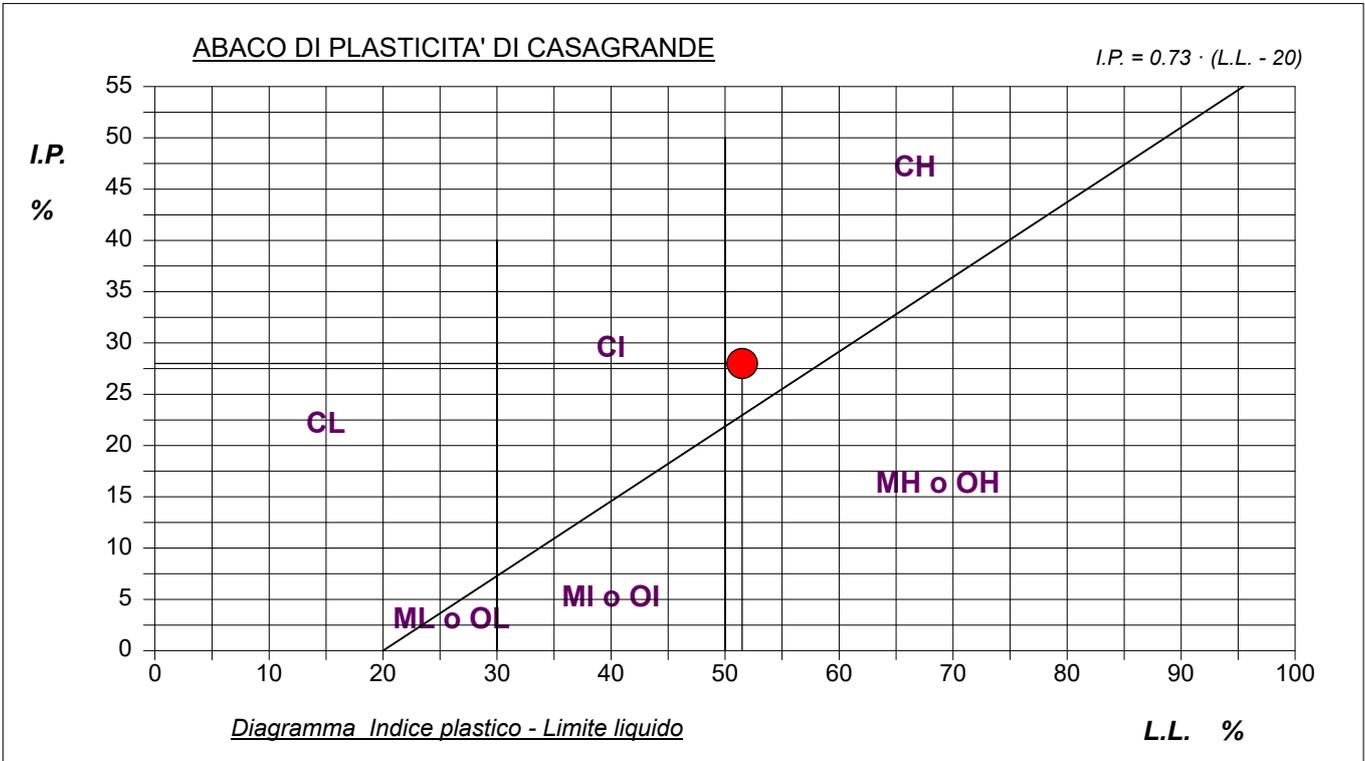
**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	51,5	%
Limite di plasticità	23,5	%
Indice di plasticità	28,0	%
Indice di consistenza	0,98	
Passante al set. n° 42	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	L - Bassa plasticità
M - Limi inorganici	I - Media plasticità
O - Argille e limi organici	<b>H - Alta plasticità</b>

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. Elisa LazziIl direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Paolo Tognelli

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

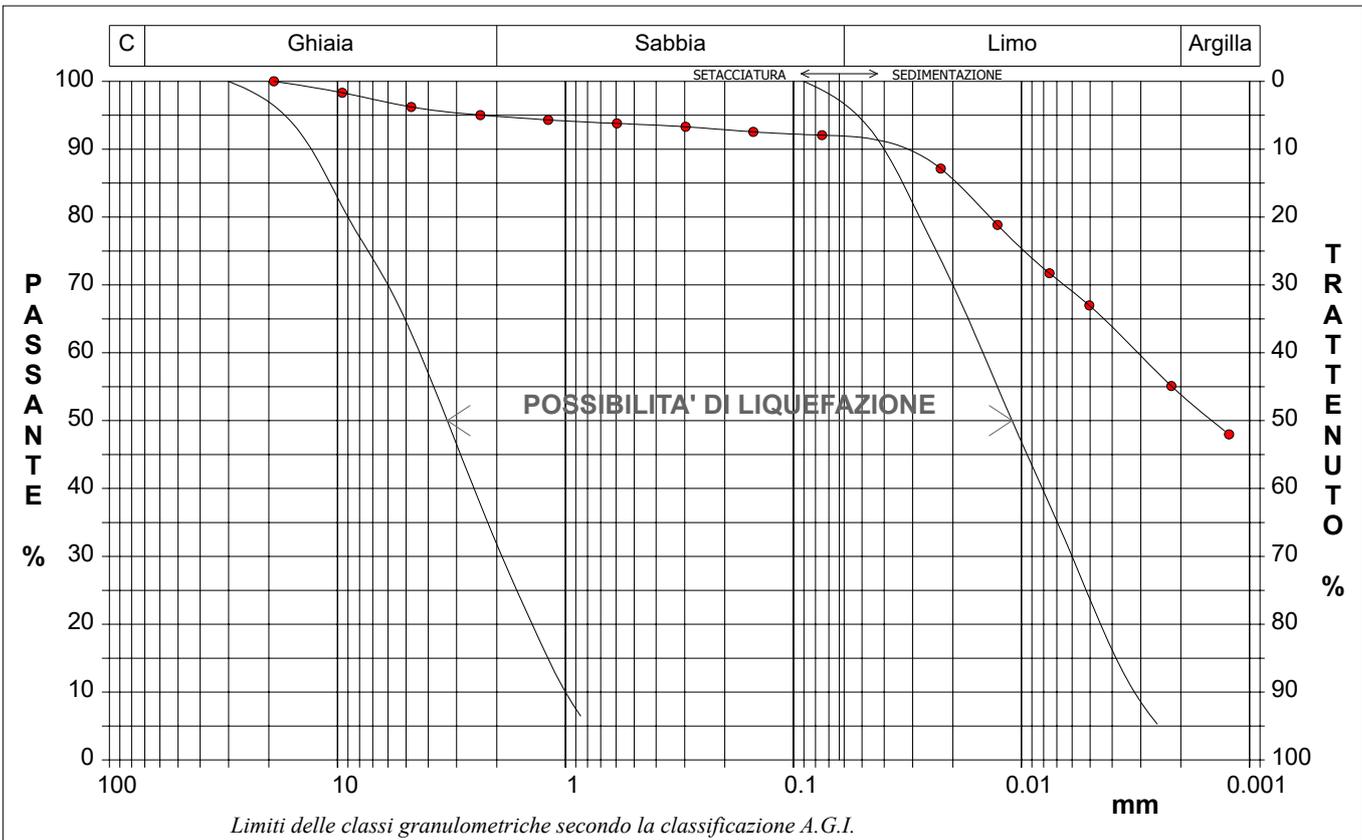
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04030</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 05/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.5-4.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	5,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	94,9 %	D10	---	mm		
Sabbia	3,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,5 %	D30	---	mm		
Limo	37,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	92,1 %	D50	0,00145	mm		
Argilla	53,9 %			D60	0,00310	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0,04539	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %						
19,0000	100,00	0,5950	93,79	0,0127	78,83				
9,5200	98,31	0,2970	93,30	0,0075	71,72				
4,7500	96,22	0,1500	92,56	0,0050	66,97				
2,3600	95,03	0,0750	92,06	0,0022	55,11			Setacci	8
1,1900	94,32	0,0226	87,14	0,0012	47,99			Punti sediment.	6



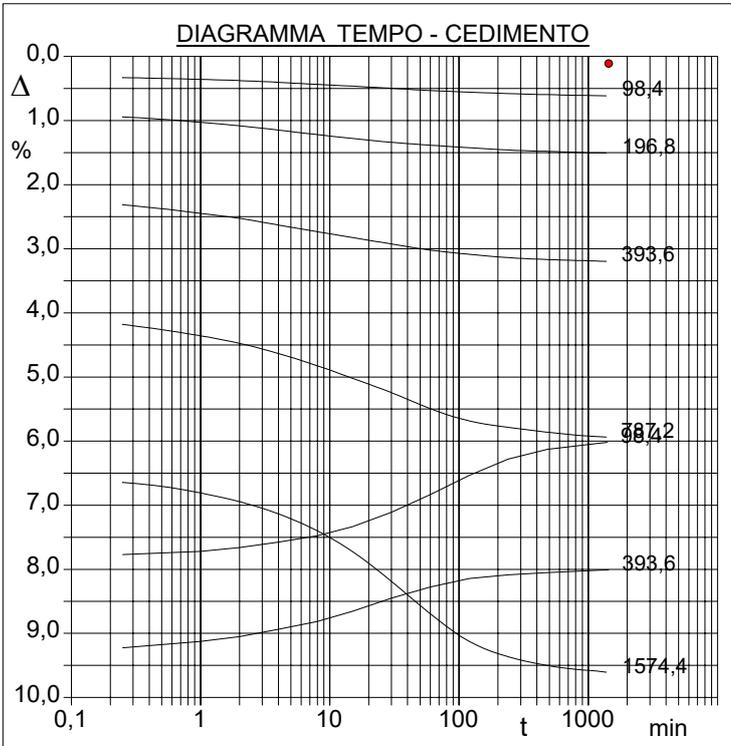
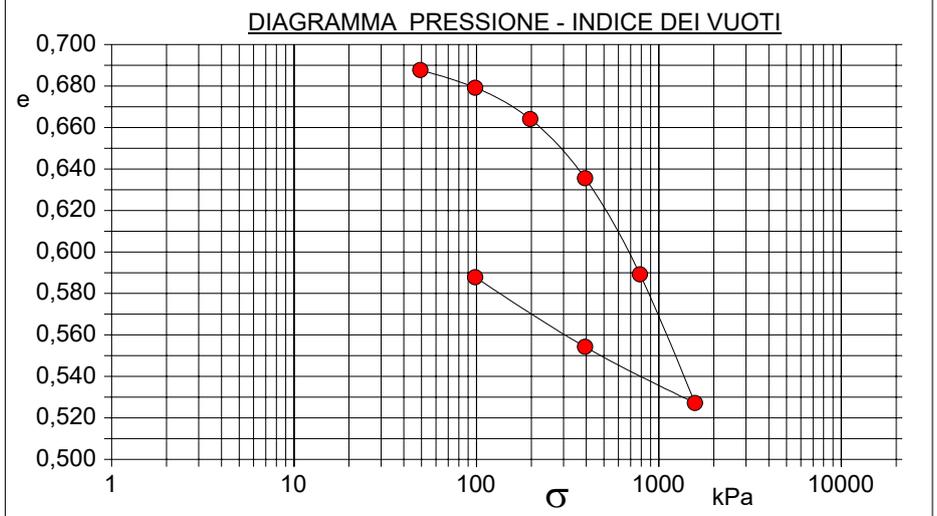
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04031</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 10/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.5-4.0

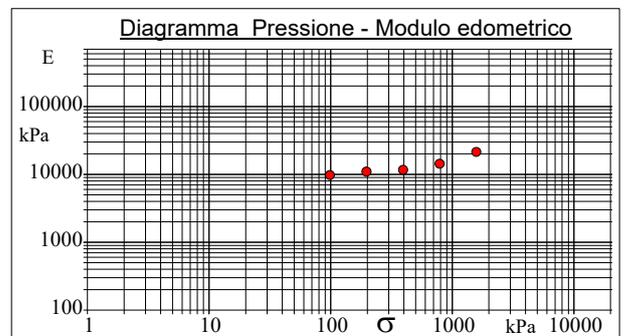
**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	19,51
Umidità (%)	24,5
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	16,03
Indice dei vuoti	0,69
Porosità (%)	40,81
Saturazione (%)	96,0



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,2	2,2	0,688				
98,4	12,3	0,679	0,005	9781	0,000264	2,65E-09
196,8	30,2	0,664	0,008	11001	0,000584	5,21E-09
393,6	63,9	0,636	0,012	11662	0,000484	4,07E-09
787,2	118,8	0,589	0,018	14339	0,000241	1,65E-09
1574,4	192,2	0,527	0,021	21450	0,000122	5,58E-10
393,6	160,2	0,554				
98,4	120,4	0,588				



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04031</b>	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 10/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.5-4.0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 98,4 kPa		Pressione 196,8 kPa		Pressione 393,6 kPa		Pressione 787,2 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	2,2	0,02	12,3	0,02	30,2	0,02	63,9
0,25	6,6	0,25	18,8	0,25	46,3	0,25	83,6
0,50	6,8	0,50	19,6	0,50	47,5	0,50	85,2
1,00	7,1	1,00	20,5	1,00	48,9	1,02	87,2
2,00	7,5	2,00	21,6	2,00	50,5	2,02	89,5
4,00	8,1	4,00	23,0	4,00	52,6	4,02	92,7
8,00	8,7	8,00	24,4	8,00	54,7	8,02	96,5
15,00	9,3	15,00	25,6	15,00	56,5	15,02	100,4
30,00	9,9	30,00	26,8	30,00	58,5	30,02	104,9
60,00	10,6	60,00	27,7	60,00	60,4	60,02	109,9
120,00	11,1	120,00	28,5	120,00	61,7	120,02	113,7
240,00	11,6	240,00	29,2	240,00	62,7	240,02	115,7
480,00	11,9	480,00	29,6	480,00	63,3	480,02	117,2
900,00	12,1	900,00	30,0	900,00	63,7	900,02	118,3
1200,00	12,2	1200,00	30,1	1200,00	63,8	1200,02	118,6
1440,00	12,3	1440,00	30,1	1419,62	63,9	1409,73	118,8

Pressione 1574,4 kPa		Pressione 393,6 kPa		Pressione 98,4 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	118,8	0,02	192,2	0,02	160,2		
0,25	132,9	0,25	184,5	0,25	155,4		
0,50	134,1	0,50	183,5	0,50	154,9		
1,00	136,2	1,00	182,5	1,00	154,4		
2,00	138,9	2,00	181,0	2,00	153,2		
4,00	142,7	4,00	178,7	4,00	151,5		
8,00	148,0	8,00	176,3	8,00	149,5		
15,00	154,5	15,00	173,1	15,00	146,7		
30,00	163,8	30,00	169,0	30,00	142,2		
60,00	173,9	60,00	165,5	60,00	136,7		
120,00	182,5	120,00	162,9	120,00	130,7		
240,00	187,3	240,00	161,7	240,00	125,6		
480,00	190,0	480,00	161,0	480,00	122,6		
900,00	191,4	900,00	160,5	900,00	121,3		
1200,00	191,8	1200,00	160,3	1200,00	120,7		
1440,00	192,2	1440,00	160,2	1403,52	120,4		







**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04032</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 30/08/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 31/08/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa		
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 22,1 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04033</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 30/08/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 30/08/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa		
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 18,5 kN/m<sup>3</sup>**





**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

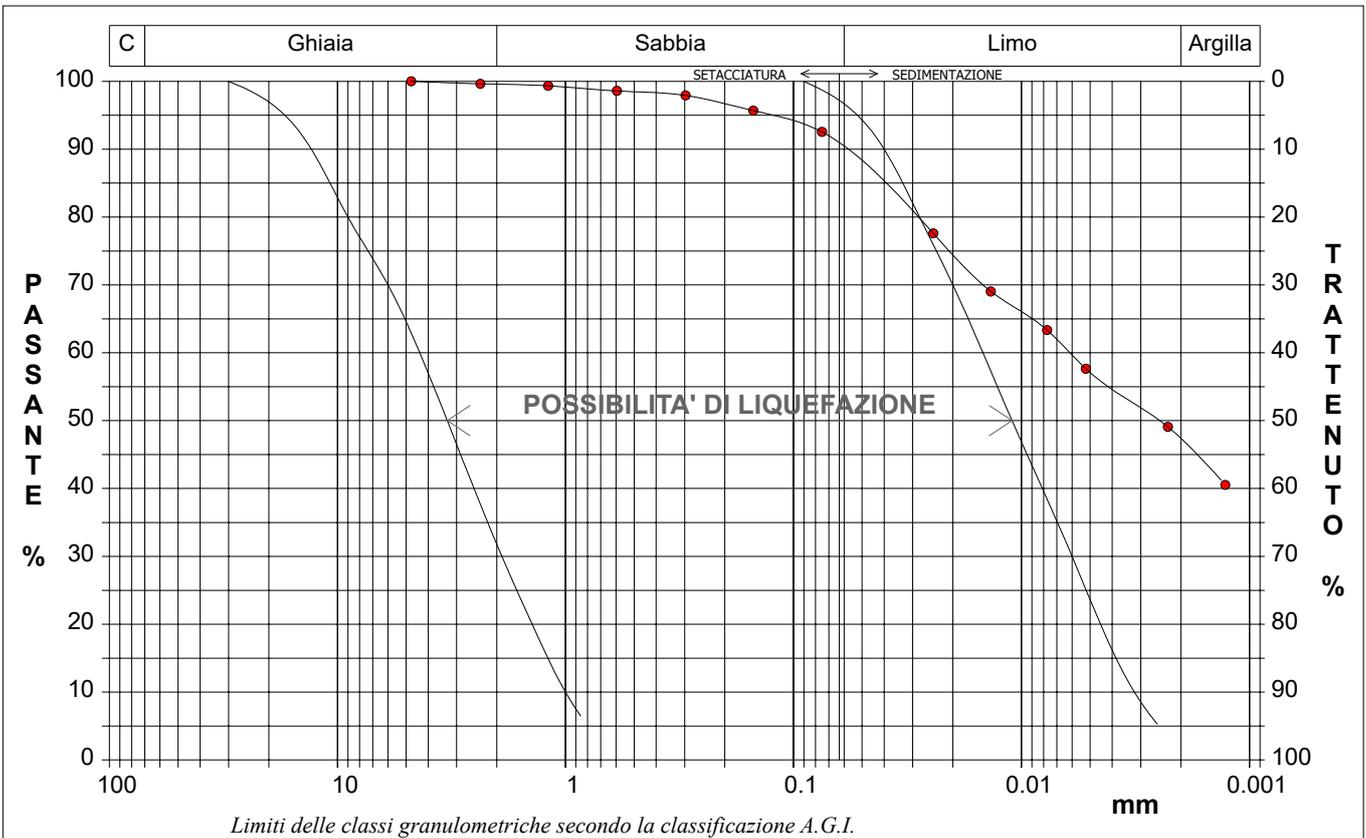
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04035</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 05/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0	

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,6 %	D10	0,00016 mm
Sabbia	10,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,2 %	D30	--- mm
Limo	42,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	92,5 %	D50	0,00249 mm
Argilla	47,2 %			D60	0,00614 mm
Coefficiente di uniformità		38,21	Coefficiente di curvatura		---
				D90	0,06192 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %						
4,7500	100,00	0,1500	95,68	0,0052	57,64				
2,3600	99,64	0,0750	92,55	0,0023	49,09				
1,1900	99,34	0,0244	77,59	0,0013	40,54				
0,5950	98,58	0,0136	69,04					Setacci	6
0,2970	97,91	0,0077	63,34					Punti sediment.	6

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04036** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22

DATA DI EMISSIONE: 13/09/22

Inizio analisi: 30/08/22

Apertura campione: 30/08/22

Fine analisi: 12/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa

RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 1

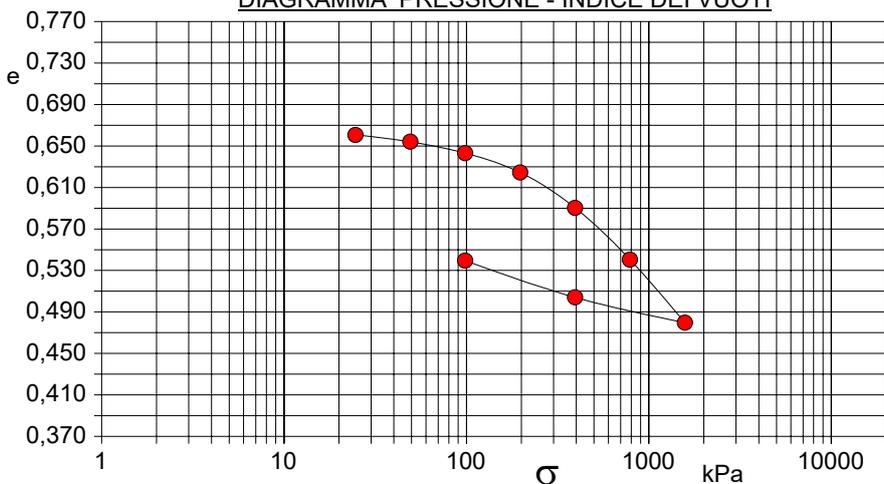
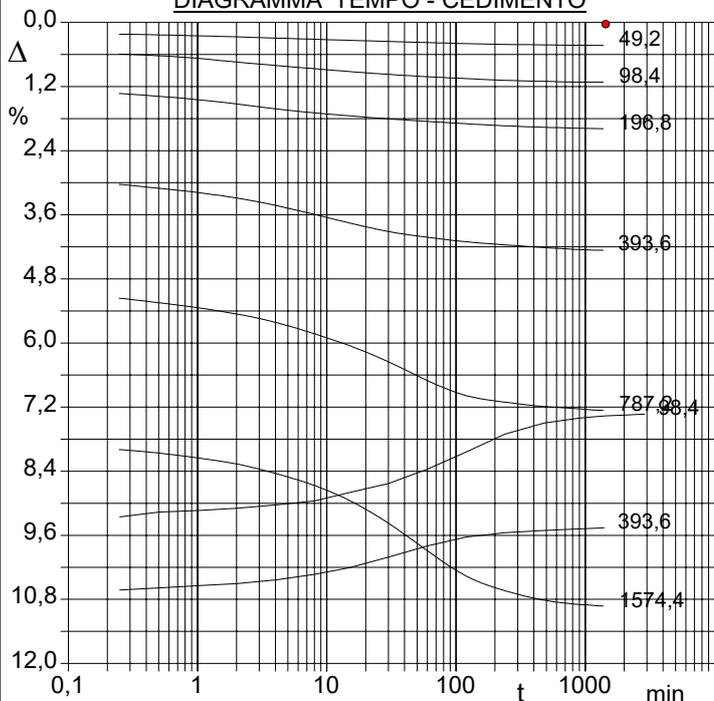
PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA EDOMETRICA**

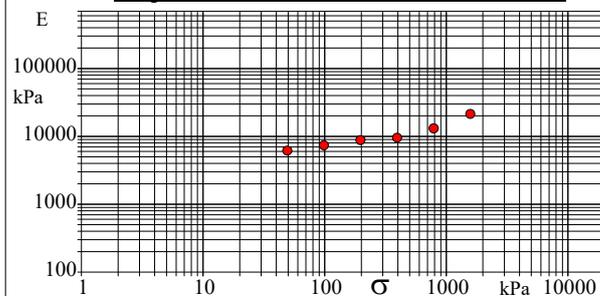
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,39
Umidità (%)	21,7
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	15,63
Indice dei vuoti	0,66
Porosità (%)	39,80
Saturazione (%)	88,5

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6	0,6	0,661				
49,2	8,5	0,654	0,005	6165	0,000414	6,58E-09
98,4	21,8	0,643	0,007	7404	0,000595	7,88E-09
196,8	44,1	0,624	0,009	8817	0,000896	9,96E-09
393,6	85,3	0,590	0,015	9574	0,000407	4,17E-09
787,2	145,3	0,541	0,019	13118	0,000158	1,18E-09
1574,4	218,6	0,480	0,021	21467	0,000093	4,23E-10
393,6	189,2	0,504				
98,4	146,6	0,539				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04036</b>	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 30/08/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 12/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0	

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	0,6			0,02	8,5			0,02	21,8			0,02	44,1		
0,25	4,4			0,25	11,8			0,25	26,6			0,25	60,6		
0,50	4,6			0,50	12,4			0,50	27,6			0,50	62,1		
1,00	5,0			1,00	13,4			1,00	28,9			1,00	63,7		
2,00	5,4			2,00	14,8			2,00	30,5			2,00	65,7		
4,00	5,8			4,00	16,1			4,00	32,3			4,00	68,5		
8,00	6,3			8,00	17,3			8,00	33,8			8,00	71,8		
15,00	6,7			15,00	18,4			15,00	35,0			15,00	75,1		
30,00	7,1			30,00	19,4			30,00	36,1			30,00	78,3		
60,00	7,5			60,00	20,3			60,00	37,0			60,00	80,4		
120,00	7,9			120,00	21,0			120,00	37,9			120,00	82,1		
240,00	8,2			240,00	21,6			240,00	38,7			240,00	83,3		
480,00	8,4			480,00	22,0			480,00	39,2			480,00	84,3		
900,00	8,5			900,00	22,3			900,00	39,6			900,00	85,0		
1200,00	8,5			1200,00	22,3			1200,00	39,7			1200,00	85,3		
1440,00	8,5			1440,00	22,4			1420,47	39,8			1410,58	85,3		

Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa				Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	85,3			0,02	145,3			0,02	218,6			0,02	189,2	2700,00	146,7
0,25	103,2			0,25	159,9			0,25	212,5			0,25	185,1	2880,00	146,6
0,50	104,9			0,50	161,2			0,50	211,7			0,50	183,3		
1,00	106,8			1,00	163,0			1,00	210,9			1,00	182,7		
2,00	109,1			2,00	165,3			2,00	210,1			2,00	181,9		
4,00	112,3			4,00	168,8			4,00	208,7			4,00	180,6		
8,00	116,5			8,00	173,3			8,00	206,6			8,00	179,1		
15,00	121,0			15,00	179,0			15,00	204,1			15,00	176,0		
30,00	127,1			30,00	187,5			30,00	200,2			30,00	172,6		
60,00	134,1			60,00	197,8			60,00	196,0			60,00	167,2		
120,00	139,7			120,00	207,3			120,00	192,6			120,00	160,8		
240,00	142,1			240,00	212,8			240,00	191,0			240,00	154,1		
480,00	143,8			480,00	216,3			480,00	190,2			480,00	150,0		
900,00	144,7			900,00	217,9			900,00	189,6			900,00	148,1		
1200,00	145,2			1200,00	218,3			1200,00	189,4			1200,00	147,6		
1440,00	145,3			1440,00	218,6			1401,55	189,2			1440,00	147,3		
												2160,00	146,9		

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04037</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 06/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	68	115	165
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,84	2,56	1,91
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,27	0,32	0,34
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 27,5	--- 24,8	--- 25,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,8 62,7	18,4 59,8	18,4 60,2

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

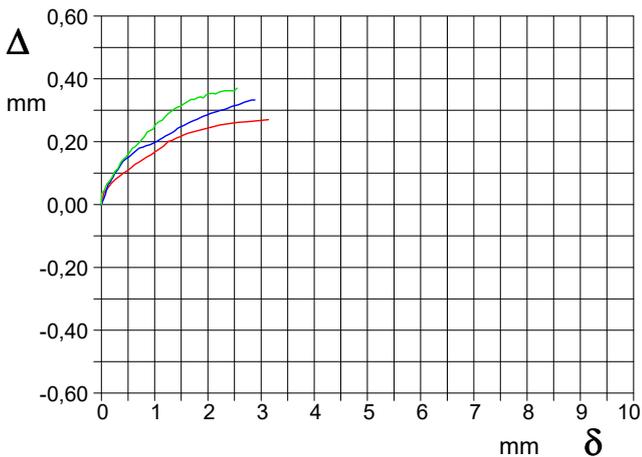
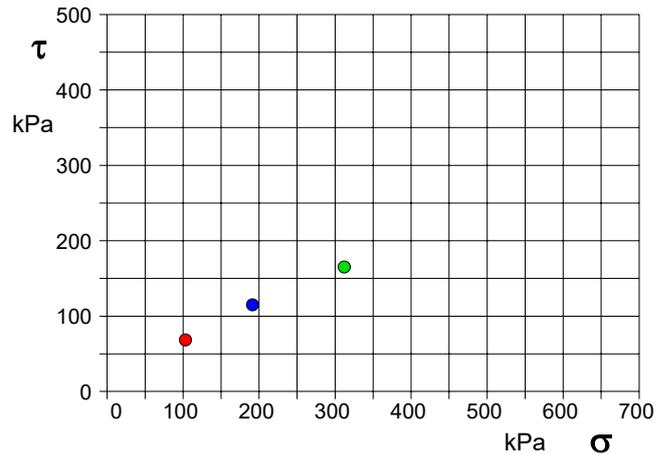


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

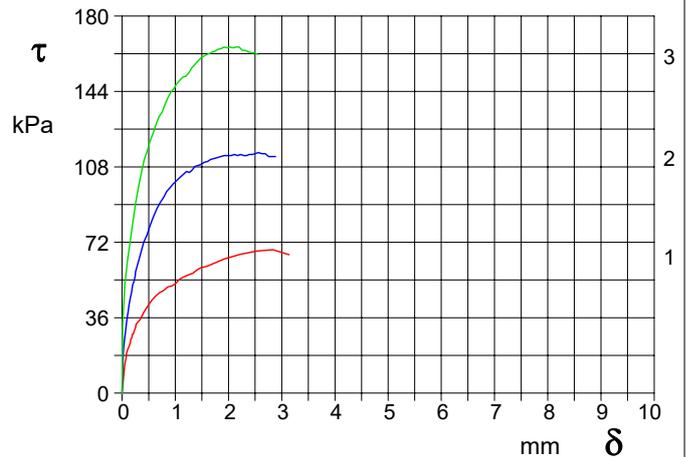


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 04037</b>	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 13/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 384 del 29/08/22		Apertura campione: 30/08/22	Fine analisi: 06/09/22

COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.5-3.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

<p><u>Diagramma</u> <u>TEMPO - CEDIMENTO</u></p> <p align="center"><b>PROVINO 1</b></p> <table border="1"> <tr><td>Pressione (kPa)</td><td>103</td></tr> <tr><td>Altezza iniziale (cm)</td><td>2,300</td></tr> <tr><td>Altezza finale (cm)</td><td>2,279</td></tr> <tr><td>Sezione (cm<sup>2</sup>):</td><td>28,27</td></tr> <tr><td>T<sub>50</sub> (min)</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Df (mm)</td><td>7</td></tr> <tr><td>Vs (mm/min)</td><td>0,000</td></tr> </table>	Pressione (kPa)	103	Altezza iniziale (cm)	2,300	Altezza finale (cm)	2,279	Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27	T <sub>50</sub> (min)	0,0	Df (mm)	7	Vs (mm/min)	0,000	
Pressione (kPa)	103														
Altezza iniziale (cm)	2,300														
Altezza finale (cm)	2,279														
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27														
T <sub>50</sub> (min)	0,0														
Df (mm)	7														
Vs (mm/min)	0,000														

<p><u>Diagramma</u> <u>TEMPO - CEDIMENTO</u></p> <p align="center"><b>PROVINO 2</b></p> <table border="1"> <tr><td>Pressione (kPa)</td><td>191</td></tr> <tr><td>Altezza iniziale (cm)</td><td>2,300</td></tr> <tr><td>Altezza finale (cm)</td><td>2,169</td></tr> <tr><td>Sezione (cm<sup>2</sup>):</td><td>28,27</td></tr> <tr><td>T<sub>50</sub> (min)</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Df (mm)</td><td>7</td></tr> <tr><td>Vs (mm/min)</td><td>0,000</td></tr> </table>	Pressione (kPa)	191	Altezza iniziale (cm)	2,300	Altezza finale (cm)	2,169	Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27	T <sub>50</sub> (min)	0,0	Df (mm)	7	Vs (mm/min)	0,000	
Pressione (kPa)	191														
Altezza iniziale (cm)	2,300														
Altezza finale (cm)	2,169														
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27														
T <sub>50</sub> (min)	0,0														
Df (mm)	7														
Vs (mm/min)	0,000														

<p><u>Diagramma</u> <u>TEMPO - CEDIMENTO</u></p> <p align="center"><b>PROVINO 3</b></p> <table border="1"> <tr><td>Pressione (kPa)</td><td>312</td></tr> <tr><td>Altezza iniziale (cm)</td><td>2,300</td></tr> <tr><td>Altezza finale (cm)</td><td>2,101</td></tr> <tr><td>Sezione (cm<sup>2</sup>):</td><td>28,27</td></tr> <tr><td>T<sub>50</sub> (min)</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Df (mm)</td><td>7</td></tr> <tr><td>Vs (mm/min)</td><td>0,000</td></tr> </table>	Pressione (kPa)	312	Altezza iniziale (cm)	2,300	Altezza finale (cm)	2,101	Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27	T <sub>50</sub> (min)	0,0	Df (mm)	7	Vs (mm/min)	0,000	
Pressione (kPa)	312														
Altezza iniziale (cm)	2,300														
Altezza finale (cm)	2,101														
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27														
T <sub>50</sub> (min)	0,0														
Df (mm)	7														
Vs (mm/min)	0,000														

$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$    
 $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$    
 $t_f = 50 \times T_{50}$    
 $V_s = D_f / t_f$



COMMITTENTE: Marchese Frescobaldi spa			
RIFERIMENTO: Sieci - Pontassieve (FI)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	68	115	165
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,84	2,56	1,91
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,27	0,32	0,34
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 27,5	--- 24,8	--- 25,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,8 62,7	18,4 59,8	18,4 60,2

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	23,4 kPa
Angolo di attrito interno:	24,9 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

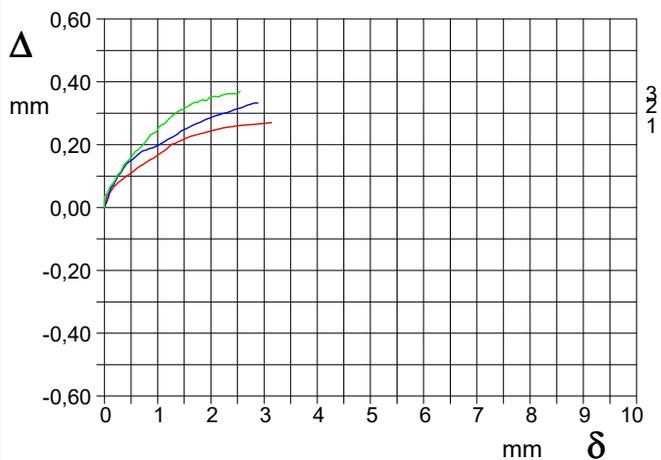
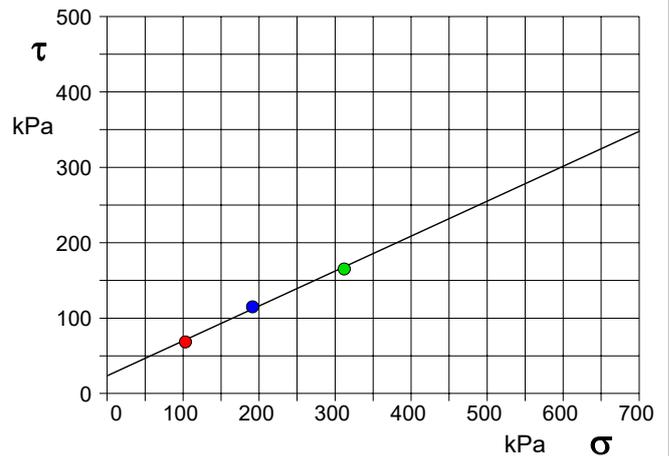


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

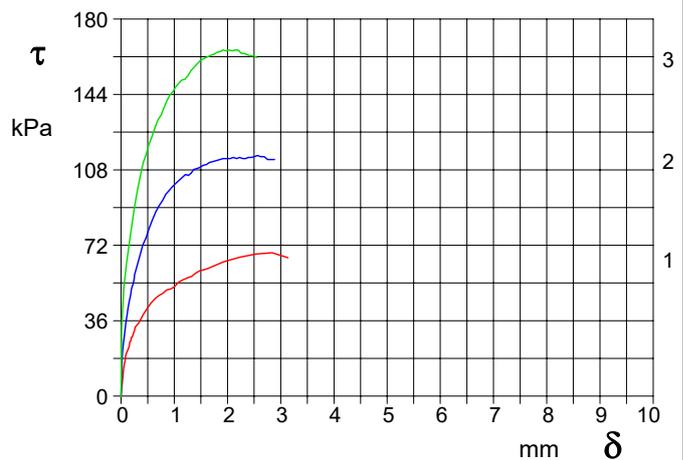


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

## ALLEGATO C

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>1</b>
	Riferimento	<b>285-22</b>

Committente	<b>Marchese Frescobaldi Spa</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data eseg.	02/08/2022
Cantiere	<b>Dott. Geol. Riccardo Martelli</b>	Pagina	1	Falda	
Località	<b>Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)</b>	Elaborato			

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	6	34		6,0	1,87	3	31,2								
0,60	9	37		9,0	1,87	5	20,8								
0,80	48	88		48,0	2,67	18	5,6								
<b>1,00</b>	<b>35</b>	<b>106</b>		<b>35,0</b>	<b>4,73</b>	<b>7</b>	<b>13,5</b>								
1,20	28	95		28,0	4,47	6	16,0								
1,40	29	91		29,0	4,13	7	14,2								
1,60	29	95		29,0	4,40	7	15,2								
1,80	26	83		26,0	3,80	7	14,6								
<b>2,00</b>	<b>26</b>	<b>79</b>		<b>26,0</b>	<b>3,53</b>	<b>7</b>	<b>13,6</b>								
2,20	25	74		25,0	3,27	8	13,1								
2,40	26	78		26,0	3,47	7	13,3								
2,60	33	86		33,0	3,53	9	10,7								
2,80	33	83		33,0	3,33	10	10,1								
<b>3,00</b>	<b>42</b>	<b>90</b>		<b>42,0</b>	<b>3,20</b>	<b>13</b>	<b>7,6</b>								
3,20	44	92		44,0	3,20	14	7,3								
3,40	43	90		43,0	3,13	14	7,3								
3,60	38	79		38,0	2,73	14	7,2								
3,80	39	74		39,0	2,33	17	6,0								
<b>4,00</b>	<b>36</b>	<b>78</b>		<b>36,0</b>	<b>2,80</b>	<b>13</b>	<b>7,8</b>								
4,20	44	86		44,0	2,80	16	6,4								
4,40	48	85		48,0	2,47	19	5,1								
4,60	50	95		50,0	3,00	17	6,0								
4,80	43	85		43,0	2,80	15	6,5								
<b>5,00</b>	<b>45</b>	<b>90</b>		<b>45,0</b>	<b>3,00</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>								
5,20	57	94		57,0	2,47	23	4,3								
5,40	38	76		38,0	2,53	15	6,7								
5,60	26	62		26,0	2,40	11	9,2								
5,80	20	47		20,0	1,80	11	9,0								
<b>6,00</b>	<b>32</b>	<b>50</b>		<b>32,0</b>	<b>1,20</b>	<b>27</b>	<b>3,8</b>								
6,20	28	49		28,0	1,40	20	5,0								
6,40	25	55		25,0	2,00	13	8,0								
6,60	24	42		24,0	1,20	20	5,0								
6,80	26	54		26,0	1,87	14	7,2								
<b>7,00</b>	<b>23</b>	<b>60</b>		<b>23,0</b>	<b>2,47</b>	<b>9</b>	<b>10,7</b>								
7,20	36	50		36,0	0,93	39	2,6								
7,40	80	111		80,0	2,07	39	2,6								
7,60	73	133		73,0	4,00	18	5,5								
7,80	211	300		211,0	5,93	36	2,8								
<b>8,00</b>	<b>139</b>	<b>239</b>		<b>139,0</b>	<b>6,67</b>	<b>21</b>	<b>4,8</b>								
8,20	147	209		147,0	4,13	36	2,8								
8,40	400	500		400,0	6,67	60	1,7								

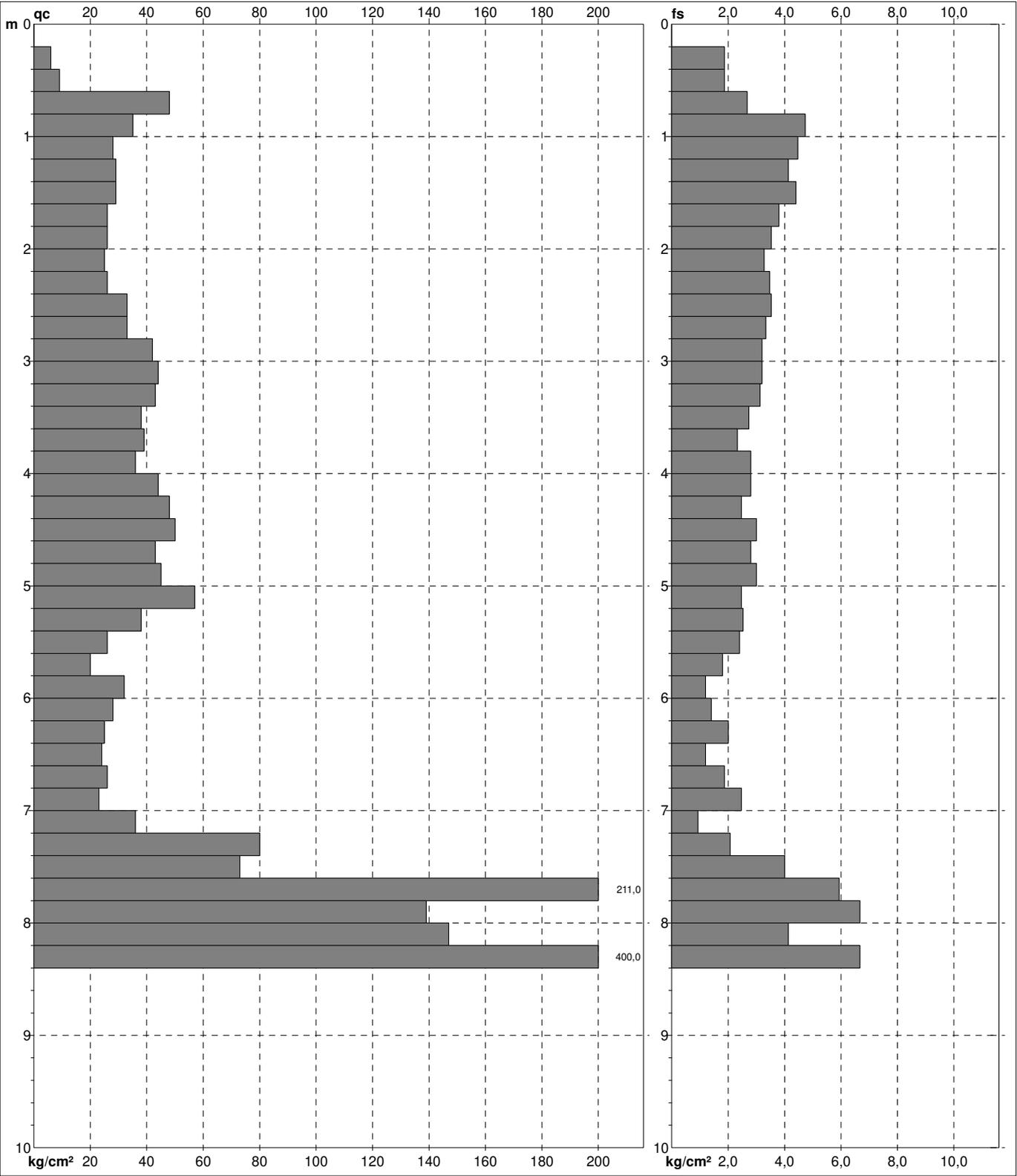
H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
L3 = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

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

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente	<b>Marchese Frescobaldi Spa</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec.	<b>02/08/2022</b>
Cantiere	<b>Dott. Geol. Riccardo Martelli</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio:	<b>Falda</b>
Località	<b>Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Elaborato	



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

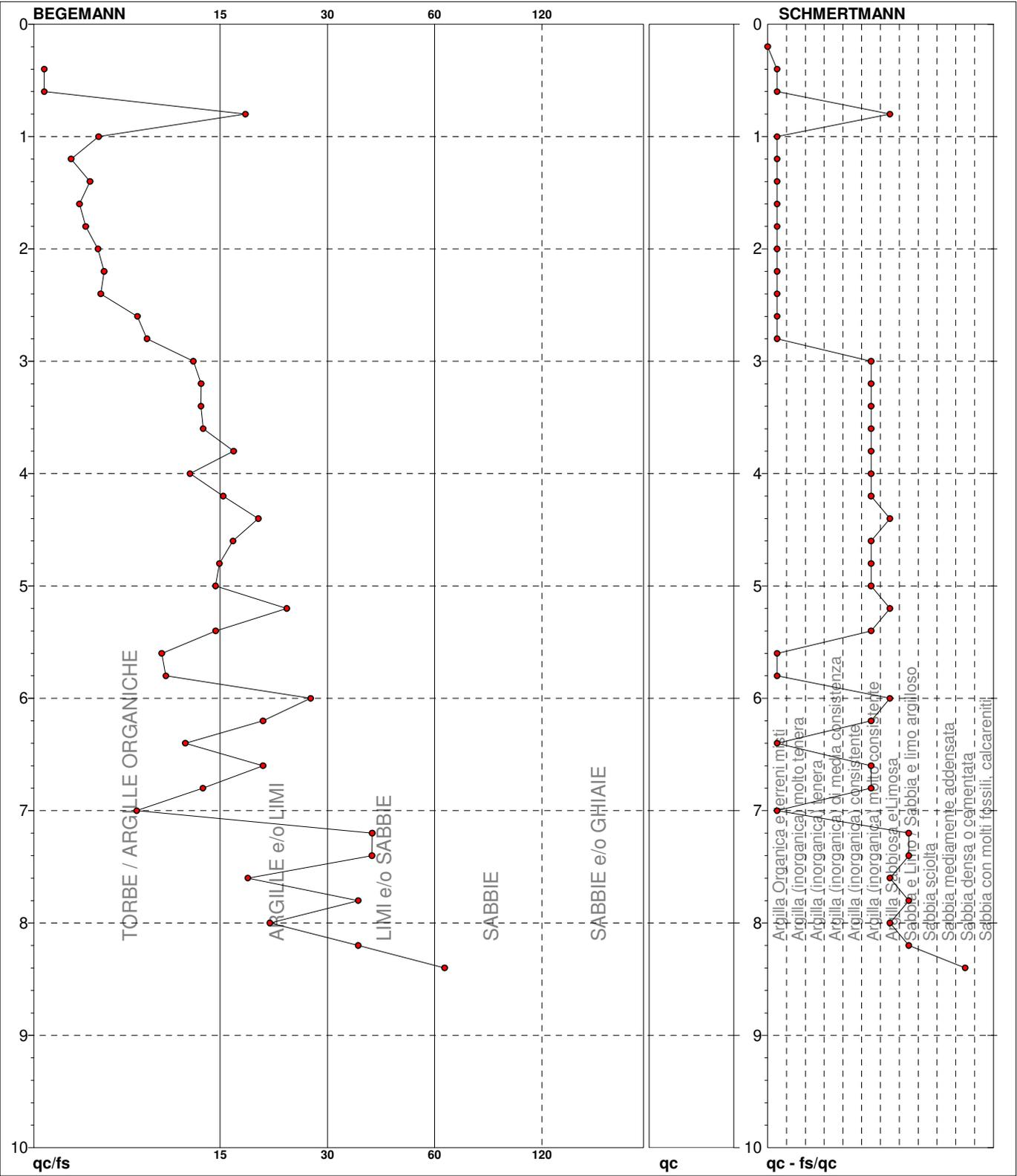
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda**  
 Data eseg. **02/08/2022**



● 285-22 [1] : 8,40 m

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****2**

Riferimento

**285-22**

Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Data esec. **02/08/2022**Pagina  
Elaborato

1

Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	4	43		4,0	2,60	2	65,0								
0,60	5	38		5,0	2,20	2	44,0								
0,80	37	65		37,0	1,87	20	5,1								
<b>1,00</b>	49	82		49,0	2,20	22	4,5								
1,20	46	90		46,0	2,93	16	6,4								
1,40	44	112		44,0	4,53	10	10,3								
1,60	43	82		43,0	2,60	17	6,0								
1,80	35	96		35,0	4,07	9	11,6								
<b>2,00</b>	56	108		56,0	3,47	16	6,2								
2,20	32	79		32,0	3,13	10	9,8								
2,40	30	78		30,0	3,20	9	10,7								
2,60	29	71		29,0	2,80	10	9,7								
2,80	28	66		28,0	2,53	11	9,0								
<b>3,00</b>	32	65		32,0	2,20	15	6,9								
3,20	34	70		34,0	2,40	14	7,1								
3,40	32	67		32,0	2,33	14	7,3								
3,60	35	65		35,0	2,00	18	5,7								
3,80	31	58		31,0	1,80	17	5,8								
<b>4,00</b>	31	63		31,0	2,13	15	6,9								
4,20	37	69		37,0	2,13	17	5,8								
4,40	40	82		40,0	2,80	14	7,0								
4,60	41	73		41,0	2,13	19	5,2								
4,80	34	78		34,0	2,93	12	8,6								
<b>5,00</b>	35	77		35,0	2,80	13	8,0								
5,20	33	78		33,0	3,00	11	9,1								
5,40	43	68		43,0	1,67	26	3,9								
5,60	48	103		48,0	3,67	13	7,6								
5,80	138	246		138,0	7,20	19	5,2								
<b>6,00</b>	201	236		201,0	2,33	86	1,2								
6,20	208	328		208,0	8,00	26	3,8								
6,40	300	400		300,0	6,67	45	2,2								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

L3 = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

alla stessa quota di qc

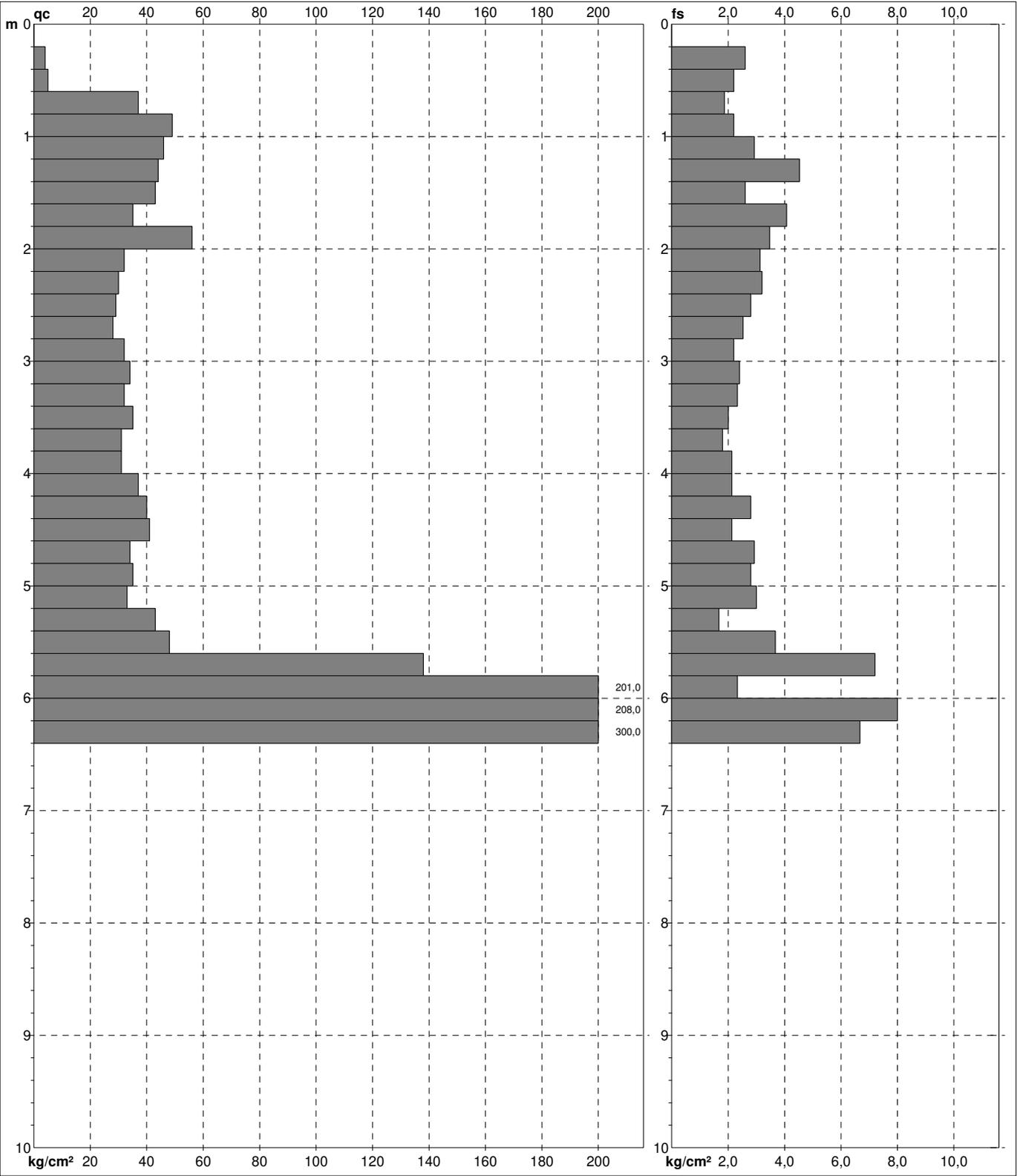
F = rapporto Begemann (qc / fs)

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

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente	<b>Marchese Frescobaldi Spa</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec.	<b>02/08/2022</b>
Cantiere	<b>Dott. Geol. Riccardo Martelli</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio:	<b>Falda</b>
Località	<b>Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Elaborato	



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

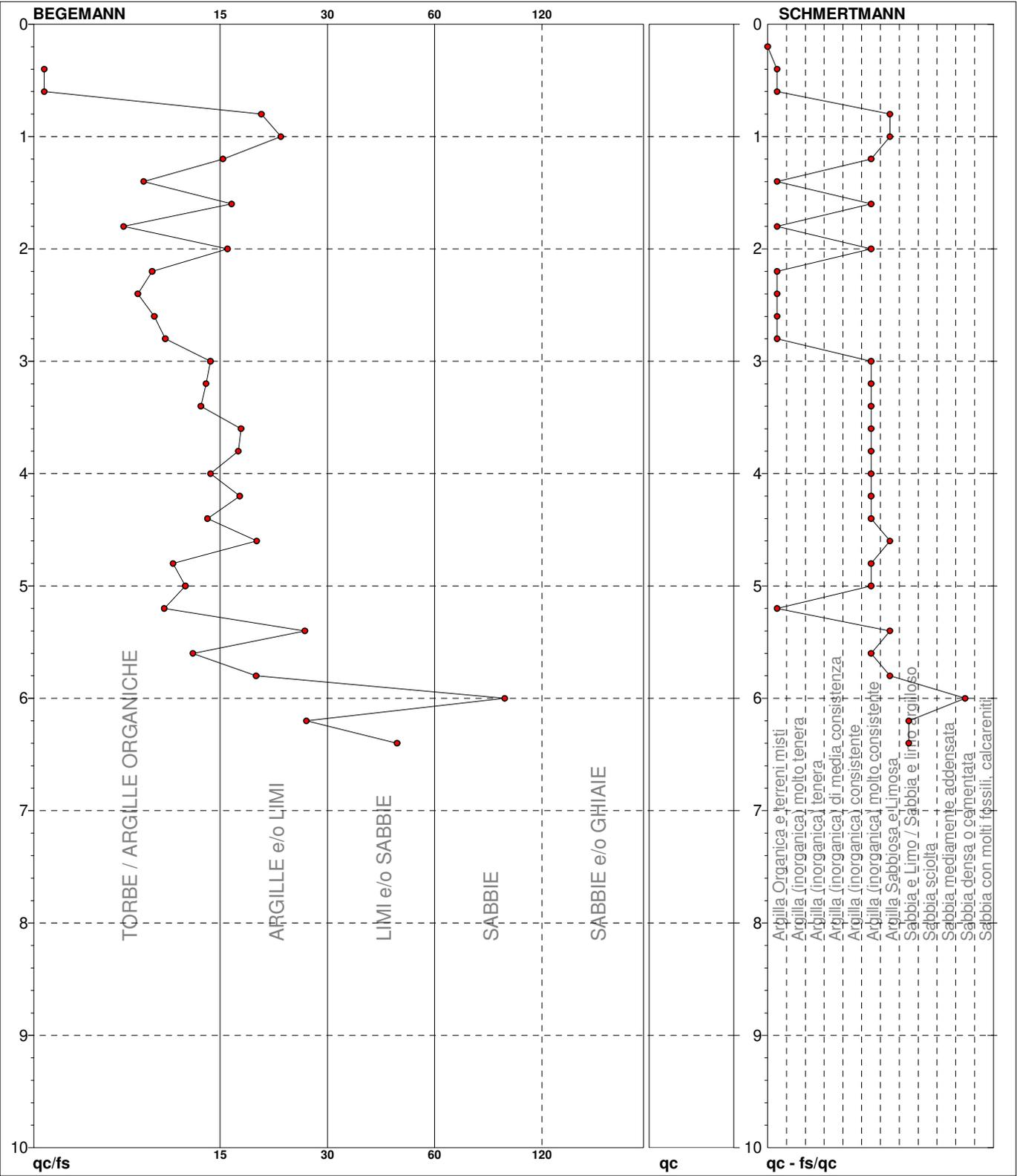
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda**  
 Data eseg. **02/08/2022**



● 285-22 [2] : 6,40 m

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****3**

Riferimento

**285-22**

Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Data esec. **02/08/2022**Pagina  
Elaborato

1

Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	27	31		27,0	0,27	100	1,0								
0,60	39	56		39,0	1,13	35	2,9								
0,80	35	61		35,0	1,73	20	4,9								
<b>1,00</b>	40	81		40,0	2,73	15	6,8								
1,20	41	89		41,0	3,20	13	7,8								
1,40	41	110		41,0	4,60	9	11,2								
1,60	42	123		42,0	5,40	8	12,9								
1,80	32	102		32,0	4,67	7	14,6								
<b>2,00</b>	24	97		24,0	4,87	5	20,3								
2,20	26	77		26,0	3,40	8	13,1								
2,40	28	76		28,0	3,20	9	11,4								
2,60	42	82		42,0	2,67	16	6,4								
2,80	41	84		41,0	2,87	14	7,0								
<b>3,00</b>	36	79		36,0	2,87	13	8,0								
3,20	33	71		33,0	2,53	13	7,7								
3,40	31	64		31,0	2,20	14	7,1								
3,60	35	72		35,0	2,47	14	7,1								
3,80	33	63		33,0	2,00	17	6,1								
<b>4,00</b>	31	65		31,0	2,27	14	7,3								
4,20	28	50		28,0	1,47	19	5,3								
4,40	23	45		23,0	1,47	16	6,4								
4,60	22	43		22,0	1,40	16	6,4								
4,80	31	44		31,0	0,87	36	2,8								
<b>5,00</b>	36	63		36,0	1,80	20	5,0								
5,20	47	100		47,0	3,53	13	7,5								
5,40	360	500		360,0	9,33	39	2,6								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

alla stessa quota di qc

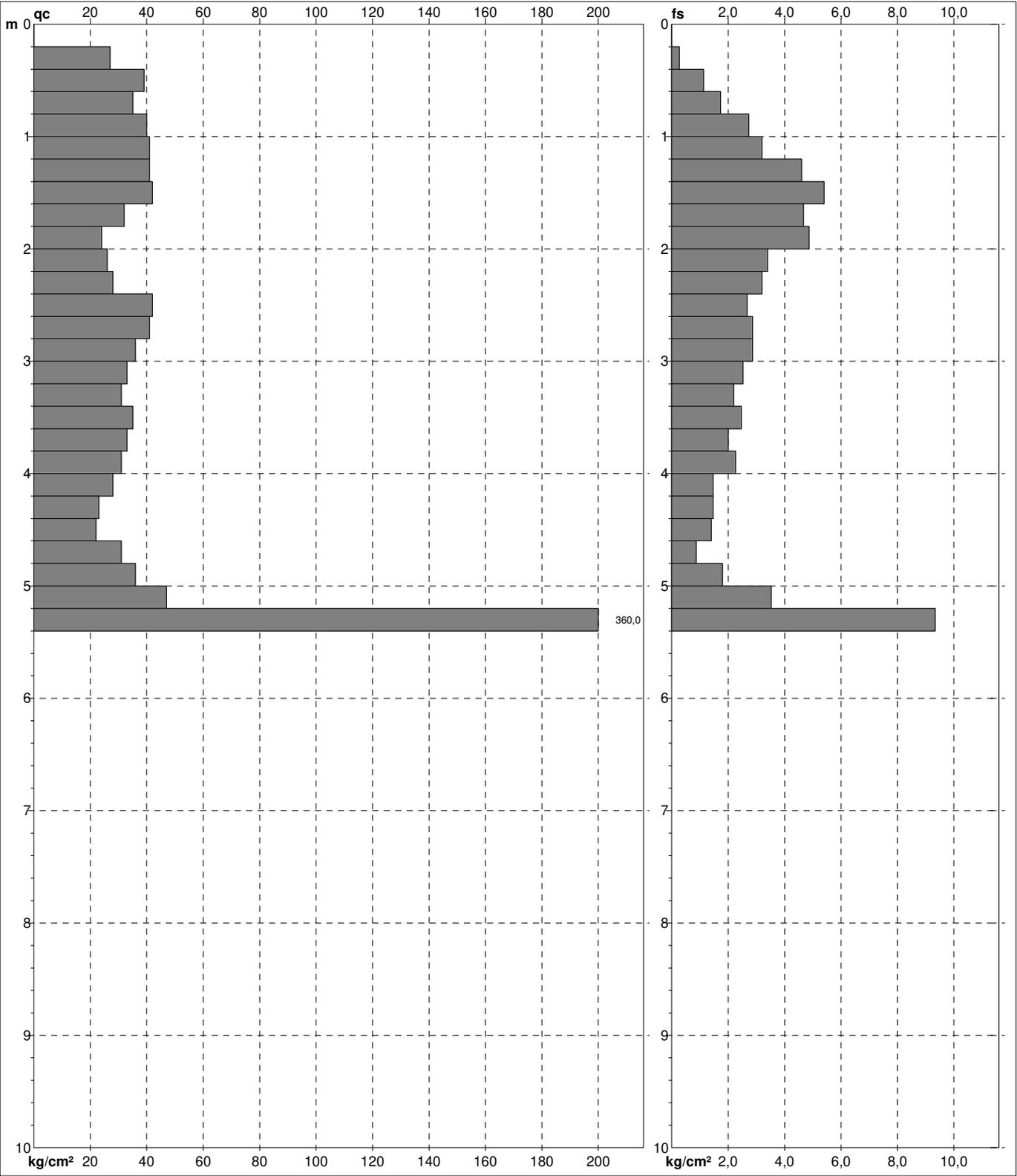
F = rapporto Begemann (qc / fs)

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

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente	<b>Marchese Frescobaldi Spa</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec.	02/08/2022
Cantiere	<b>Dott. Geol. Riccardo Martelli</b>	Scala:	1:50	Quota inizio:	Falda
Località	<b>Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)</b>	Pagina	1	Elaborato	



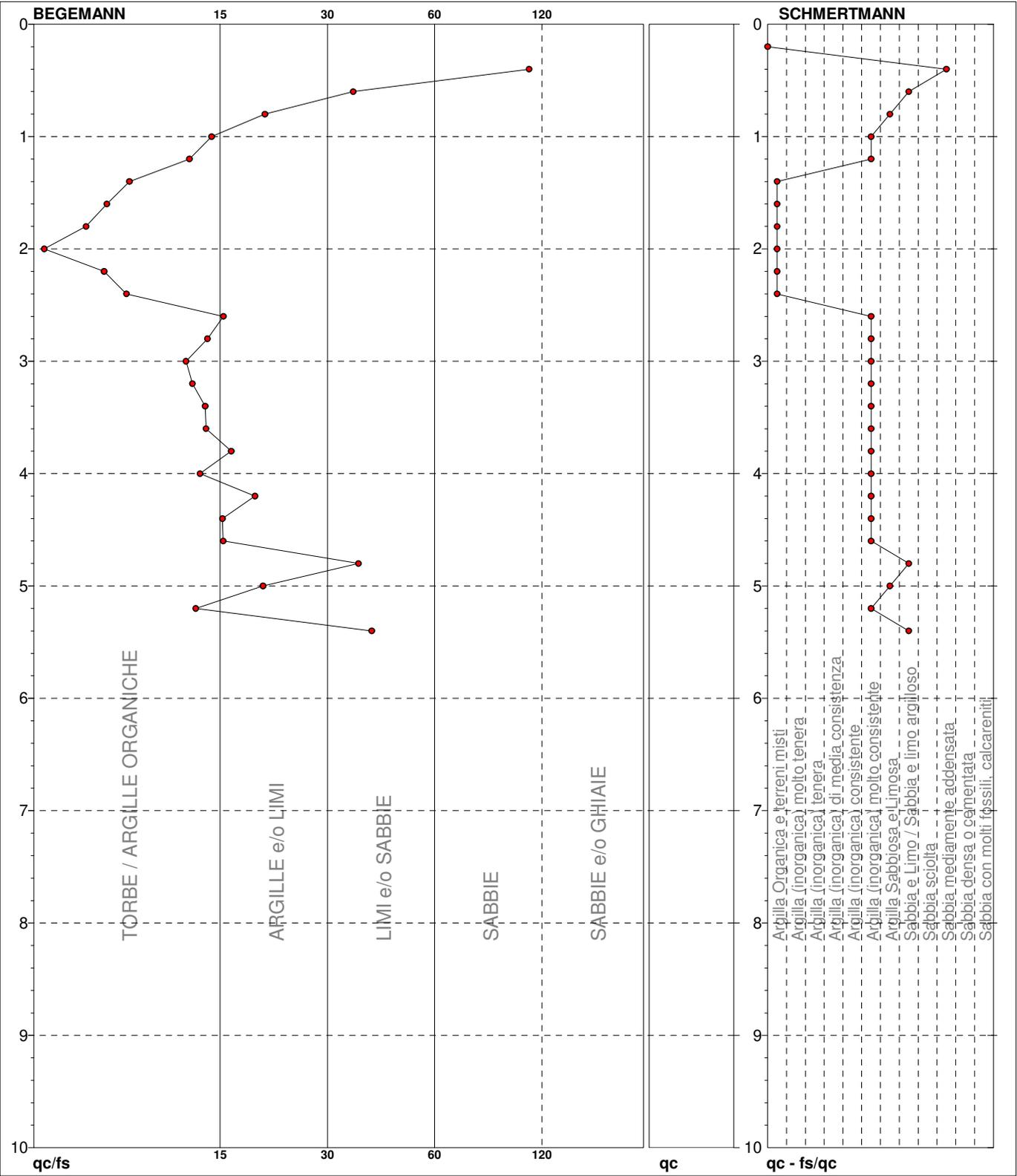
Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente	<b>Marchese Frescobaldi Spa</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec.	<b>02/08/2022</b>
Cantiere	<b>Dott. Geol. Riccardo Martelli</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Falda	
Località	<b>Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)</b>	Pagina	<b>1</b>		
		Elaborato			



● 285-22 [3] : 5,40 m

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****4**

Riferimento

**285-22**

Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Data eseg. **02/08/2022**Pagina  
Elaborato

1

Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	9	32		9,0	1,53	6	17,0								
0,60	38	61		38,0	1,53	25	4,0								
0,80	38	68		38,0	2,00	19	5,3								
<b>1,00</b>	<b>40</b>	<b>68</b>		<b>40,0</b>	<b>1,87</b>	<b>21</b>	<b>4,7</b>								
1,20	38	78		38,0	2,67	14	7,0								
1,40	37	76		37,0	2,60	14	7,0								
1,60	35	96		35,0	4,07	9	11,6								
1,80	33	91		33,0	3,87	9	11,7								
<b>2,00</b>	<b>34</b>	<b>97</b>		<b>34,0</b>	<b>4,20</b>	<b>8</b>	<b>12,4</b>								
2,20	20	75		20,0	3,67	5	18,4								
2,40	21	70		21,0	3,27	6	15,6								
2,60	26	74		26,0	3,20	8	12,3								
2,80	32	69		32,0	2,47	13	7,7								
<b>3,00</b>	<b>29</b>	<b>67</b>		<b>29,0</b>	<b>2,53</b>	<b>11</b>	<b>8,7</b>								
3,20	24	59		24,0	2,33	10	9,7								
3,40	26	55		26,0	1,93	13	7,4								
3,60	25	53		25,0	1,87	13	7,5								
3,80	22	47		22,0	1,67	13	7,6								
<b>4,00</b>	<b>19</b>	<b>39</b>		<b>19,0</b>	<b>1,33</b>	<b>14</b>	<b>7,0</b>								
4,20	17	38		17,0	1,40	12	8,2								
4,40	39	60		39,0	1,40	28	3,6								
4,60	25	51		25,0	1,73	14	6,9								
4,80	64	186		64,0	8,13	8	12,7								
<b>5,00</b>	<b>400</b>	<b>500</b>		<b>400,0</b>	<b>6,67</b>	<b>60</b>	<b>1,7</b>								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

alla stessa quota di qc

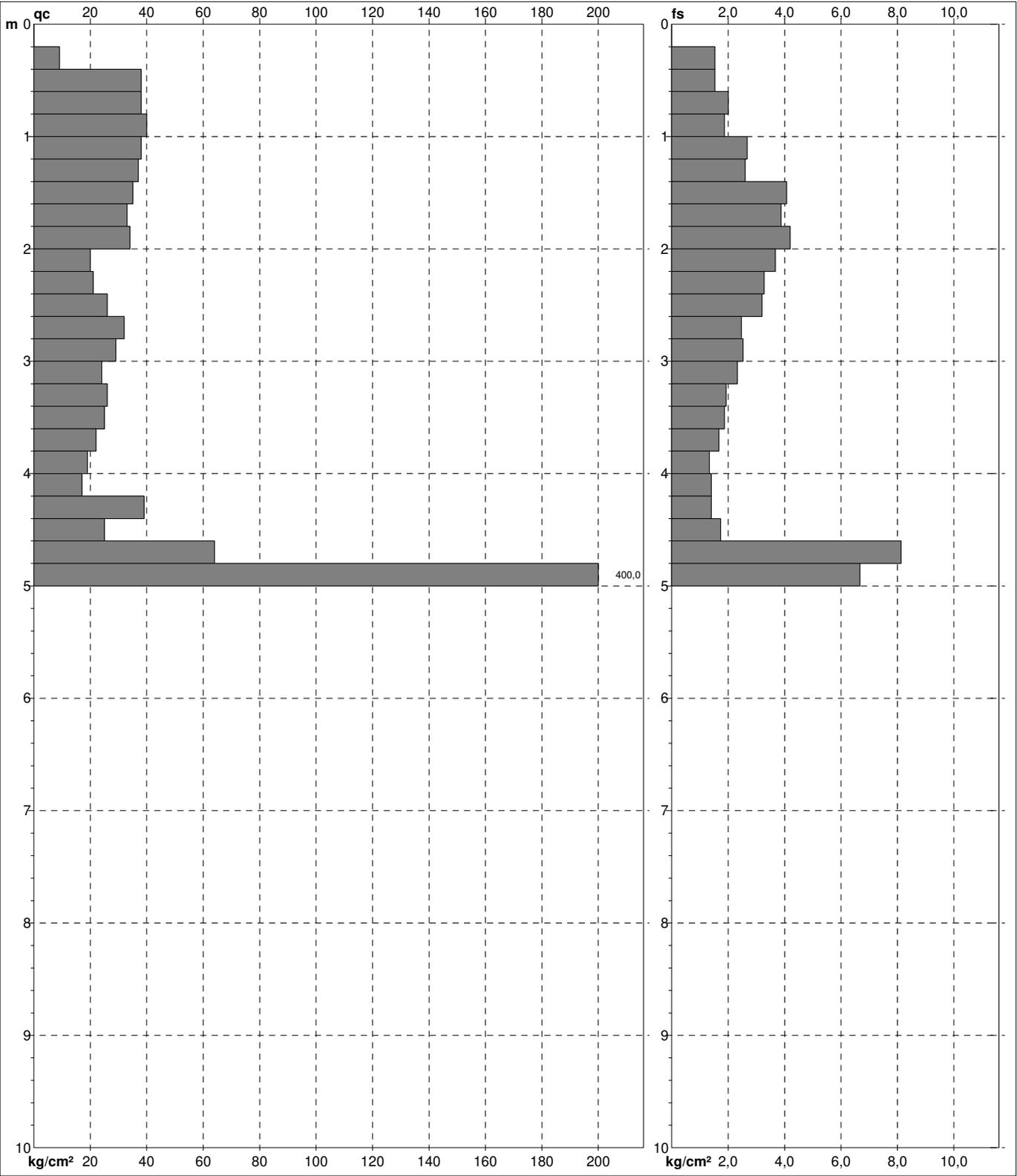
F = rapporto Begemann (qc / fs)

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

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente	<b>Marchese Frescobaldi Spa</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec.	<b>02/08/2022</b>
Cantiere	<b>Dott. Geol. Riccardo Martelli</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio:	<b>Falda</b>
Località	<b>Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Elaborato	



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

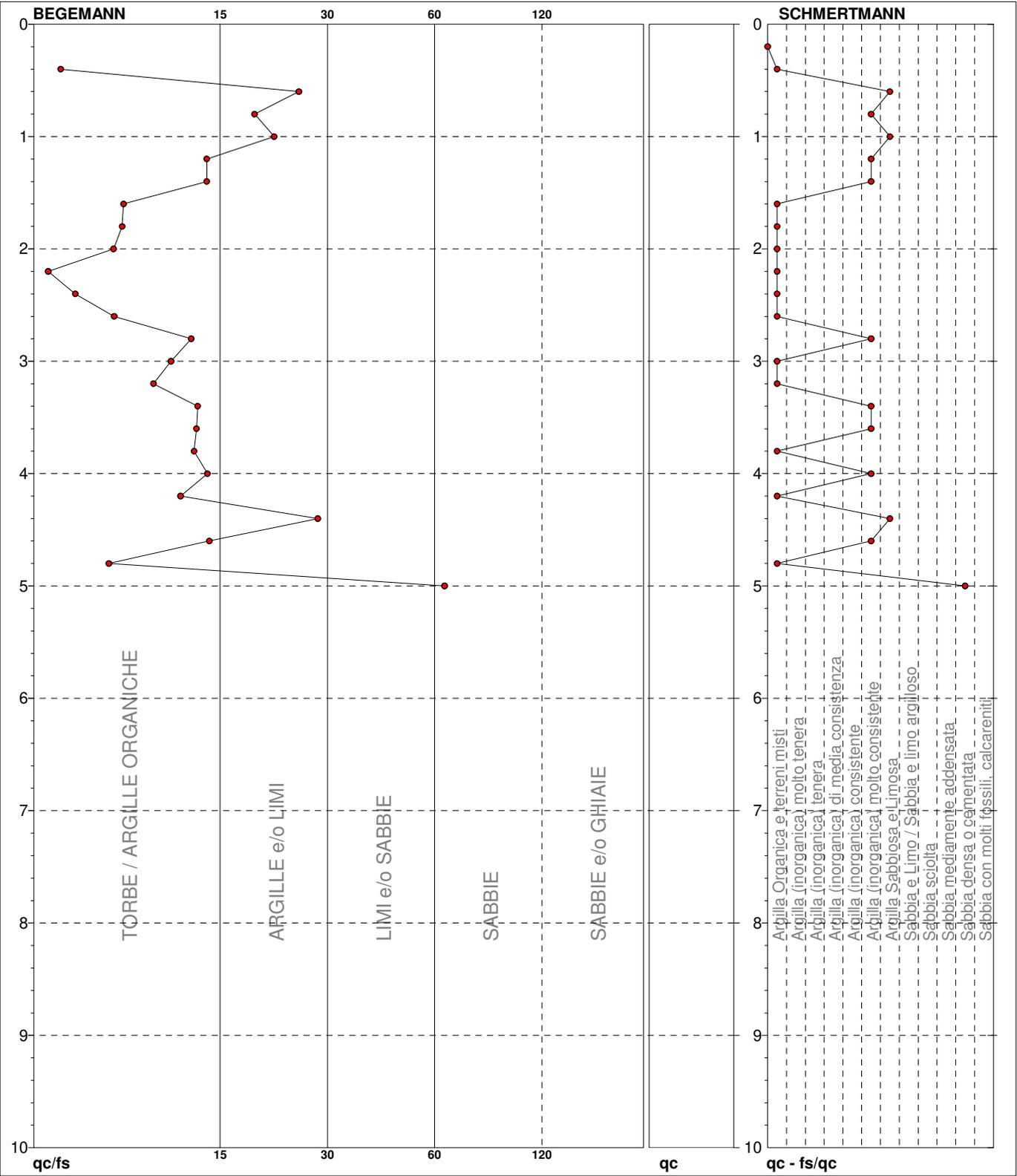
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda**  
 Data eseg. **02/08/2022**



● 285-22 [4] : 5,00 m

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200Stat - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

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

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

### CONVERSIONI

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

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

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

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

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

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

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

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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



**PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE**  
**SCHEMA PENETROMETRO**

Riferimento

285-22

 Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**
**TG63-200Stat****Pagani - Piacenza**

<b>Sigla</b>	<b>TG63-200Stat</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>	<b>1,12</b>	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>	<b>63,0 kg</b>	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>	<b>0,75 m</b>	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>1,00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>	<b>6,00 kg</b>	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>	<b>20,00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>	<b>90 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
<b>Prf.(1°asta)</b>	<b>0,60 m</b>	Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0,20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>	<b>Sì</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>	<b>20 t</b>	Spinta nominale strumento

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**DIN****5**

Riferimento

**285-22**Committente **Marchese Frescobaldi Spa**Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Data esec. **02/08/2022**Pagina  
Elaborato

1

Falda

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	3		32,4					
0,40	2	3		29,8					
0,60	2	4		39,7					
0,80	2	5		49,6					
<b>1,00</b>	2	4		39,7					
1,20	2	3		29,8					
1,40	3	4		36,8					
1,60	3	4		36,8					
1,80	3	4		36,8					
<b>2,00</b>	3	3		27,6					
2,20	3	4		36,8					
2,40	4	4		34,2					
2,60	4	4		34,2					
2,80	4	4		34,2					
<b>3,00</b>	4	3		25,7					
3,20	4	4		34,2					
3,40	5	4		32,0					
3,60	5	3		24,0					
3,80	5	3		24,0					
<b>4,00</b>	5	3		24,0					
4,20	5	6		48,0					
4,40	6	8		60,1					
4,60	6	5		37,6					
4,80	6	8		60,1					
<b>5,00</b>	6	8		60,1					
5,20	6	14		105,2					
5,40	7	22		155,9					
5,60	7	32		226,8					
5,80	7	34		241,0					
<b>6,00</b>	7	40		283,5					
6,20	7	37		262,2					
6,40	8	50		335,2					

H = profondità

L1 = asta

L2 = punta

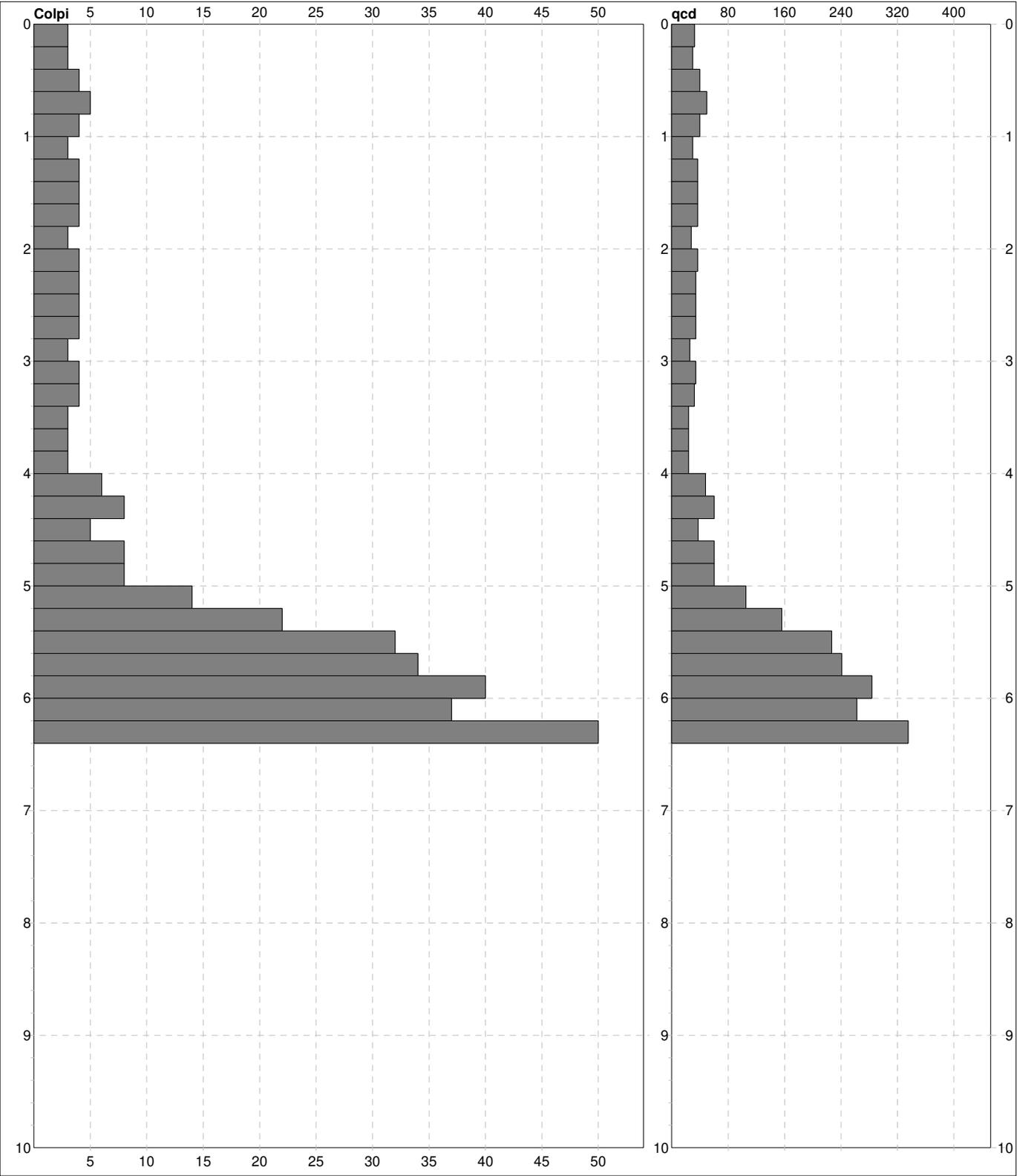
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>DIN</b>	<b>5</b>
Riferimento	<b>285-22</b>

Committente	<b>Marchese Frescobaldi Spa</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data eseg.	02/08/2022
Cantiere	<b>Dott. Geol. Riccardo Martelli</b>	Scala:	1:50	Quota inizio: :	Falda
Località	<b>Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)</b>	Pagina	1		
		Elaborato			



<b>Penetrometro:</b>	TG63-200Din 63,00 kg 0,75 m 0,20 m	<b>Responsabile::</b> <b>Assistente::</b>	<b>preforo</b> m <b>Corr.astine:</b> : kg/ml <b>Cod.ISTAT:</b> 0
----------------------	---	--	--

## LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

### DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ , misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione  $\delta$ )
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

### DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 30$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 20-30$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

### VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N<sub>spt</sub>

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo  $(M+m)/2$   
media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopra citati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi N<sub>spt</sub> della prova SPT :  $N_{spt} = \beta N$  [ove per il coefficiente  $\beta$  si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia  $\beta_t$  fornito dal programma] .

### VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica qcd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$qcd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento  $\delta$  qcd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo =  $\delta/N$  P = peso tot. sistema battente e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$qcd = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove :  $Q = (M H) / (A \delta) =$  energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (N<sub>spt</sub>,Q<sub>spt</sub>),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$qcd = Q N = Q_{spt} N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta N ,$$

ove il rapporto  $\beta_t = Q/Q_{spt}$  viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT (Q<sub>spt</sub> = 7.83 kg/cm<sup>2</sup> = 0.768 MPa ) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm,

A = 20.27 cm<sup>2</sup>, d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

N<sub>spt</sub> -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N<sub>spt</sub> ->  $\phi'$  ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

N<sub>spt</sub> -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

N<sub>spt</sub> -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N<sub>spt</sub> -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

qcd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )

( g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) ]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )

**PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE**  
**SCHEMA PENETROMETRO**

Riferimento

285-22

 Committente **Marchese Frescobaldi Spa**  
 Cantiere **Dott. Geol. Riccardo Martelli**  
 Località **Strada Statale 67 Tosco Romagnola - Pontassieve (FI)**
**TG63-200Din****Pagani - Piacenza**

<b>Sigla</b>	<b>TG63-200Din</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>	<b>1,15</b>	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>	<b>63,0 kg</b>	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>	<b>0,75 m</b>	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>1,00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>	<b>6,00 kg</b>	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>	<b>20,00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>	<b>60 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
<b>Prf.(1°asta)</b>	<b>0,20 m</b>	Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0,20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>	<b>Sì</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>	<b>51,00 mm</b>	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>	<b>34,00 mm</b>	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>	<b>20 t</b>	Spinta nominale strumento

## ALLEGATO D

**INDAGINE DI SISMICA IN FORO  
TIPO DOWN HOLE CON ONDE P ED SH**

**Committente: Marchese Frescobaldi S.p.a.**

**Referente Tecnico e D.L.: Dott. Geol. Riccardo Martelli**

**Ubicazione: loc. Sieci**

**Comune di Pontassieve (Fi)**

**RELAZIONE GENERALE**

**03/08/2022**

## PREMESSA

In data 02/08/2022 su incarico della Marchese Frescobaldi S.p.a. e con il coordinamento tecnico del Dott. Geol. Riccardo Martelli, è stata eseguita una indagine geofisica di sismica in foro mediante il metodo down-hole.

La prova è stata eseguita a supporto dello studio geologico per un nuovo intervento edilizio, in un terreno adiacente alla S.S. 67 Tosco-Romagnola in loc. Sieci nel Comune di Pontassieve (Fi) (si veda foto aerea in basso).

Il foro utilizzato è risultato accessibile fino alla profondità di -30 m. dal piano campagna.

Di seguito vengono espone le basi teoriche della metodologia adottata, i risultati ottenuti e le seguenti informazioni e documenti:

- sismogrammi integrali in onde P ed SH ricavati dalle singole acquisizioni;
- tabelle dei tempi di arrivo misurati e corretti delle onde P e delle onde SH;
- diagramma delle **dromocrone** relative ai tempi di arrivo corretti;
- diagramma delle **velocità intervallari** onde P e onde SH / profondità;
- diagramma del coefficiente di **Poisson** calcolato dalle velocità riscontrate;
- tabella riepilogativa dati down-hole.



**Ubicazione indagine**

## **PRINCIPI TEORICI DELLE TECNICHE ADOTTATE**

### **INDAGINE SISMICA IN FORO – DOWN HOLE**

Le prove sismiche in foro di tipo down-hole vengono realizzate in fori di sondaggio appositamente attrezzati con tubi in PVC cementati all'esterno, con l'uso di geofoni da foro di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione (P) ed orizzontali per onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH), mediante una sorgente meccanica e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

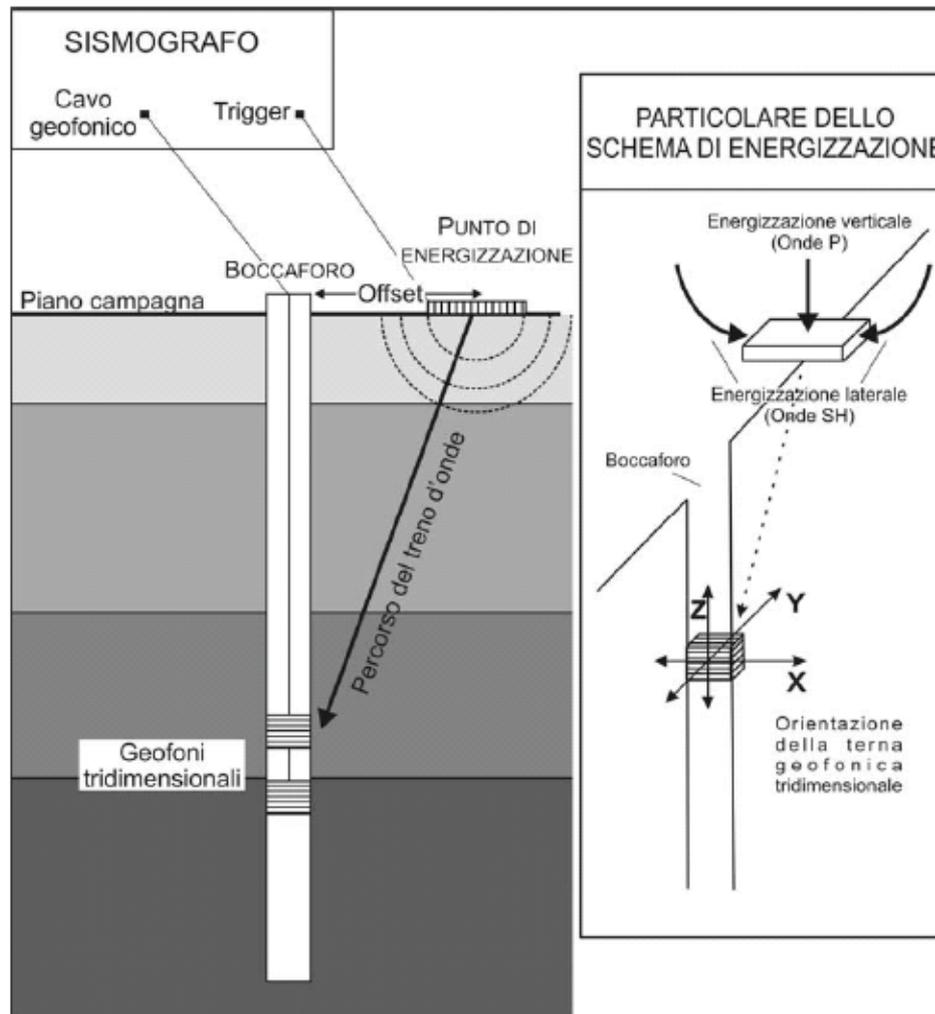
I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) sono in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (o verticali).

Come sorgente per le onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

Come sorgente per le onde SH è stato utilizzato un parallelepipedo (trave in legno) di forma tale da poter essere colpito lateralmente con una mazza del peso di circa 10 Kg.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo da rimanere aderente al terreno sia nel momento in cui veniva colpito, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



Schema semplificato indagine down-hole (Istruzioni Tecniche Regione Toscana)

Il sistema di ricezione si compone di due ricevitori tridimensionali, ciascuno dei quali è costituito da tre trasduttori di velocità orientati secondo le componenti di una terna cartesiana ortogonale e collocati all'interno di un unico contenitore.

I ricevitori tridimensionali sono collegati tra loro e posizionati a distanza di un metro l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori.

Il sistema previsto per mantenere costante la distanza e per garantire l'isorientazione dei geofoni è dotato di un giunto centrale in gomma che funge da smorzatore, in modo da evitare qualunque interazione sismica tra i due sensori.

Quattro pistoni pneumatici azionati dalla superficie con aria in pressione a 8 bar garantiscono un ottimo accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Per l'orientazione del sistema è stata usata una batteria di aste in p.v.c. calata nel foro insieme al geofono a cui era collegata solidalmente.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, producendo un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le oscillazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La strumentazione prevede la funzione "inversione di polarità", poiché nella prova è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra.

La prova down-hole si è sviluppa secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente per onde SH, è stata collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 3,00 m, orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro e gravata con un carico statico addizionale (automezzo). Per la produzione di onde P abbiamo energizzato con massa battente ad impatto verticale mentre per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) è stata percossa lateralmente, generando onde di taglio polarizzate orizzontalmente.

2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema di aste che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;

3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde SH in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori; quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.

4. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, innescando il trigger fa partire la registrazione, l'onda generata si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con oscillazioni di tipo P; in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano oscillazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale.

5. È stata ripetuta la prova ad una profondità inferiore, abbassando di 1 m i ricevitori, e riprodotta la sollecitazione.

Ogni misurazione è stata registrata in forma digitale con il sismografo Ambrogeo ECHO 12/24 con campionamento digitale con dinamica a 16 bit ed intervallo di campionamento di 130 microsecondi per una durata di 200 millisecondi.

Di seguito si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.

Canale n°1: geofono superiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°2: geofono inferiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°3: geofono superiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°4: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (y)

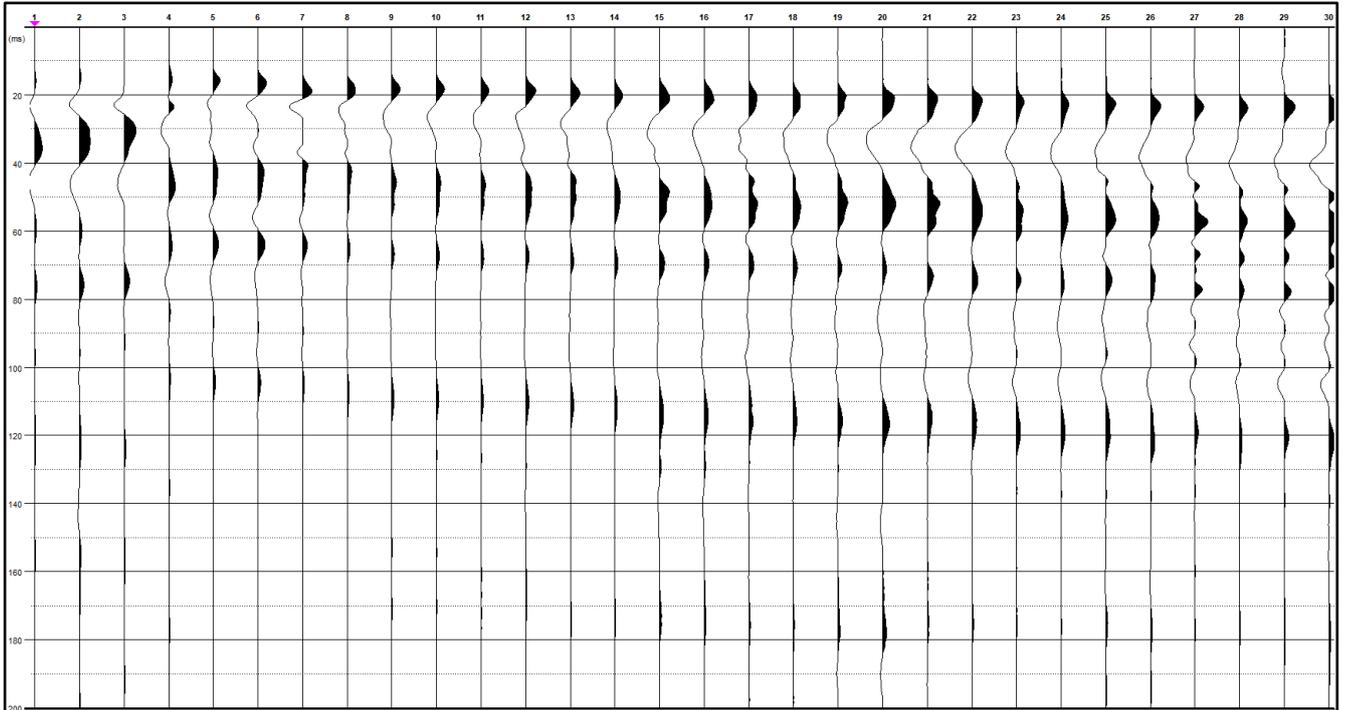
Canale n°5: geofono superiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°6: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (x)

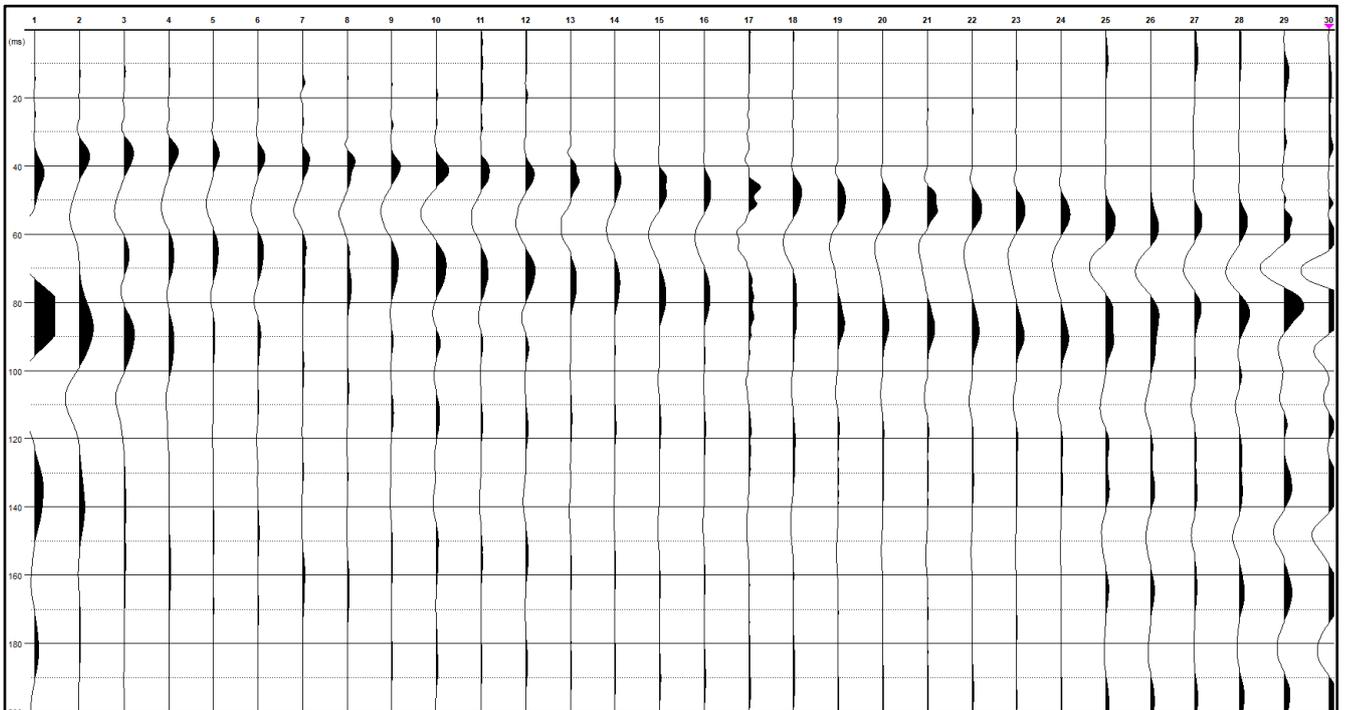
Canale n°7: geofono spia

Canale n°8-9-10-11-12: nulli

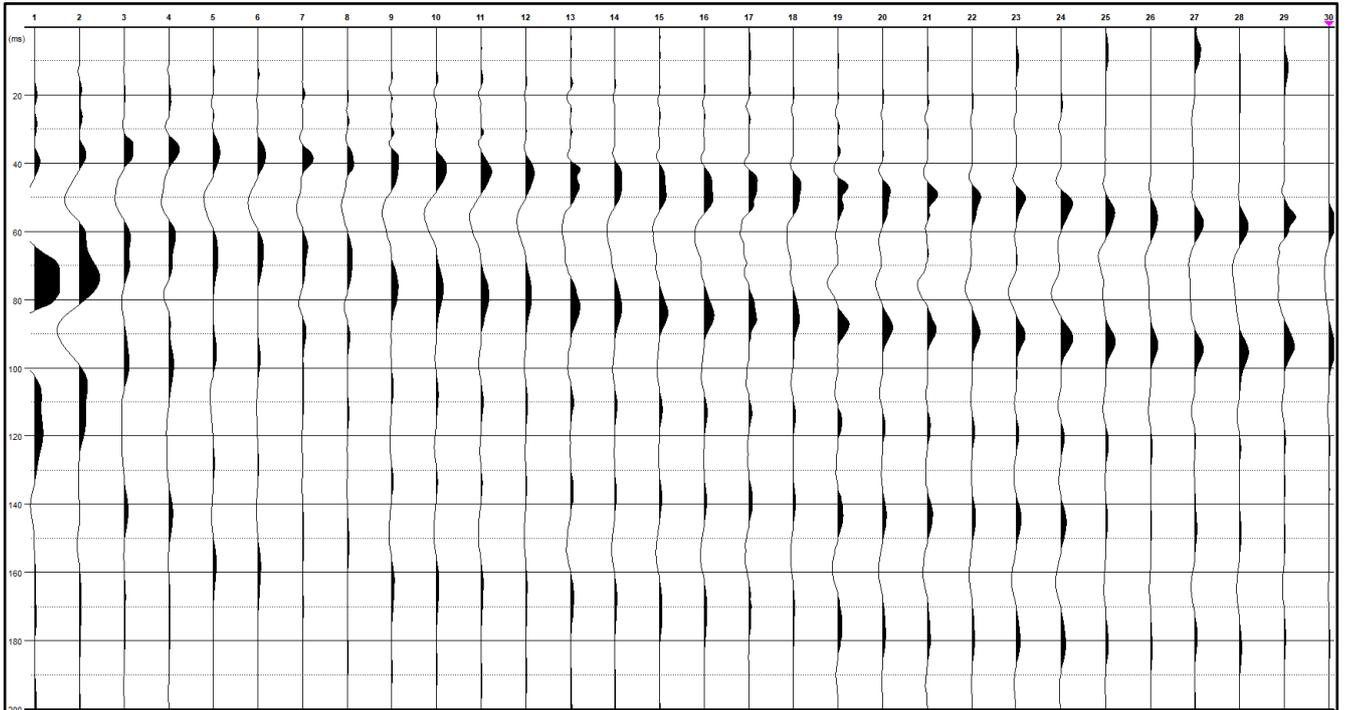
### Sismogramma onde P



### Sismogramma onde S+

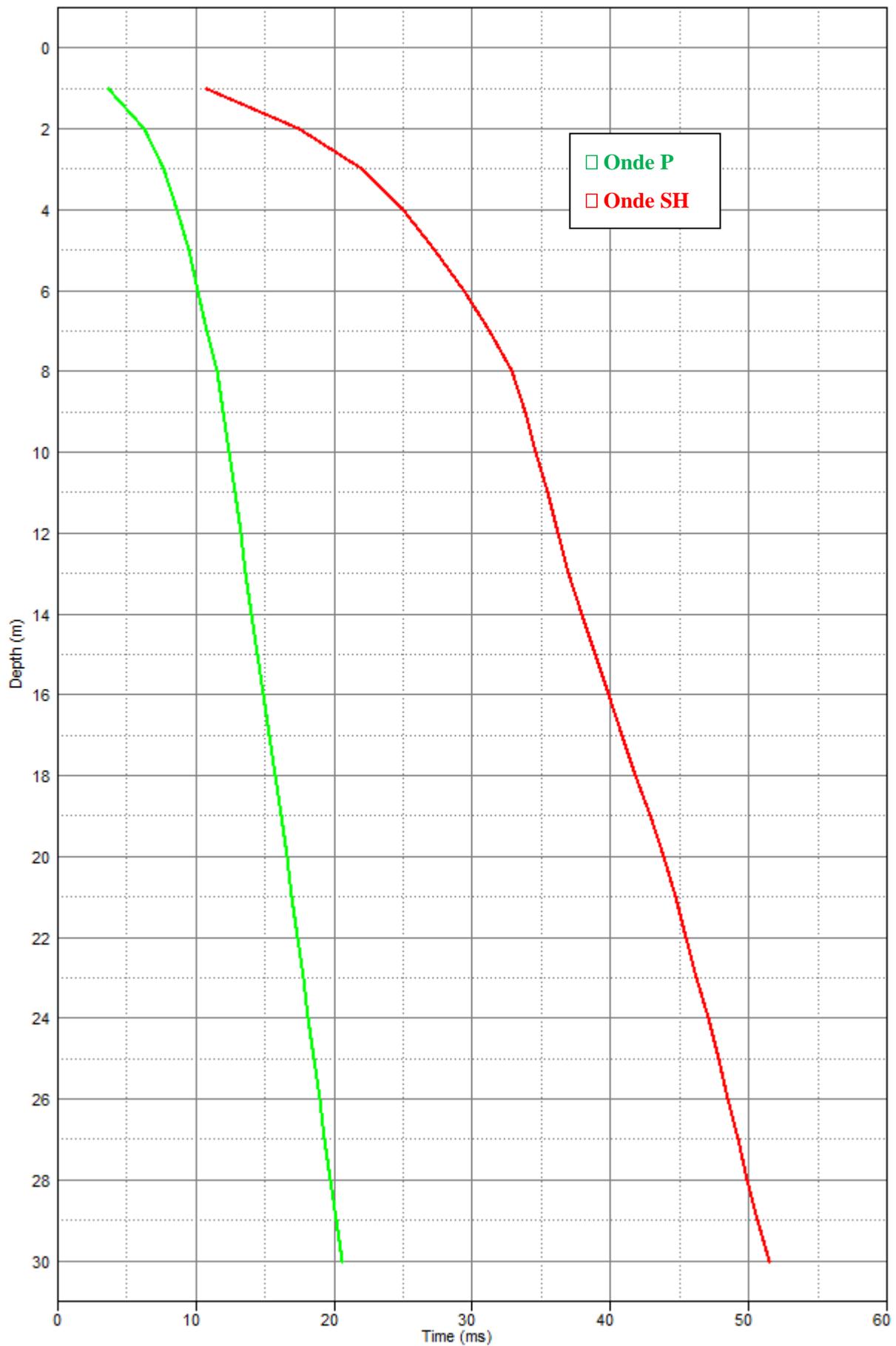


**Sismogramma onde S-**

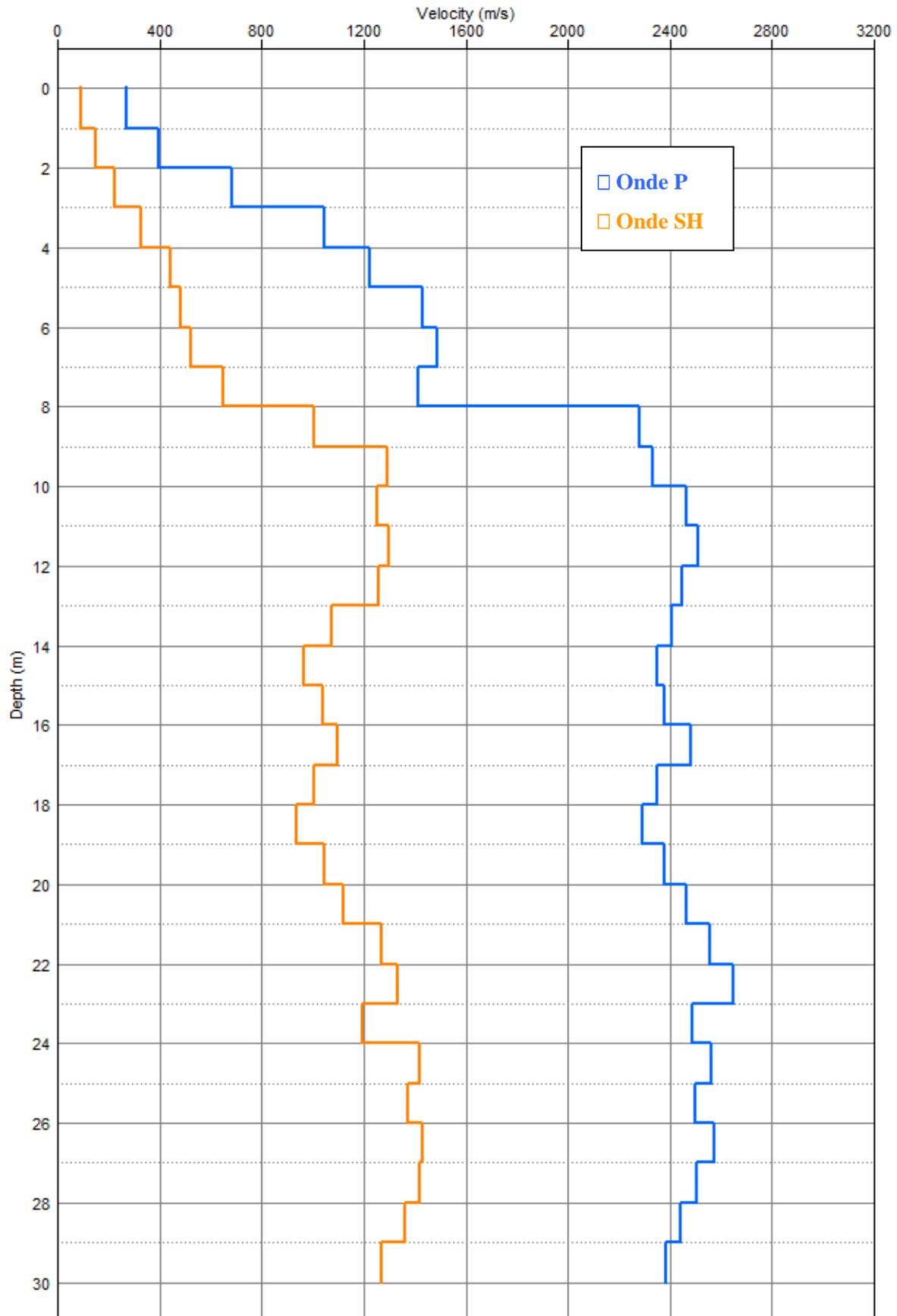


<b>Tabella Tempi di arrivo</b>				
Ubicazione: S.S. 67 Tosco-Romagnola – loc. Sieci – Pontassieve (Fi)				
DOWN-HOLE: <b>indagine eseguita in foro di sondaggio geognostico</b>				
Dist. Shot-foro m: 3,0			Dist. Shot-foro m: 3,0	
<b>ONDE SH</b>			<b>ONDE P</b>	
<b>Distanza dal p.c.</b>	Tempi obliqui	Tempi verticali	Tempi obliqui	Tempi verticali
<b>(metri)</b>	<b>(millisecondi)</b>	<b>(millisecondi)</b>	<b>(millisecondi)</b>	<b>(millisecondi)</b>
1	34.14	10.80	11.66	3.69
2	31.55	17.50	11.20	6.21
3	31.10	21.99	10.86	7.68
4	31.28	25.03	10.79	8.63
5	31.83	27.30	11.02	9.45
6	32.84	29.38	11.35	10.15
7	34.03	31.28	11.77	10.82
8	35.06	32.82	12.31	11.53
9	35.65	33.82	12.62	11.97
10	36.11	34.59	12.94	12.40
11	36.68	35.39	13.27	12.80
12	37.27	36.16	13.61	13.20
13	37.92	36.95	13.97	13.61
14	38.74	37.88	14.34	14.03
15	39.69	38.92	14.74	14.45
16	40.58	39.88	15.13	14.87
17	41.42	40.79	15.51	15.27
18	42.37	41.79	15.92	15.70
19	43.39	42.86	16.34	16.14
20	44.30	43.81	16.74	16.56
21	45.16	44.71	17.14	16.96
22	45.92	45.49	17.52	17.35
23	46.64	46.24	17.88	17.73
24	47.45	47.08	18.27	18.13
25	48.13	47.79	18.66	18.52
26	48.84	48.52	19.05	18.92
27	49.52	49.22	19.43	19.31
28	50.21	49.92	19.83	19.71
29	50.93	50.66	20.23	20.12
30	51.70	51.45	20.64	20.54

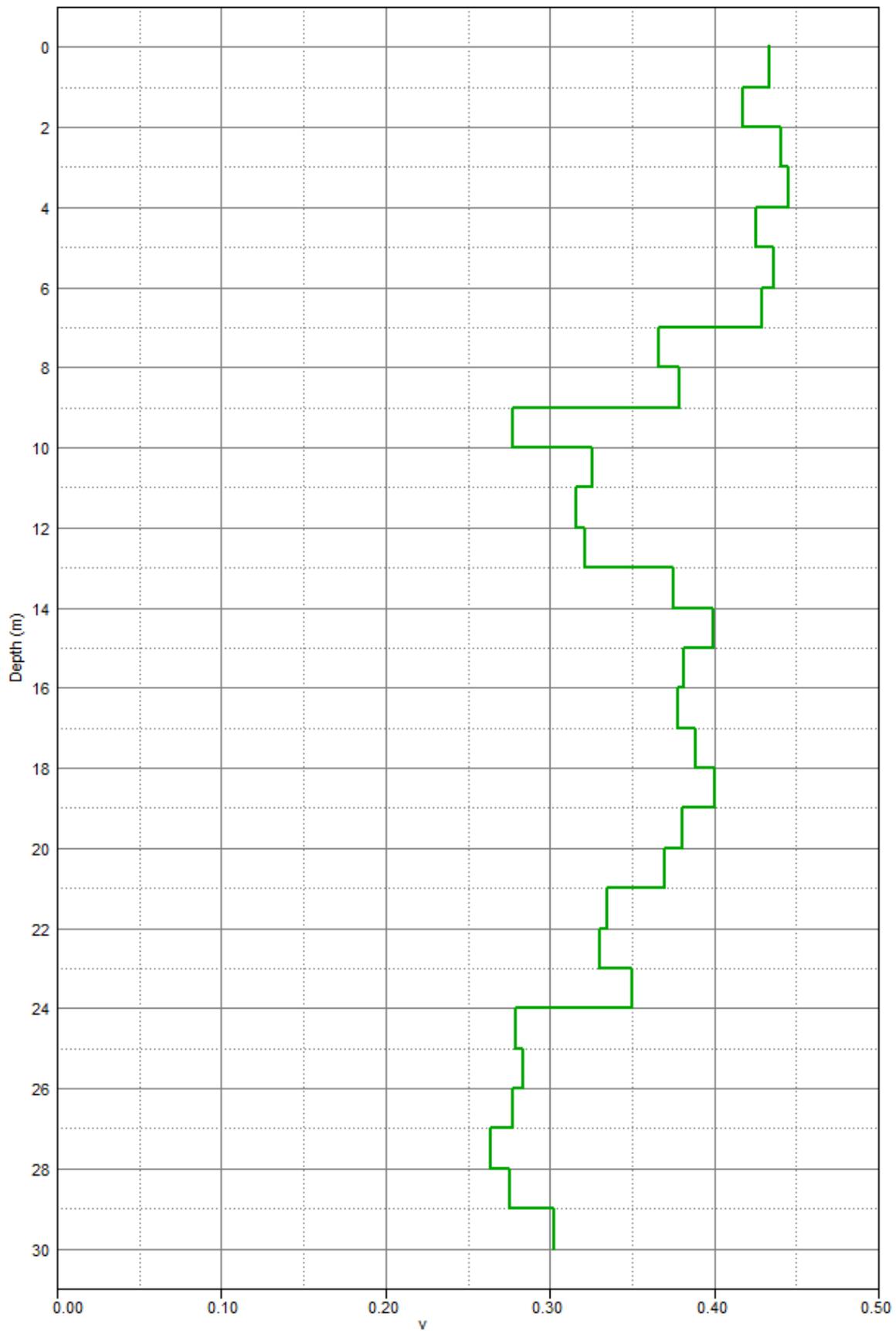
# DROMOCRONE



### VELOCITA' INTERVALLARI



### COEFFICIENTE DI POISSON



**TABELLA RIASSUNTIVA**

Depth	Ts Pick	Ts Verticali	Vs Intervallari	Vs CALCOLATA A PARTIRE DAL P.C. SECONDO DM 2018	Tp Pick	Tp Verticali	Vp Intervallari	Vp CALCOLATA A PARTIRE DAL P.C. SECONDO DM 2018	Coeff. di Poisson
1	34.14	10.80	93	93	11.66	3.69	271	271	0.43
2	31.55	17.50	149	114	11.20	6.21	396	322	0.42
3	31.10	21.99	223	136	10.86	7.68	683	391	0.44
4	31.28	25.03	329	160	10.79	8.63	1046	463	0.45
5	31.83	27.30	441	183	11.02	9.45	1224	529	0.43
6	32.84	29.38	481	204	11.35	10.15	1429	591	0.44
7	34.03	31.28	525	224	11.77	10.82	1489	647	0.43
8	35.06	32.82	649	244	12.31	11.53	1412	694	0.37
9	35.65	33.82	1008	266	12.62	11.97	2283	752	0.38
10	36.11	34.59	1293	289	12.94	12.40	2331	807	0.28
11	36.68	35.39	1253	311	13.27	12.80	2465	859	0.33
12	37.27	36.16	1300	332	13.61	13.20	2509	909	0.32
13	37.92	36.95	1255	352	13.97	13.61	2446	955	0.32
14	38.74	37.88	1075	370	14.34	14.03	2404	998	0.38
15	39.69	38.92	963	385	14.74	14.45	2352	1038	0.40
16	40.58	39.88	1042	401	15.13	14.87	2381	1076	0.38
17	41.42	40.79	1099	417	15.51	15.27	2481	1113	0.38
18	42.37	41.79	1003	431	15.92	15.70	2350	1147	0.39
19	43.39	42.86	937	443	16.34	16.14	2294	1178	0.40
20	44.30	43.81	1044	457	16.74	16.56	2377	1208	0.38
21	45.16	44.71	1118	470	17.14	16.96	2463	1238	0.37
22	45.92	45.49	1272	484	17.52	17.35	2554	1268	0.34
23	46.64	46.24	1334	497	17.88	17.73	2651	1297	0.33
24	47.45	47.08	1194	510	18.27	18.13	2487	1324	0.35
25	48.13	47.79	1419	523	18.66	18.52	2562	1350	0.28
26	48.84	48.52	1373	536	19.05	18.92	2498	1374	0.28
27	49.52	49.22	1428	549	19.43	19.31	2572	1398	0.28
28	50.21	49.92	1419	561	19.83	19.71	2506	1421	0.26
29	50.93	50.66	1359	573	20.23	20.12	2443	1441	0.28
30	51.70	51.45	1268	583	20.64	20.54	2382	1461	0.30

### CALCOLO DELLE $V_{Sequ}$

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{Sequ}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m. di profondità.

Per **velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio** si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ . Per H si intende la 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 depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s, eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, stabilito che il substrato sismico si trova alla profondità di - 8 metri dal p.c. attuale, in basso si riporta la tabella con la definizione delle categorie di suolo ai sensi del D.M. 17-01-2018, in funzione della quota a cui si intesta il piano delle fondazioni dell’opera in progetto.

Prof. fondazione da p.c. attuale (m.)	$V_s$ equivalente (m/s)	Categoria di suolo (D.M. 17-01-2018)
0	$V_{s8} = 244$	Categoria E
-1	$V_{s7} = 318$	Categoria E
-2	$V_{s6} = 392$	Categoria B
-3	$V_{s5} = 462$	Categoria B
-4	$V_{s4} = 513$	Categoria B
-5	$V_{s3} = 543$	Categoria B
-6	-	Categoria A
-7	-	Categoria A
-8	-	Categoria A

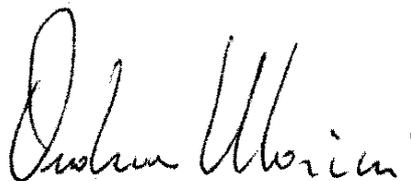
Tabella : Categorie di suolo di fondazione (D.M. 17-01-2018)

CATEGORIA	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Il Tecnico:

**Geoecho – Indagini geofisiche**

Dr. Andrea Marini



## Documentazione Fotografica



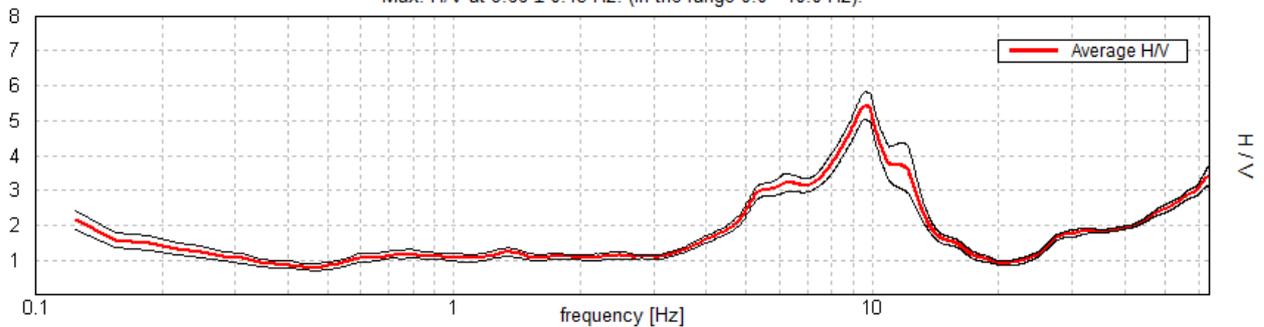
**REPORT MISURA HVSR - LOC. SIECI, PONTASSIEVE – MARCHESE FRESCOBALDI SPA**

Strumento: TZ3-0001/01-13  
 Formato dati: 32 bit  
 Fondo scala [mV]: 51  
 Inizio registrazione: 02/08/2022 07:08:18 Fine registrazione: 02/08/2022 07:38:18  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS non disponibile

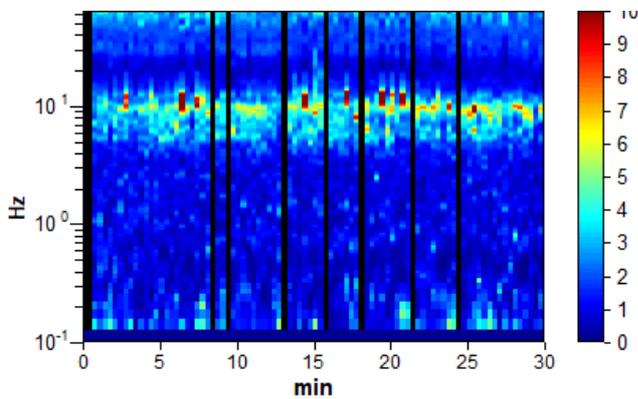
Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

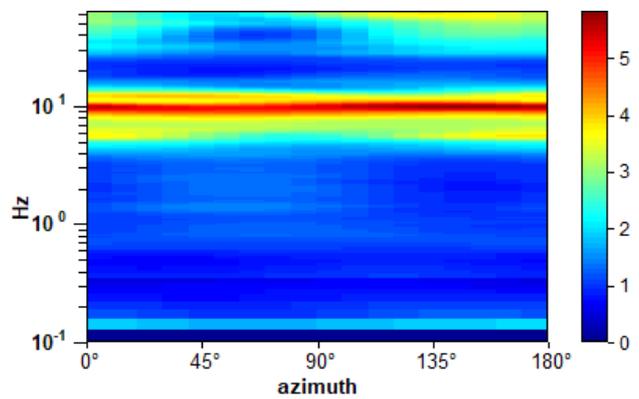
Max. H/V at 9.66 ± 0.43 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz)



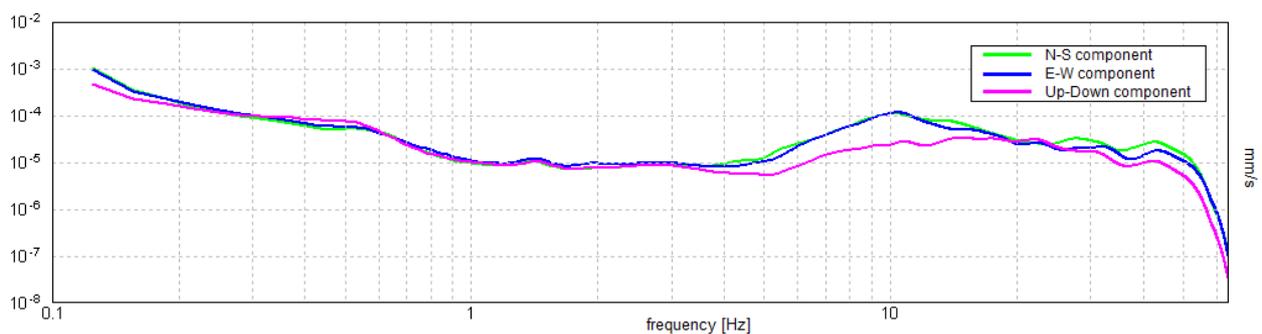
**SERIE TEMPORALE H/V**



**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  $9.66 \pm 0.43$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 40.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.66 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$15643.1 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 464	<b>OK</b>	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.156 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	12.938 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$5.42 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04424  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.42724 < 0.48281$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3934 < 1.58$	<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

## Documentazione fotografica



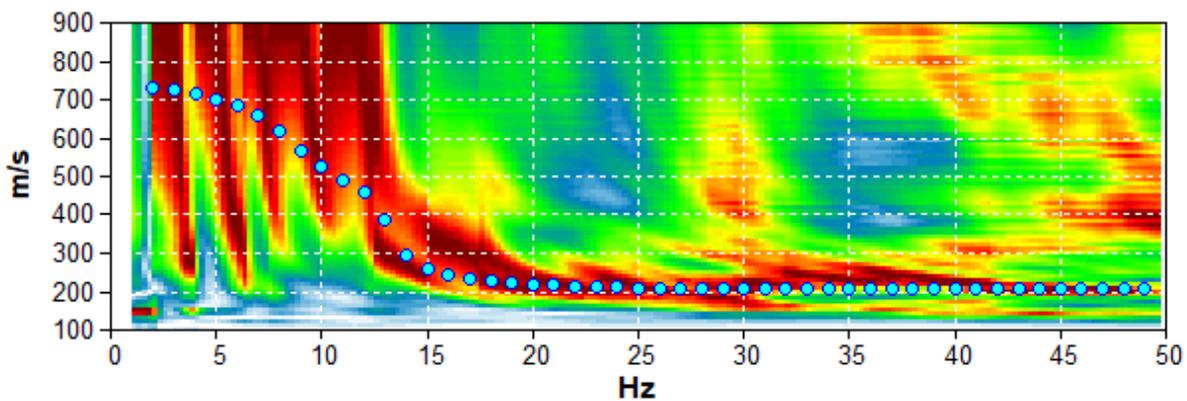
## CASTELLARE FRESCOBALDI, [Z] ARRAY 001

Start recording: 07/11/2020 14:40:34 End recording: 07/11/2020 14:48:04  
 Trace length: 0h00'02". Analyzed 92% trace (automatic window selection)  
 Sampling rate: 1024 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9  
 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 m.

### MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.50	7.50	220	0.35
inf.	inf.	800	0.35

Vs\_eq(0.0-30.0)= nn

