

COMUNE DI SANTACROCE SULL'ARNO (PI)

**VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO  
PER IL COMPLETAMENTO DEL RACCORDO FRA LA  
ZONA INDUSTRIALE VIA DI PELLE E LA BRETELLA  
DEL CUIOIO – REALIZZAZIONE TRATTA FRA VIA S.  
ANDREA E VIA DON PUGLISI**

**RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**

**(D.P.G.R. 30 GENNAIO 2020 N. 5/R)**

PROPRIETÀ:	COMUNE DI S. CROCE SULL'ARNO (PI)
GEOLOGO:	DR. GEOL. ERALDO SANTARNECCHI
DATA:	NOVEMBRE 2023

IL GEOLOGO



Dr. Geol. Eraldo Santarnecki

*iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione  
Toscana con numero di riferimento 240*

**Dr. ERALDO SANTARNECCHI - Geologo**

Via Armando Diaz, 171 - 56024 PONTE A EGOLA (PI)

Tel: 0571/485277 cell: 348-3884941 e-mail: info@studiolithos.net

pec: e.santarnecki@pec.geologitoscana.net

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO .....</b>	<b>3</b>
2.1	Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico .....	3
<b>3</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE. ....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>RISCHIO SISMICO .....</b>	<b>6</b>
4.1	Categorie del suolo di fondazione .....	8
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA, STRATIGRAFIA E GEOTECNICA PRELIMINARE DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).16</b>	
6.1	Carta della Pericolosità Geologica .....	16
6.2	Carta della Pericolosità da alluvione .....	16
6.3	Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale .....	17
<b>7</b>	<b>DEFINIZIONE DELLA FATTIBILITÀ' (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).....</b>	<b>18</b>

## **1 PREMESSA**

La presente relazione di Fattibilità Geologica è stata redatta a supporto della variante al Regolamento urbanistico per il completamento del raccordo fra la zona industriale di via di Pelle e la Bretella del cuoio, nel comune di Santa Croce sull'Arno (PI) (vedi corografia in figura 1 allegata).

Il piano prevede il completamento della viabilità di collegamento la via S. Andrea e la via Don Puglisi con la riorganizzazione dell'incrocio fra via Puglisi e la via S. Tommaso mediante la realizzazione di una rotonda; per tutti i dettagli si rimanda alla visione degli elaborati progettuali.

In questo studio, dopo un inquadramento di carattere geomorfologico ed idraulico dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno, viene illustrata la ricostruzione geostratigrafica resa possibile attraverso una serie di indagini geognostiche eseguite nell'intorno della zona, precisamente:

- n° 3 prove di carico su piastra sul terreno, realizzate previo scotico di 40 cm;
- prelievo di n. 3 campioni di terreno tramite saggi con escavatore meccanico realizzati in corrispondenza delle piazzole delle prove su piastra, sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio. Nello specifico, sui campioni prelevati sono state determinate le caratteristiche fisiche, eseguite analisi granulometriche con sedimentazione e determinati i Limiti di Atterberg; sono state eseguite, inoltre, n. 2 prove di taglio consolidato-drenato ed eseguite n. 2 prove Proctor e CBR;
- n. 3 prove penetrometriche statiche;
- n°1 indagine sismica masw;

- n°1 misurazione della frequenza fondamentale di vibrazione del terreno (indagine già contenuta nei dati geognostici di supporto al R.U. vigente).

L'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite viene riportata nella Carta dei dati di base del sito oggetto di Variante Urbanistica riportata in figura 8 allegata.

Si riporta inoltre l'inquadramento dell'area di intervento in termini di Pericolosità e Fattibilità secondo gli strumenti urbanistici attualmente in vigore (elaborati di supporto al R.U. Comunale vigente) e l'inquadramento dell'area in termini di Pericolosità secondo il nuovo DPGR 5/R-2020, fornendo indicazioni tecniche a supporto della progettazione esecutiva.

## 2 INQUADRAMENTO

### 2.1 Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico

L'area di indagine si estende nel settore occidentale della zona industriale di Santa Croce in una zona pianeggiante (vedi corografia di figura 1 allegata), ad una quota media circa compresa tra 14.4 m e 14.7 m s.l.m..

Per quanto riguarda la stabilità, nell'immediato intorno dell'area di imposta della strada, trattandosi di un'area pianeggiante, non si rilevano situazioni di particolare pericolosità che possano influenzare, o essere influenzate, dall'intervento in progetto.

Dal punto di vista strettamente geologico, nell'area di indagine affiorano prevalentemente i **depositi alluvionali recenti** di composizione silico – clastica legati alle esondazioni del Fiume Arno e dei suoi affluenti e cartografati, nello stralcio di carta di figura 2 allegata, con la sigla **ALRi**. Tali depositi sono costituiti da prevalenti argille limose con un'alternanza di limi sabbiosi con la sporadica presenza di livelli sabbiosi.

La stratigrafia di dettaglio è stata ricostruita attraverso i risultati delle n. 3 prove penetrometriche statiche realizzate lungo il tracciato stradale, spinte sino alla profondità di -7.6 m dal p.c..

Come emerso dalla loro elaborazione (vedi elaborati delle prove penetrometriche negli allegati), i terreni sono di natura prevalentemente coesiva di tipo argilloso-limoso mediamente compatti.

Per quanto riguarda l'idrogeologia, in corrispondenza dei livelli argilloso-limosi meno compatti o dei livelli sabbiosi che si possono trovare intercalati ai terreni di natura prevalentemente coesiva, si origina un livello di falda superficiale; durante la realizzazione delle prove penetrometriche (5 Maggio 2021) non è emersa presenza di acqua all'interno dei fori, visto il periodo di magra in cui sono state eseguite.

Come rilevato dall'analisi della carta idrogeologica di supporto al P.S. Comunale, l'area in esame risulta compresa tra la isofreatica di +15.0 m e di +14.0 m slm.; si evince, pertanto, la presenza di un livello piezometrico che può risalire a quote prossime al p.c.

### **3 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE.**

Gli elaborati di supporto al Regolamento Urbanistico Comunale vigente inseriscono l'area in esame nelle seguenti classi di Pericolosità:

- **Pericolosità Geomorfologica bassa G1** comprendente aree stabili (vedi stralcio cartografico in figura 3 allegata).
- **Classe di Pericolosità Idraulica elevata I3** (vedi stralcio cartografico in figura 4

allegata). Questa zona può essere interessata da esondazioni con tempo di ritorno compreso fra 30 e 200 anni: la carta dei battenti contenuta nel R.U. comunale vigente (vedi stralcio in fig.5 allegata) identifica per la zona in esame un tirante idrico di altezza pari a 16.8 s.l.m.

- **Classe di Pericolosità Sismica elevata – S3** (vedi stralcio cartografico in figura 6 allegata), comprendente zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dal luogo a cedimenti diffusi, dovuta alla presenza di depositi alluvionali e di depositi del ciclo stratigrafico plio-pleistocenico, con possibili effetti di amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica.

In seguito alla consultazione della più recente cartografia contenuta nel **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni** nel Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, è stato possibile constatare che l'area in esame ricade all'interno delle zone classificate come **P2 – alluvioni poco frequenti** (vedi fig.7): zone soggette ad esondazione per tempo di ritorno compreso fra 30 e 200 anni. Pertanto ogni intervento previsto nell'area oggetto di Variante è soggetto al rispetto delle prescrizioni contenute nella L.R. n°41/2018, nello specifico, secondo quanto indicato all' art. 13 comma 2: *"Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali"*.

#### **4 RISCHIO SISMICO**

Il territorio del Comune di Santa Croce sull'Arno, classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982, in seguito all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 e successivamente con Deliberazione GRT n. 878 del 8 Ottobre 2012 della Regione Toscana, viene inserito nella zona sismica 3 alla quale corrisponde un'accelerazione di picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, di 0.15 ag/g.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e successive NTC 2018, invece, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi "stati limite" presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di intervento, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in un detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. In base a quanto riportato nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR, legato alla "vita nominale" dell'edificio in progetto VN ( $VR = VN \times Cu$  dove Cu è il coefficiente d'uso legato alla categoria dell'edificio), e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con un livello di precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti:

- a) in corrispondenza dei punti di un reticolo ("reticolo di riferimento") i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo  $\leq 0,05^\circ$ ;

- b) per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadendo in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;
- c) in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico sul sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PVR.

**$a_g$**  = accelerazione massima al sito;

**$F_o$**  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

**$T_{C^*}$**  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il valore di  $a_g$  viene desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dall' INGV, mentre  $F_o$  e  $T_{C^*}$  vengono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e della morfologia di superficie (con la determinazione della categoria di sottosuolo specifica del sito e dei coefficienti di amplificazione topografica ST e stratigrafica Ss).



#### 4.1 Categorie del suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC (vedi tabella 1) , si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove ovvero, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propaga-zione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{I=1, N} h_i / V_{s_i}}$$

In cui  $H$  è 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, ottenendo pertanto la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i / V_i}$$

$$I=1,N$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $< 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori; NSPT,  $c_u$  e  $V_s$  sono i valori rappresentativi degli strati considerati.

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

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

Tabella 1

Nel caso specifico per l'individuazione della categoria di suolo e quindi per l'individuazione del parametro  $V_{s30}$  è stata utilizzata una indagine sismica di tipo masw eseguita immediatamente ad Ovest dell'area oggetto di Variante (vedi ubicazione in Fig.8 allegata). In questa prospezione geofisica è stato ottenuto un modello sismostratigrafico compatibile con la **categoria di suolo C**. Per tutti i dettagli dell'indagine sismica si rimanda alla visione degli specifici elaborati contenuti negli allegati alla presente relazione.

## **5 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA, STRATIGRAFIA E GEOTECNICA PRELIMINARE DEL SOTTOSUOLO**

Come già accennato in premessa, la caratterizzazione specifica dei terreni presenti nell'area oggetto di variante al R.U. è stata ottenuta da alcune indagini geognostiche già eseguite lungo la tratta di collegamento fra via S. Andrea e via Puglisi in occasione di una precedente progettazione. L'ubicazione di tali indagini, come ben risulta dalla planimetria di fig.8 allegata, è assai vicina all'area oggetto della presente variante, per cui si può ragionevolmente sostenere che i dati ottenuti siano validi e quindi utilizzabili anche per questo nuovo progetto.

Entrando nel dettaglio, sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche statiche (vedi ubicazione in figura 8 allegata) spinte sino alla profondità di -7.60 m dal p.c..

Nelle tabelle seguenti si descrivono gli orizzonti litologici, con i relativi parametri geotecnici "medi" lungo le tre verticali di prova; tali parametri geotecnici possono essere considerati valori **caratteristici  $V_k$** , in quanto il volume di terreno che potrà essere interessato da possibili superfici di rottura

è grande e, di conseguenza, saranno compensate possibili eterogeneità dello stesso.

### **Prova penetrometrica statica CPT 1**

<b>ST RATO</b>	<b>PROFONDITÀ (m)</b>	<b>LITOLOGIA</b>	$\gamma$ (t/ m <sup>3</sup> )	<b>CU</b> (Kg/cm q)	<b>M<sub>o</sub></b> (Kg/cm q)
1	p.c. – 0.60	Terreno rimaneggiato/riporto	-	-	-
2	0.60 – 1.40	Limo sabbioso- argilloso mediamente compatto	1. 85	0.64	48
3	1.40 – 5.00	Argilla limosa compatta	1. 85	0.9	75
4	5.00 – 7.60	Argilla limosa mediamente compatta	1. 85	0.85	67

Tabella 4 – Parametri geotecnici lungo la verticale di prova CPT 1.  $\gamma$  - peso di volume  
Cu: coesione non drenata; Mo – Modulo edometrico.

### **Prova penetrometrica statica CPT 2**

<b>ST RATO</b>	<b>PROFONDITÀ (m)</b>	<b>LITOLOGIA</b>	$\gamma$ (t/ m <sup>3</sup> )	<b>CU</b> (Kg/cm q)	<b>M<sub>o</sub></b> (Kg/cm q)
1	p.c. – 0.60	Terreno rimaneggiato/riporto	-	-	-
2	0.60 – 1.40	Limo sabbioso- argilloso mediamente compatto	1. 85	0.72	54
3	1.40 – 5.60	Argilla limosa compatta	1. 85	0.9	73
4	5.60 – 7.60	Argilla limosa	1.	0.7	55

		mediamente compatta	85		
--	--	---------------------	----	--	--

*Tabella 5 – Parametri geotecnici lungo la verticale di prova CPT 2.  $\gamma$  - peso di volume  
Cu: coesione non drenata; Mo – Modulo edometrico.*

### **Prova penetrometrica statica CPT 3**

ST RATO	PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA	$\gamma$ (t/ m <sup>3</sup> )	CU (Kg/cm q)	Mo (Kg/cm q)
1	p.c. – 1.20	Terreno rimaneggiato/riporto	-	-	-
2	1.20 – 2.20	Limo sabbioso- argilloso mediamente compatto	1. 85	0.83	65
3	2.20 – 5.00	Argilla limosa compatta	1. 85	0.97	83
4	5.00 – 7.60	Argilla limosa mediamente compatta	1. 85	0.73	56

*Tabella 6 – Parametri geotecnici lungo la verticale di prova CPT 3.  $\gamma$  - peso di volume  
Cu: coesione non drenata; Mo – Modulo edometrico.*

Inoltre, in data 23 Marzo 2021 sono state eseguite n. 3 prove di carico su piastra per la definizione del Modulo di Deformazione Md secondo le NORMATIVE CNR UNI 10006 e AASHTO, al fine di verificare la portanza dei terreni di sottofondo (vedi loro ubicazione nell'estratto di figura 8 allegata).

Per la loro esecuzione è stata realizzata una piazzola per la collocazione del mezzo di contrasto. Le prove sono state realizzate previo scotico di circa 40 cm di terreno. Le prove PLT 1 e PLT 2 sono stata eseguite su terreno di riporto argilloso-limoso con laterizi frammentati, mentre la prova PLT 3 su terreno in posto.

Per la realizzazione delle stesse, è stata utilizzata una Piastra di Portanza S 223 Segea da 100 kN (Riferimenti normativi ASTM DI 194, DI 195, DI 196 – BS 13779 – CNR N°92, N° 146 – UNE 7391 – DIN 18134).

Il valore del Modulo di Deformazione edometrica  $M_d$  è stato calcolato nell'intervallo di carico compreso tra 0.15 e 0.25 N/mm<sup>2</sup>. Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti (vedi certificati delle prove PLT allegati).

PLT	$M_d$ (KG/CMQ)
PLT 1	142
PLT 2	76
PLT 3	74

*Tabella 7 – Risultati prove di carico su piastra PLT.*

Tali valori risultano inferiori al valore minimo di 150 Kg/cm<sup>2</sup> ritenuto accettabile per lo strato di sottofondo testato.

Come già anticipato, in corrispondenza delle piazzole delle prove su piastra sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno tramite saggi con escavatore meccanico sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio. Sui campioni sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio:

1. Caratteristiche fisiche
2. Analisi granulometrica con sedimentazione
3. Classificazione CNR-UNI 10006/00
4. Determinazione dei Limiti di Atterberg
5. Prova di taglio diretto consolidato drenato per la determinazione della coesione efficace  $c$  e dell'angolo di attrito  $\phi$
6. Prova Proctor + CBR eseguite su materiale con l'aggiunta del 3% di calce

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

### **Campione C1**

Umidità naturale  $W$ : 18.6%

Peso di volume  $\gamma$ : 1.98 t/mc

Peso di volume secco  $\gamma_d$ : 1.68 t/mc

Peso di volume saturo  $\gamma_{sat}$ : 2.06 t/mc

Analisi granulometrica: limo sabbioso debolmente argilloso

A6 IG = 8 (argille poco compressibili)

Limite di liquidità  $L_L$ : 29.4%

Limite di plasticità  $L_p$ : 18.5 %

Indice di plasticità  $I_p$ : 10.9 %

Indice di consistenza  $I_C$ : 0.99

Coesione drenata  $c'$ : 0.18 Kg/cmq

Angolo di attrito  $\phi$ : 24.7°

### **Campione C2**

Umidità naturale  $W$ : 19.4 %

Analisi granulometrica: limo sabbioso debolmente argilloso

A6 IG = 8 (argille poco compressibili)

Limite di liquidità  $L_L$ : 29.1 %

Limite di plasticità  $L_p$ : 18.7 %

Indice di plasticità  $I_p$ : 10.4 %

Indice di consistenza  $I_C$ : 0.93

Prova PROCTOR eseguita su materiale dei campioni C1 e C2 con aggiunta del 3% di calce:

Tenore in acqua ottimo (optimum di umidità  $W$ ): 13.3 %

Peso di volume secco massimo (optimum di  $gd$ ): 1.85 t/mc

Prova CBR con aggiunta del 3% di calce:

Indice CBR: 118 %

### **Campione C3**

Umidità naturale W: 20.7%

Peso di volume g: 1.98 t/mc

Peso di volume secco gd: 1.65 t/mc

Peso di volume saturo gsat: 2.03 t/mc

Analisi granulometrica: limo con argilla debolmente sabbioso

A4 IG = 8 (limi poco compressibili)

Limite di liquidità LL: 33.6 %

Limite di plasticità Lp: 24.2 %

Indice di plasticità IP: 9.4 %

Indice di consistenza IC: 1.37

Coesione drenata c': 0.23 Kg/cmq

Angolo di attrito f: 27.3°

Prova PROCTOR con aggiunta del 3% di calce:

Tenore in acqua ottimo (optimum di umidità W): 13.2 %

Peso di volume secco massimo (optimum di gd): 1.85 t/mc

Prova CBR con aggiunta del 3% di calce:

Indice CBR: 103 %

Alla luce dei risultati di laboratorio, i terreni analizzati risultano idonei al trattamento a calce; considerando una percentuale di calce del 3%, si raggiungono risultati ottimali nel miglioramento del comportamento geotecnico.



## **6 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).**

Come previsto dall'allegato A punto C (Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche) del DPGR 5/R-2020, sono state prodotte una serie di cartografie, in scala di dettaglio, che illustrano la pericolosità dell'area in esame secondo i criteri dettati dal DPGR stesso. In particolare, è stata caratterizzata l'area interessata dagli interventi previsti dalla variante urbanistica in termini di pericolosità geologica, pericolosità da alluvione e pericolosità sismica locale. Nei paragrafi seguenti vengono indicati i criteri utilizzati per la redazione delle cartografie prodotte, visibili nella figura 9 allegata.

### **6.1 Carta della Pericolosità Geologica**

La carta della Pericolosità Geologica è stata redatta facendo riferimento alle classi di pericolosità geologica indicate in allegato A, punto C1 del D.P.G.R. 5/R-2020.

La pericolosità indicata, per l'area in esame, è stata valutata sulla base di sopralluoghi in sito, della campagna geognostica eseguita e tenendo conto delle classi di pericolosità indicate dal R.U. Comunale.

All'area in oggetto è stata assegnata una classe di **Pericolosità Geologica bassa (classe G.1)** comprendente le aree sostanzialmente stabili.

### **6.2 Carta della Pericolosità da alluvione**

Per la determinazione delle effettive condizioni di pericolosità idraulica del sito si fa riferimento alla classificazione riportata nel P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino, oltre che alle

valutazioni di carattere idraulico contenute nel R.U. vigente, attribuendo una classe di **pericolosità da alluvioni P2 - alluvioni poco frequenti**.

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

L'area in esame è stata distinta in base alle caratteristiche di Pericolosità Sismica Locale tenendo conto delle classi indicate dal D.P.G.R. 5R/2020 di cui al punto C.3.

L'indagine di sismica passiva a stazione singola eseguita nell'area in esame (vedi elaborati negli allegati) ha individuato un picco di frequenza  $F_0 = 1,47$  Hz: con questo valore, insieme ai dati geologici disponibili per la zona (fra cui anche alcuni sondaggi molto profondi contenuti nelle banche dati disponibili online) si può ipotizzare un modello sismostratigrafico caratterizzato dalla presenza di sedimenti alluvionali con  $V_s$  circa compresa fra 200 e 500 m/sec, individuando un probabile substrato sismico ad una profondità decisamente superiore a 100 m (circa 300 - 400 m), probabilmente in corrispondenza di depositi compatti con  $V_s > 800$  m/sec, mentre il substrato litoide si troverebbe ad oltre 1 km di profondità, stando a quanto risulta da alcune prospezioni svolte non lontano dal sito per ricerca idrocarburi.

Sulla base di quanto fin qui esposto e che in loco sono in prevalenza presenti sedimenti di composizione limosa, all'area di indagine è stata attribuita una **classe di Pericolosità Sismica Locale elevata S3** comprendente zone stabili ma potenzialmente suscettibili di amplificazioni locali della sollecitazione sismica per fenomeni di liquefazione.

Le indagini geofisiche riportate in questa fase di fattibilità potranno essere utilizzate nella fase successiva di realizzazione dell'intervento diretto.

## **7 DEFINIZIONE DELLA FATTIBILITA' (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).**

Per la definizione della fattibilità degli interventi, considerando la tipologia delle opere in progetto (nuova viabilità) e la classi di pericolosità su indicate si forniscono di seguito le valutazioni sulla fattibilità:

### **Fattibilità Geologica I – senza particolari limitazioni**

Non si prevedono particolari limitazioni sotto l'aspetto geomorfologico – geotecnico per l'intervento in progetto.

### **Fattibilità Idraulica III – condizionata**

La progettazione esecutiva dovrà tenere conto delle condizioni di pericolosità idraulica del sito (pericolosità da alluvioni P2), rispettando tutte le prescrizioni impartite nella L.R. n.41/2018, in particolare quanto riportato nell'art. 13 comma 2: *"Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali"*.

### **Fattibilità Sismica III – condizionata**

La modellazione sismica del sito per la progettazione esecutiva dovrà essere basata su indagini sismiche previste dal D.P.G.R. 1/R/2022 in funzione della classe d'indagine e della

destinazione d'uso dell'opera in progetto, ponendo particolare attenzione alla verifica della suscettibilità alla liquefazione.

## CONCLUSIONI

La presente relazione di Fattibilità geologica è stata redatta a supporto della variante al Regolamento urbanistico per il completamento del raccordo fra la zona industriale di via di Pelle e la Bretella del cuoio, nel comune di Santa Croce sull'Arno (PI) (vedi corografia in figura 1 allegata).

Si è proceduto ad un inquadramento dell'area oggetto di intervento in termini di Pericolosità Geologica, pericolosità da alluvioni e Pericolosità Sismica Locale sulla base di quanto dettato dal D.P.G.R. 5/R-2020 (Regolamento di attuazione dell'art. 104 della Legge Regionale 10 Novembre 2014 n. 65 contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche).

All'area in esame sono state attribuite le seguenti classi di Pericolosità:

Classe di Pericolosità Geologica: G.1 bassa

Classi di pericolosità da alluvioni: P2 alluvioni poco frequenti

Classe di Pericolosità Sismica Locale: S.3 elevata

Sono state inoltre indicate le condizioni di fattibilità delle opere in progetto in funzione delle pericolosità sopra riportate e delle vigenti disposizioni di Legge in materia, precisamente:

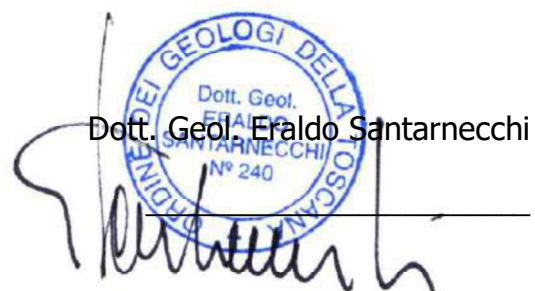
Fattibilità Geologica I – senza particolari limitazioni

Fattibilità Idraulica III – condizionata

Fattibilità Sismica III – condizionata

**Alle condizioni e nei limiti esposti nella relazione, gli interventi previsti dal presente Piano risultano fattibili dal punto di vista geologico – tecnico, sismico ed idrologico - idraulico.**

Ponte a Egola, novembre 2023

  
Dott. Geol. Eraldo Santarneckchi

## **ALLEGATI**

### **estratti cartografici:**

**Fig. 1** Corografia (scala 1:10.000).

**Fig. 2** Stralcio della carta geologica (scala 1:5.000). Tratto dal R.U. Comunale.

**Fig. 3** Stralcio Carta della Pericolosità Geologica. Tratto dal R.U. Comunale

**Fig. 4** Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica. Tratto dal R.U. Comunale.

**Fig. 5** Stralcio Carta dei battenti. Tratto dal R.U. Comunale.

**Fig. 6** Stralcio Carta della Pericolosità Sismica. Tratto dal R.U. Comunale.

**Fig. 7** Piano di gestione del Rischio Alluvioni dell’Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale

**Fig. 8** - Carta Litotecnica e dei dati di base dell’area d’intervento.

**Fig. 9** – Carta della Pericolosità ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:1000)

- Pericolosità Geologica dell’area d’intervento.
- Pericolosità da alluvioni dell’area d’intervento.
- Pericolosità Sismica Locale dell’area d’intervento.

### **Indagini geognostiche:**

certificati prove di carico su piastra PLT1, PLT2 e PLT3.

certificati analisi di laboratorio sui campioni prelevati in corrispondenza delle PLT

certificati prove penetrometriche CPT1, CPT2 e CPT3

Elaborati indagine sismica masw

Misura frequenza fondamentale di vibrazione del terreno SCRO 03 contenuta nei dati geofisici del R.U. comunale

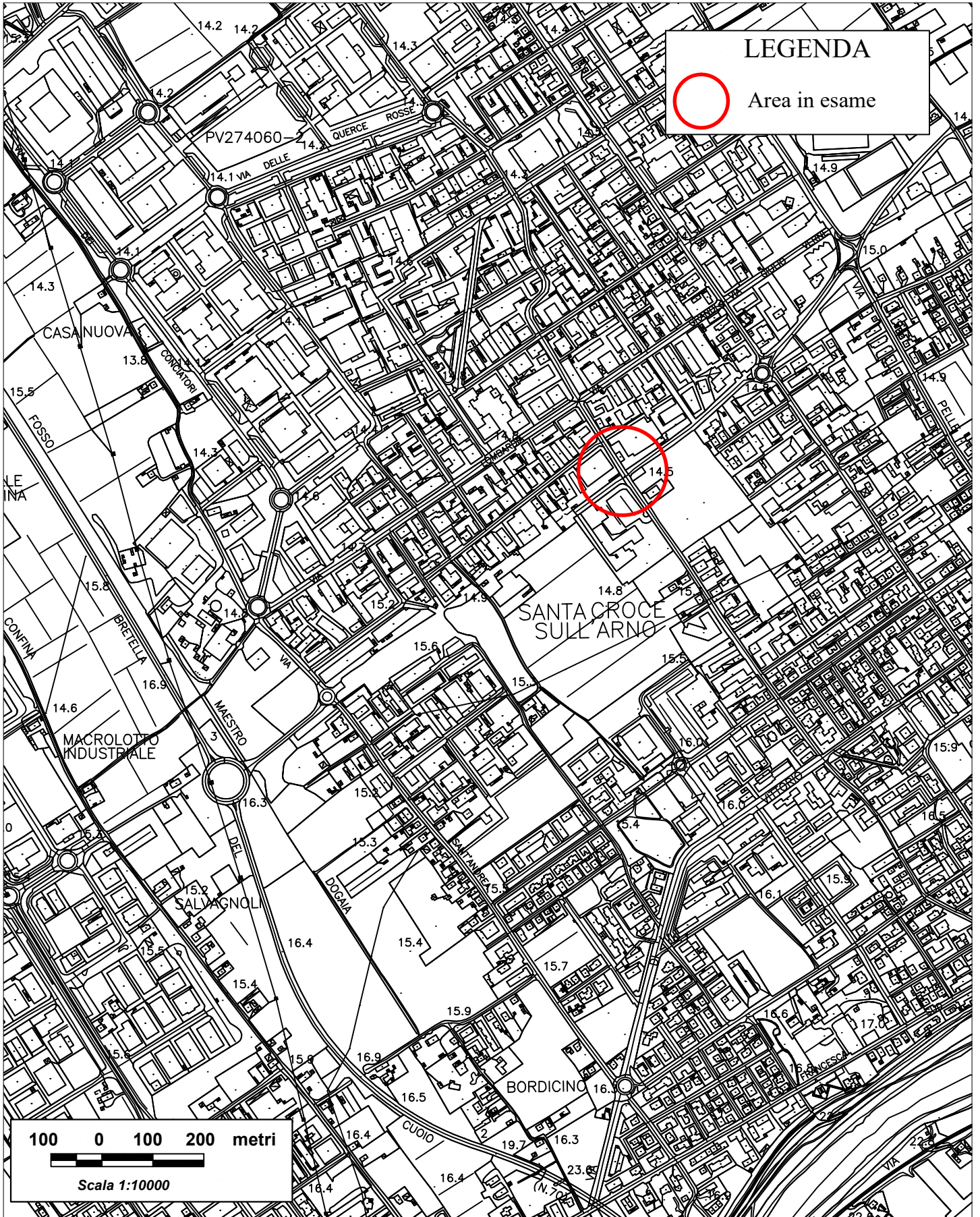
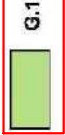






Figura 1 - Corografia



**LEGENDA**

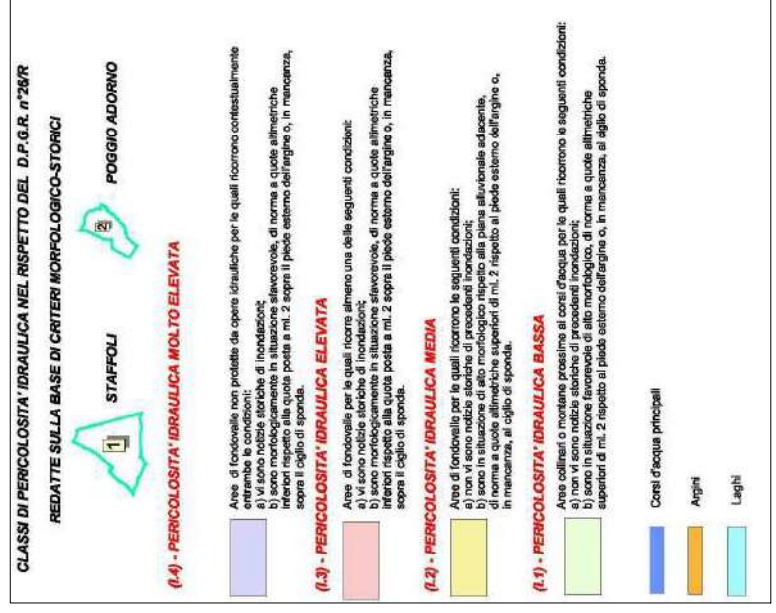
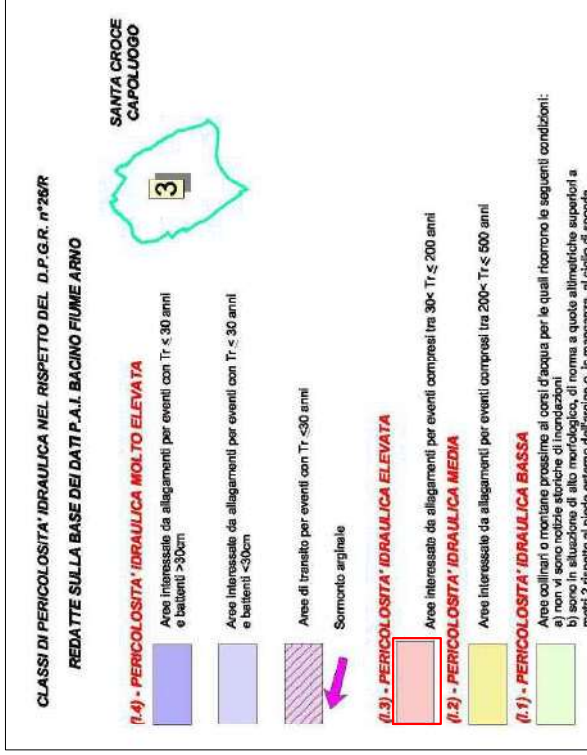
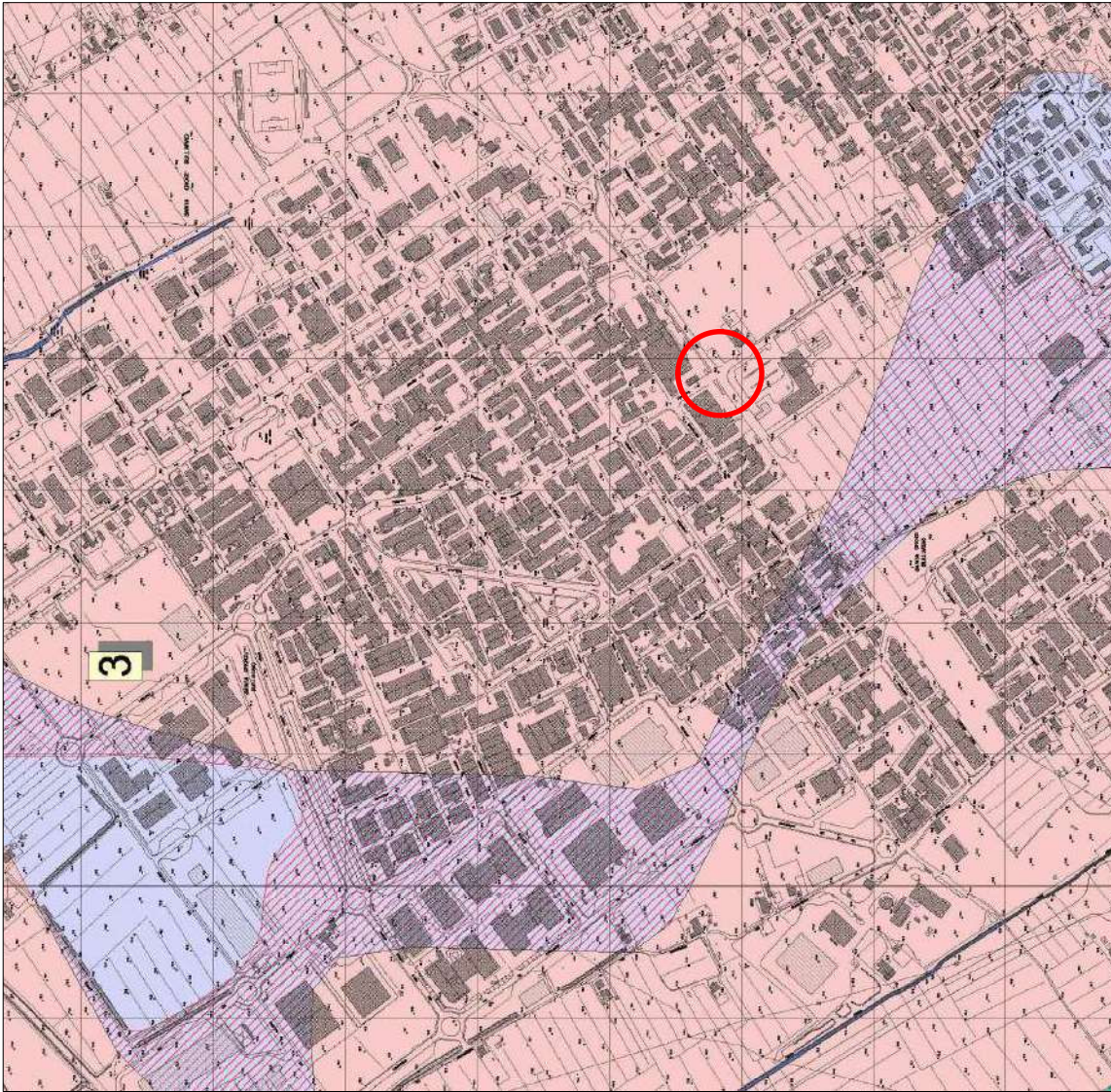
**AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA**  
(ai sensi del D.P.G.R. n.26/R del 27/04/07)

	<b>G.1 - Pericolosità geomorfologia bassa</b> [aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, glaciali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa]
	<b>G.2 - Pericolosità geomorfologia media</b> [aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e glaciali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto]
	<b>G.3 - Pericolosità geomorfologia elevata</b> [aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla glaciatura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di eroque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza]
	<b>G.4 - Pericolosità geomorfologia molto elevata</b> [aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza]

 Area in esame

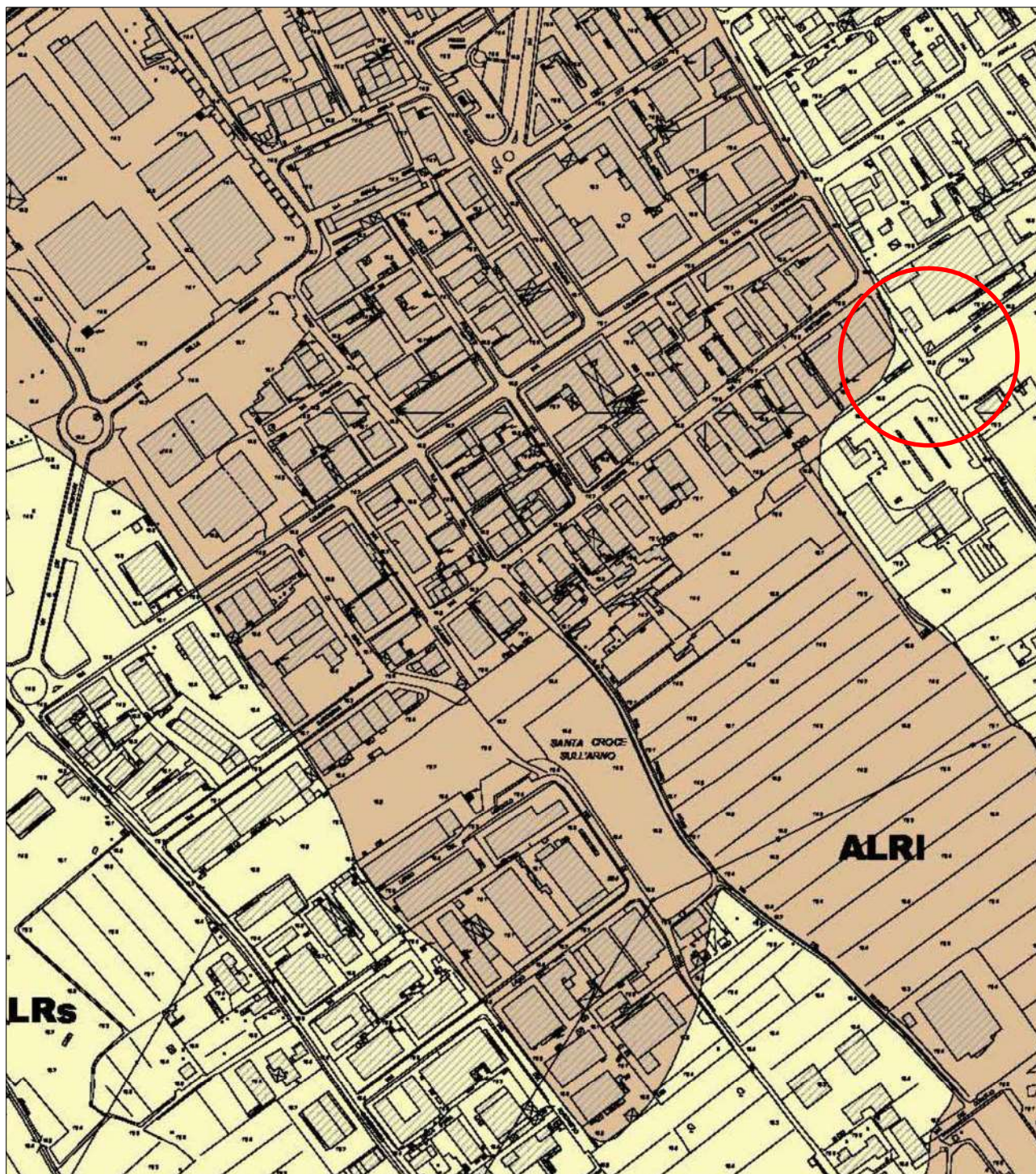
**FIGURA 3: Carta della Pericolosità Geologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante al P.S. Comunale (scala 1:5.000)**

















Area in esame

**FIGURA 4: Carta della Pericolosità Idraulica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante al P.S. Comunale (scala 1:10.000)**



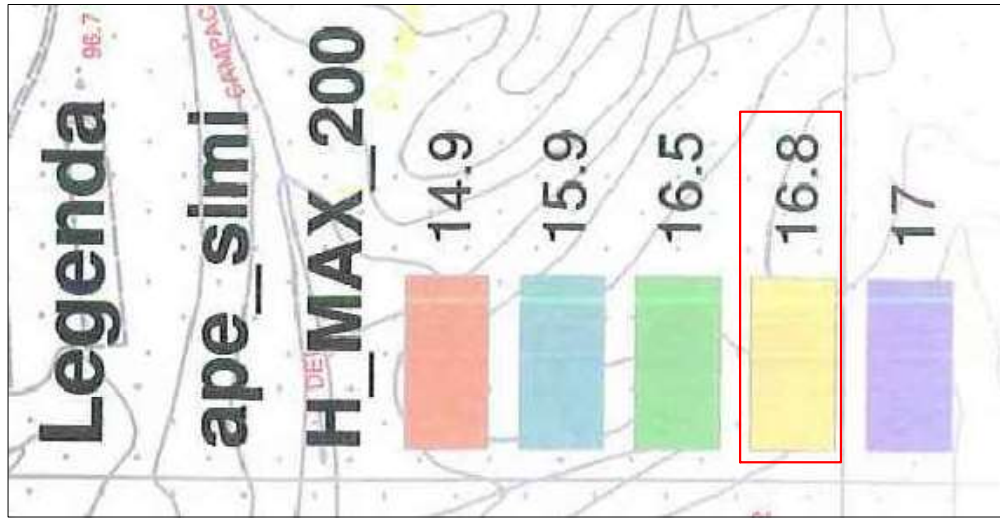
### LEGENDA

	R = Terreni di riporto
	AG = Sedimenti delle aree golenali (Olocene)
	P = Depositi alluvionali palustri e di colmata (Olocene)
	ALRs = Depositi alluvionali recenti prevalentemente limoso sabbiosi (Olocene)
	ALRI = Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso limosi (Olocene)
	ALAm = Depositi alluvionali antichi (Pleistocene superiore - Olocene)
	CPLsp = Formazione di Casa Poggio ai Lecci in spianata (Pleistocene medio)
	CPLsc = Formazione di Casa Poggio ai Lecci in scarpata (Pleistocene medio)
	SRMs = Formazione di Monte Serampoli - Sabbie e sabbie limose (Villafranchiano inferiore)
	SRMg = Formazione di Monte Serampoli - Ghieie e conglomerati (Villafranchiano inferiore)
	MST = Formazione di Massarella-Torre - Sabbie (Villafranchiano inferiore)
	Traccia di sezione stratigrafica

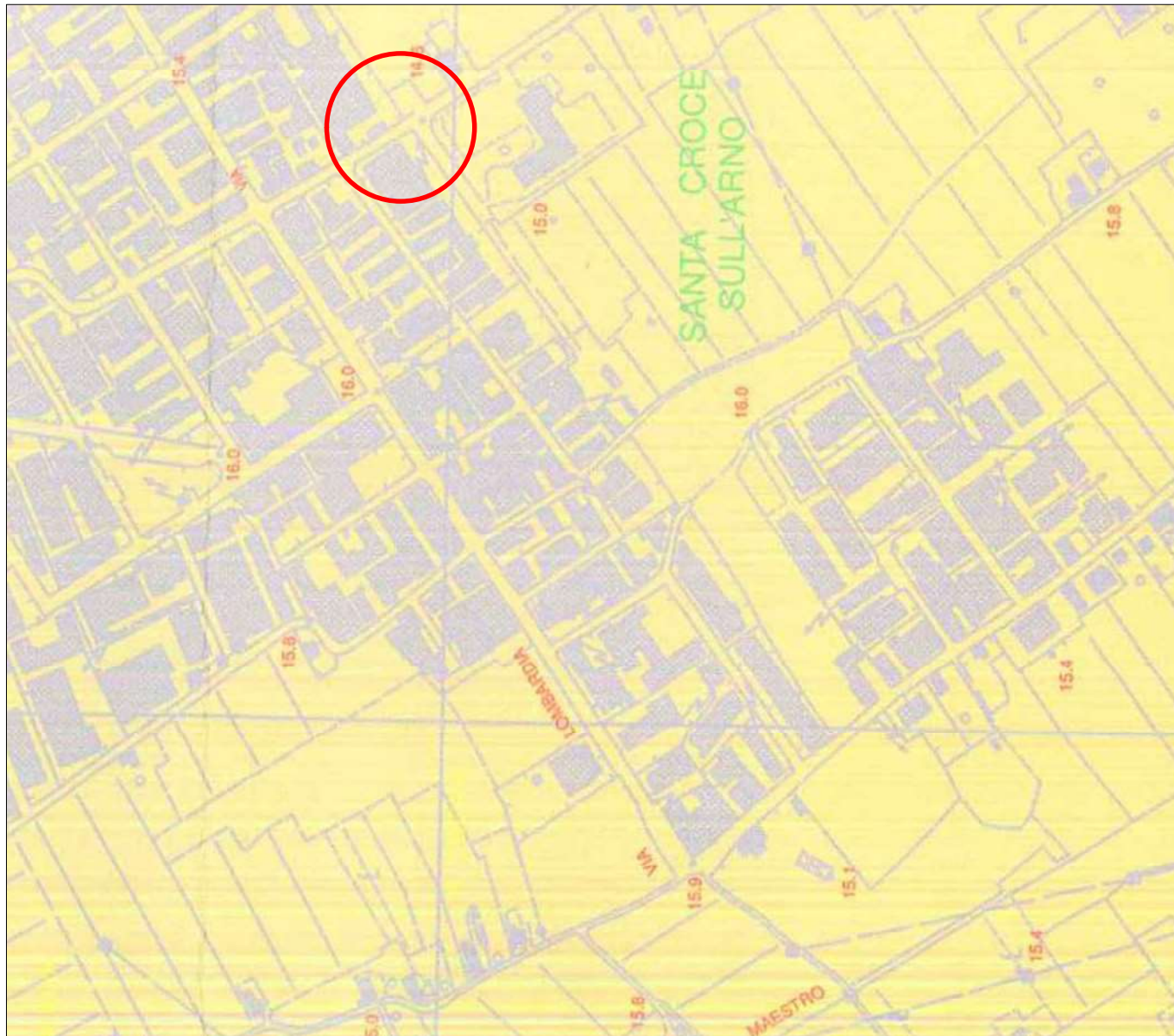


Area in esame

**FIGURA 2: Carta Geologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante al P.S. Comunale (scala 1:5.000)**



Area in esame



**FIGURA 5:** Carta dei Battenti con Tr 200 anni -  
 Tratta dalla Variante n. 10 al R.U. Comunale  
 (scala 1:5.000)

Zona sismica di riferimento: Delibera GRT. 431 del 19/06/2006 3S		GRADO DI PERICOLOSITÀ SISMICA
<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI</b>	
(1)	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	S4
(2A)	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	S3
(2B)	Zona potenzialmente franosa	S3
(4)	Zone con terreni particolarmente sciolti	S3
(6)	Zone di bordo della valle e di raccordo con il versante	S3
(9)	Zone con presenza di depositi alluvionali e di lapidei del tipo stratigrafico piro-pellico (complesso neosartoreo)	S3
(10)	Zone con presenza di coperture culturali	S3

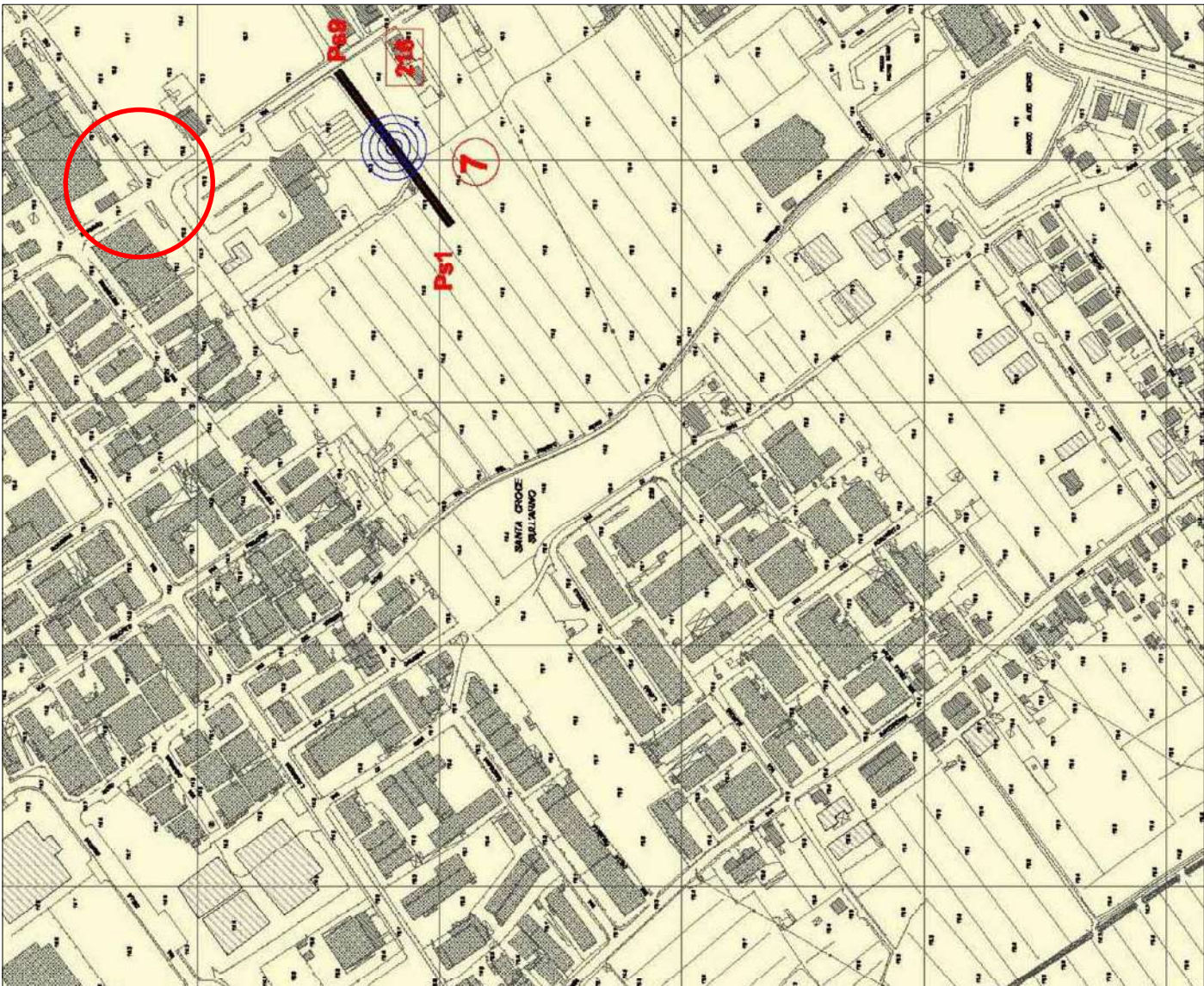
POSSIBILI EFFETTI	
(1)	ACCENTUAZIONE DEI FENOMENI DI INSTABILITÀ IN ATTO E POTENZIALI DOVUTI AD EFFETTI DINAMICI QUALI POSSONO VERIFICARSI IN OCCASIONE DI EVENTI SISMICI
(2)	CEDEMENTI DIFFUSI
(6)	AMPLIFICAZIONE SISMICA DOVUTA A MORFOLOGIE SEPOLTE
(9)	AMPLIFICAZIONE DIFFUSA DEL MOTO DEL SUOLO DOVUTA A FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

**Ps9** **Ps1**  
**8**

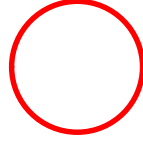
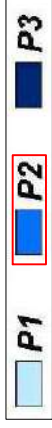
**235**  
 Prova Re.Mi. (Refraction Microtelemor) con indicazione del valore di V<sub>30</sub> (m/s)

Laghi  
 Corsi d'acqua principali

Area in esame



**FIGURA 6: Carta della Pericolosità Sismica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante al P.S. Comunale (scala 1:5.000)**



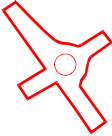





Area in esame

**FIGURA 7: Piano di Gestione del Rischio Alluvioni  
Autorità di Bacino Distretto App. Settentrionale**

# CARTA LITOTECNICA E DEI DATI DI BASE

scala 1:2000

**LEGENDA**

-  area oggetto di Variante Urbanistica
-  limi argillosi e sabbiosi
-  **PLT1** prove di carico su piastra
-  **CPT1** prova penetrometrica statica
-  **MASW** linea sismica masw per determinazione Vs30
-  **SCRO 03** misurazione frequenza fondamentale di vibrazione del terreno

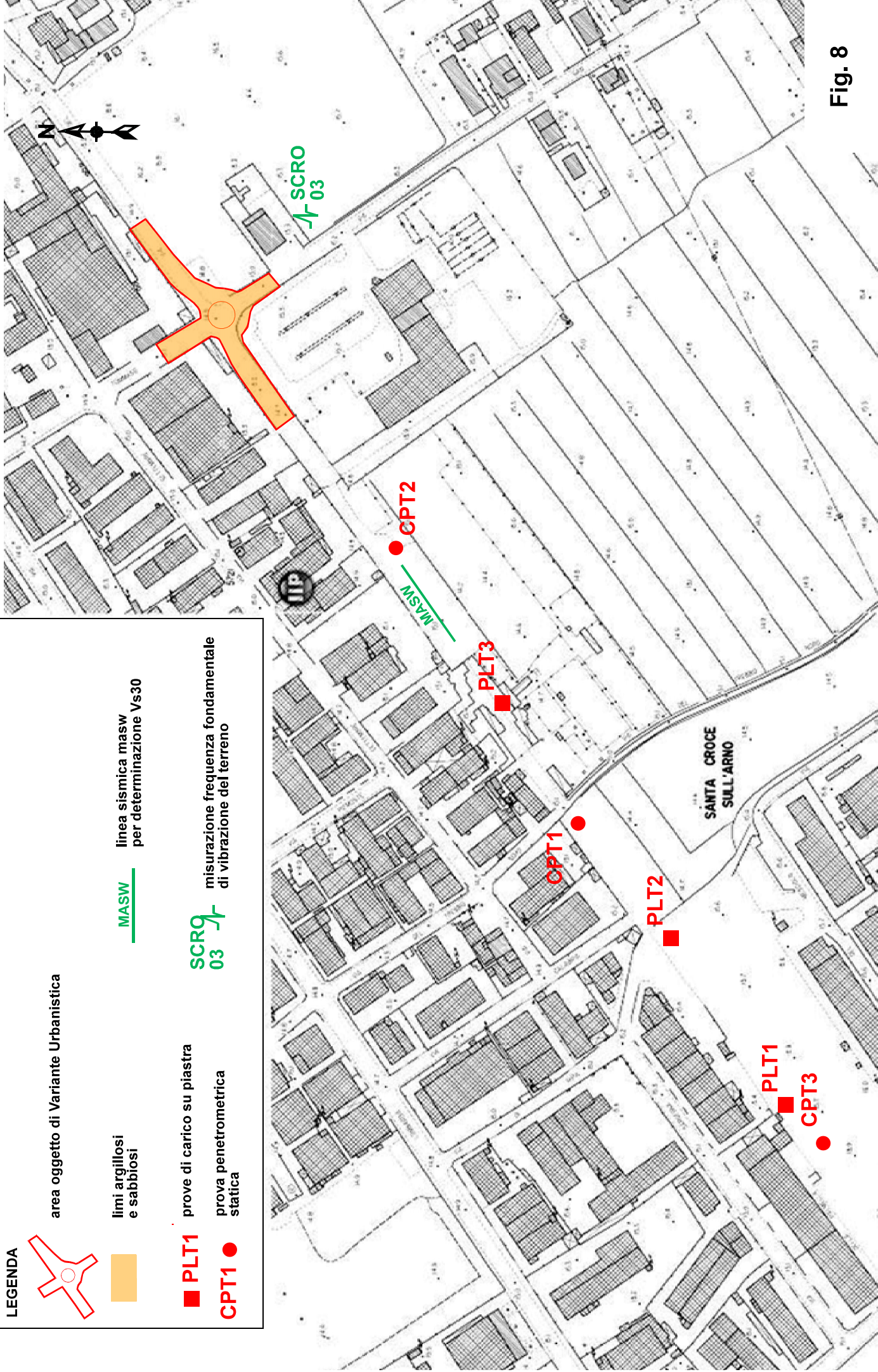
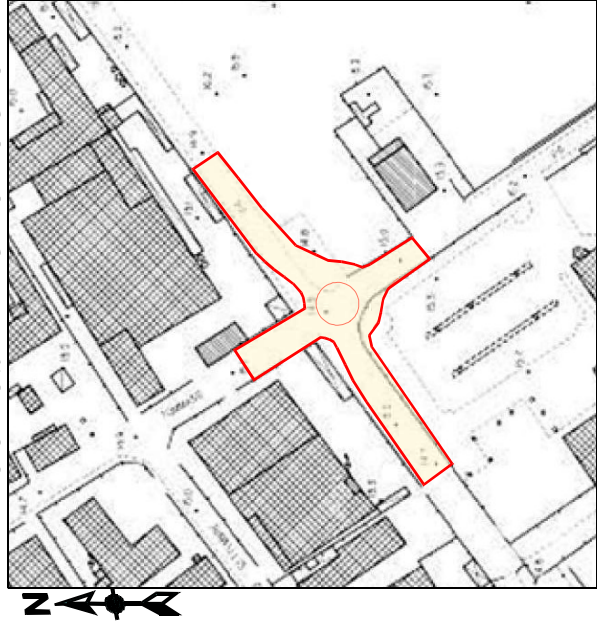


Fig. 8

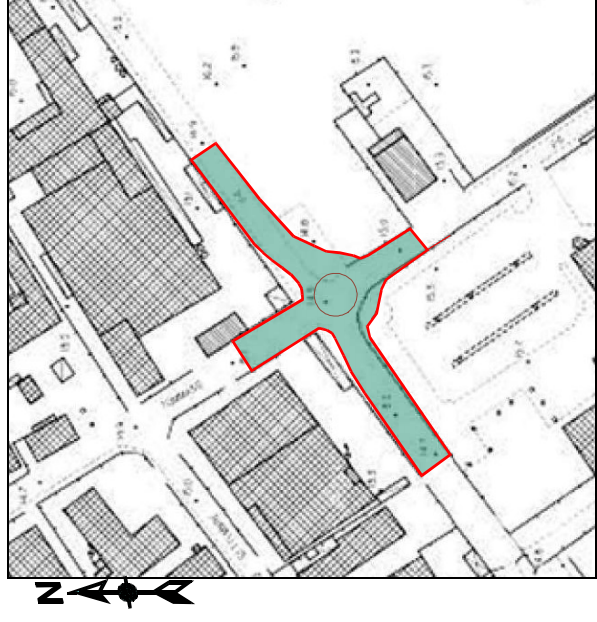
PERICOLOSITA' GEOLOGICA



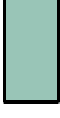
G1 - pericolosità geologica bassa



CARTA DELLE M.O.P.S.



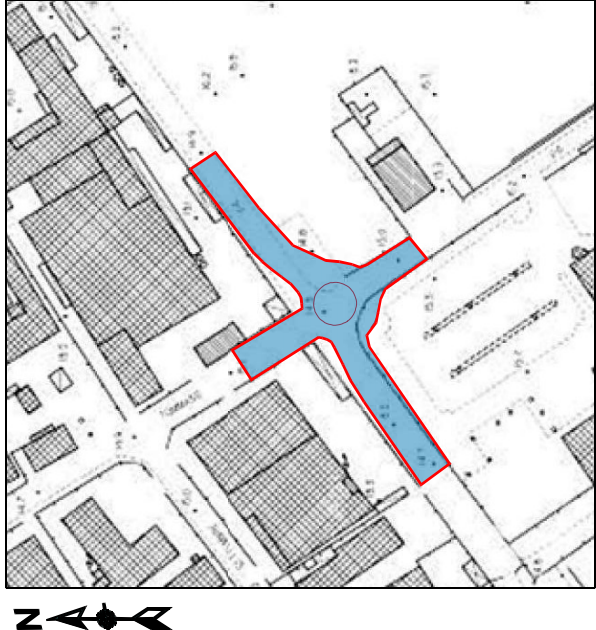
zone stabili ma suscettibili di  
amplificazioni sismiche locali



area oggetto  
di Variante Urbanistica



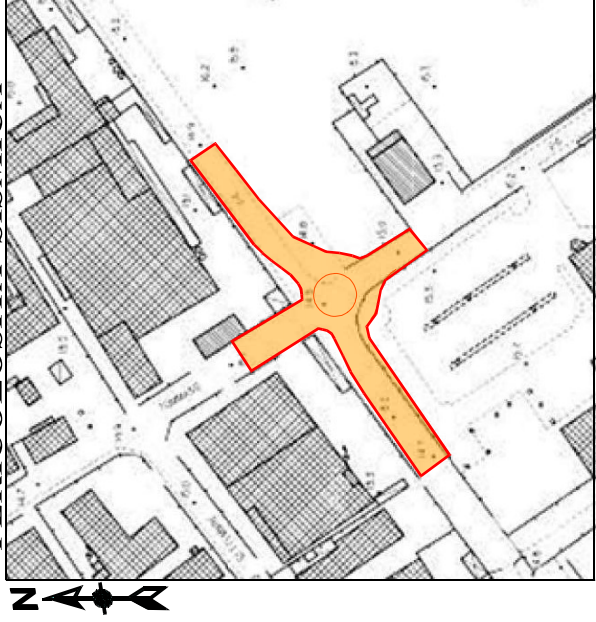
PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI



P2 - alluvioni poco frequenti



PERICOLOSITA' SISMICA



S3 pericolosità sismica elevata

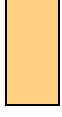


FIG. 9

**ALLEGATO 1**  
**RISULTATI PROVE DI CARICO SU PIASTRA**  
**PLT**  
**23 Marzo 2021**



**LABOTER s.r.l.** Geol. Paolo Tognelli  
Via Nazario Sauro n. 440, 51100 Pistoia (PT)  
tel. 0573570566 laboter@laboterpt.it

**Prova: N° PLT 1**

**Committente: COMUNE DI SANTA CROCE  
SULL'ARNO**

**Cantiere: Strada di  
collegamento Via Gozzini  
Via Meucci Santa Croce  
sull'Arno (PI)**

**Data: 23 Marzo 2021**

**carico (N/mm<sup>2</sup>) cedimento**

0.02	-
0.05	0.86
0.10	2.28
0.15	3.18
0.20	4.44
0.25	5.34
0.30	
0.35	
0.40	
0.45	

**Strato provato: terreno di riporto limoso-argilloso con  
laterizi frammentati, previo scotico di 40 cm**

**Condizioni meteo: sereno**

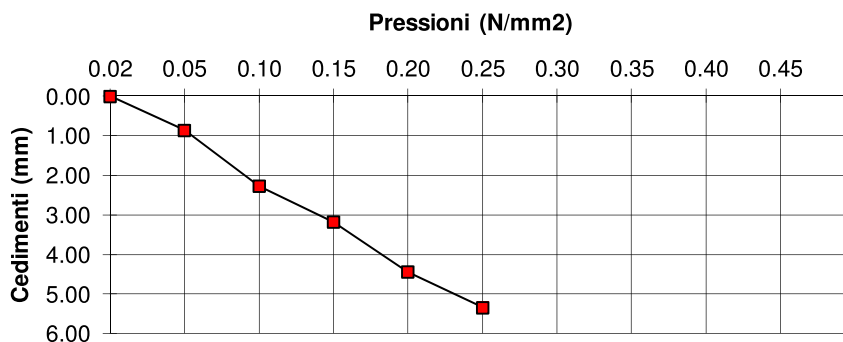
**Temperatura: + 8°C**

**Operatore: Geol. Paolo Tognelli**

Modulo di compressib. Md = 13.89 (N/mm<sup>2</sup>) ΔP= 0,25 - 0,15

Sup. PIASTRA=700 cm<sup>2</sup>

### Prova di carico con piastra circolare. (CNR BU 146)



Il responsabile:  
Geol. Paolo Tognelli

**Md= 142 (Kg/cm<sup>2</sup>)**



**PROVA DI CARICO CON PIASTRA CIRCOLARE PER LA DETERMINAZIONE DEL MODULO DI  
DEFORMAZIONE Md. - (norme CNR, B.U. n°146)**

LABOTER s.r.l. Geol. Paolo Tognelli  
Via Nazario Sauro n. 440, 51100 Pistoia (PT)  
tel. 0573570566 laboter@laboterpt.it

Prova: N° PLT 2

Cantiere: Strada di collegamento Via Gozzini  
Via Meucci Santa Croce sull'Arno (PI)

Committente: COMUNE DI SANTA CROCE SULL'ARNO

Data: 23 Marzo 2021

carico (N/mm2) cedimento

0.02	-
0.05	0.32
0.10	1.73
0.15	3.55
0.20	5.20
0.25	7.60
0.30	
0.35	
0.40	
0.45	

Strato provato: terreno in posto argilloso-limoso di colore marrone, previo scotico di 40 cm. Presenza di circa 25 cm di riporto limoso-argilloso con laterizi frammentati

Condizioni meteo: sereno

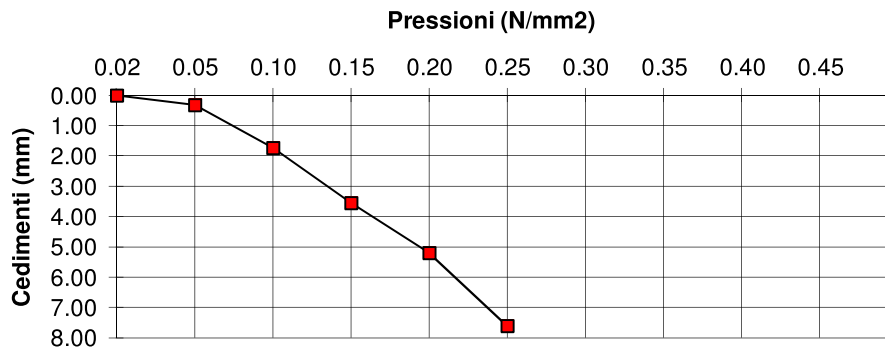
Temperatura: + 8°C

Operatore: Geol. Paolo Tognelli

Modulo di compressib. Md = 7.41 (N/mm2)  $\Delta P = 0,25 - 0,15$

Sup. PIASTRA=700 cm2

### Prova di carico con piastra circolare. (CNR BU 146)



Il responsabile:  
Geol. Paolo Tognelli

**Md= 76** (Kg/cm<sup>2</sup>)



PROVA DI CARICO CON PIASTRA CIRCOLARE PER LA DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE Md. - (norme CNR, B.U. n°146)

LABOTER s.r.l. Geol. Paolo Tognelli  
Via Nazario Sauro n. 440, 51100 Pistoia (PT)  
tel. 0573570566 laboter@laboterpt.it

Prova: N° PLT 3

Cantiere: Strada di  
collegamento Via Gozzini  
Via Meucci Santa Croce  
sull'Arno (PI)

Committente: COMUNE DI SANTA CROCE SULL'ARNO

Data: 23 Marzo 2021

carico (N/mm2) cedimento

0.02	-
0.05	1.00
0.10	1.82
0.15	3.75
0.20	5.50
0.25	7.88
0.30	
0.35	
0.40	
0.45	

Strato provato: terreno in posto argilloso-limoso di  
colore marrone, previo scotico di 40 cm. Riporto assente

Condizioni meteo: sereno

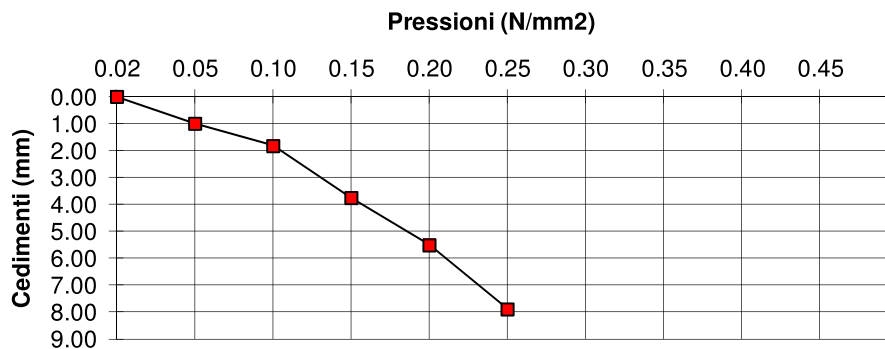
Temperatura: + 8°C

Operatore: Geol. Paolo Tognelli

Modulo di compressib. Md = 7.26 (N/mm2)  $\Delta P = 0,25 - 0,15$

Sup. PIASTRA=700 cm2

### Prova di carico con piastra circolare. (CNR BU 146)



Il responsabile:  
Geol. Paolo Tognelli

**Md= 74** (Kg/cm<sup>2</sup>)

PROVA DI CARICO CON PIASTRA CIRCOLARE PER LA DETERMINAZIONE DEL MODULO DI  
DEFORMAZIONE Md. - (norme CNR, B.U. n°146)

**ALLEGATO 2**  
**CERTIFICATI ANALISI DI**  
**LABORATORIO**



**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 :** Comune di Santa Croce sull'Arno  
**Cantiere :** Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso  
Santa Croce sull'Arno (PI)  
**Verbale Accettazione n° :** 178 del 30/03/2021  
**Data Certificazione :** 15/06/2021  
**Campioni n°:** 3  
**Certificati da n° a n° :** 02722 a 02738





**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°: 02725</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 31/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 04/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,2 %	Limite di liquidità	29,4 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,7 %	Limite di plasticità	18,5 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	83,6 %	Indice di plasticità	10,9 %

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6      INDICE DI GRUPPO: 8**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Argille poco compressibili



**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°: 02722</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 26/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 18,6 %**

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°: 02723</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 25/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

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

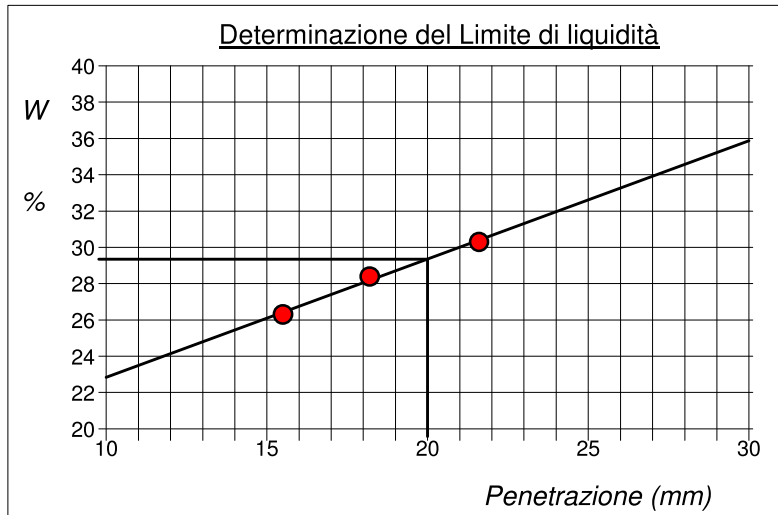
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02724</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 01/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 03/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

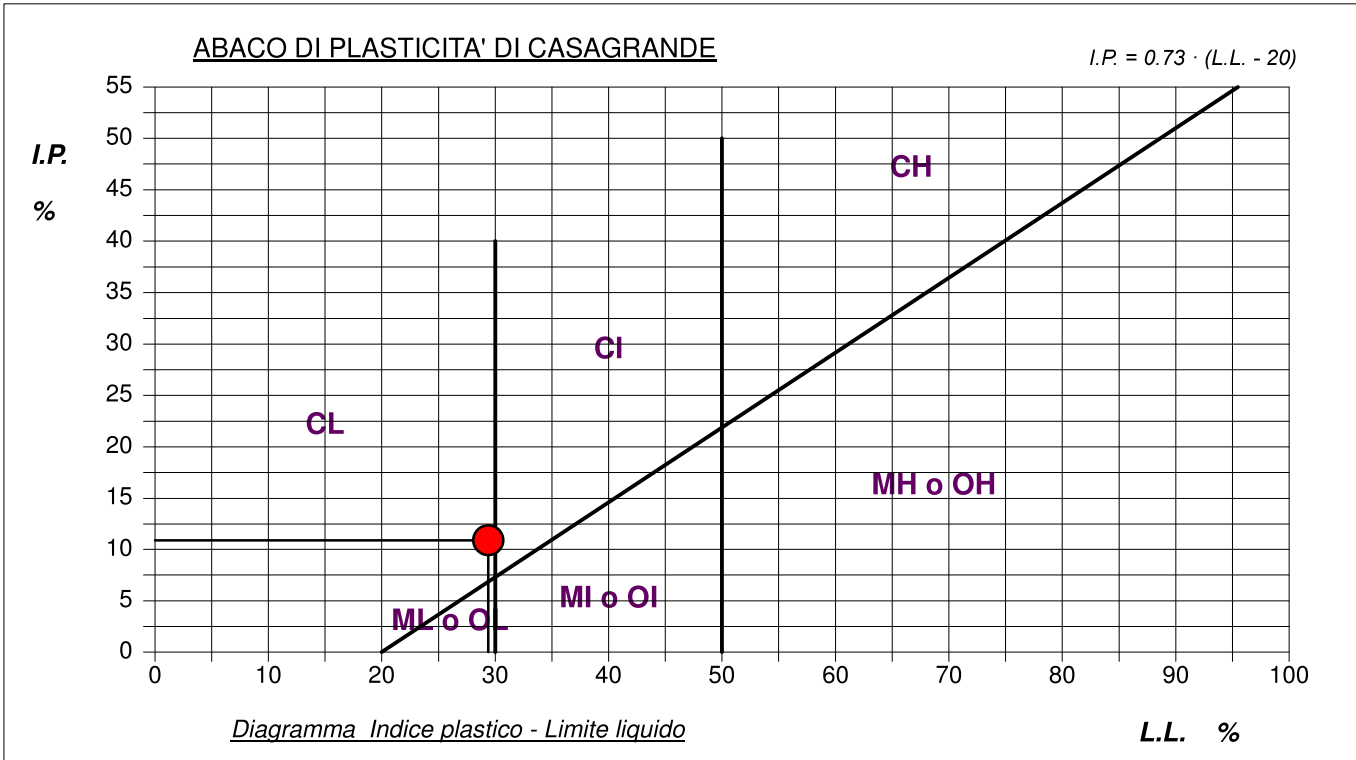
**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	29,4	%
Limite di plasticità	18,5	%
Indice di plasticità	10,9	%
Indice di consistenza	0,99	
Passante al set. n° 42	SI	



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



**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

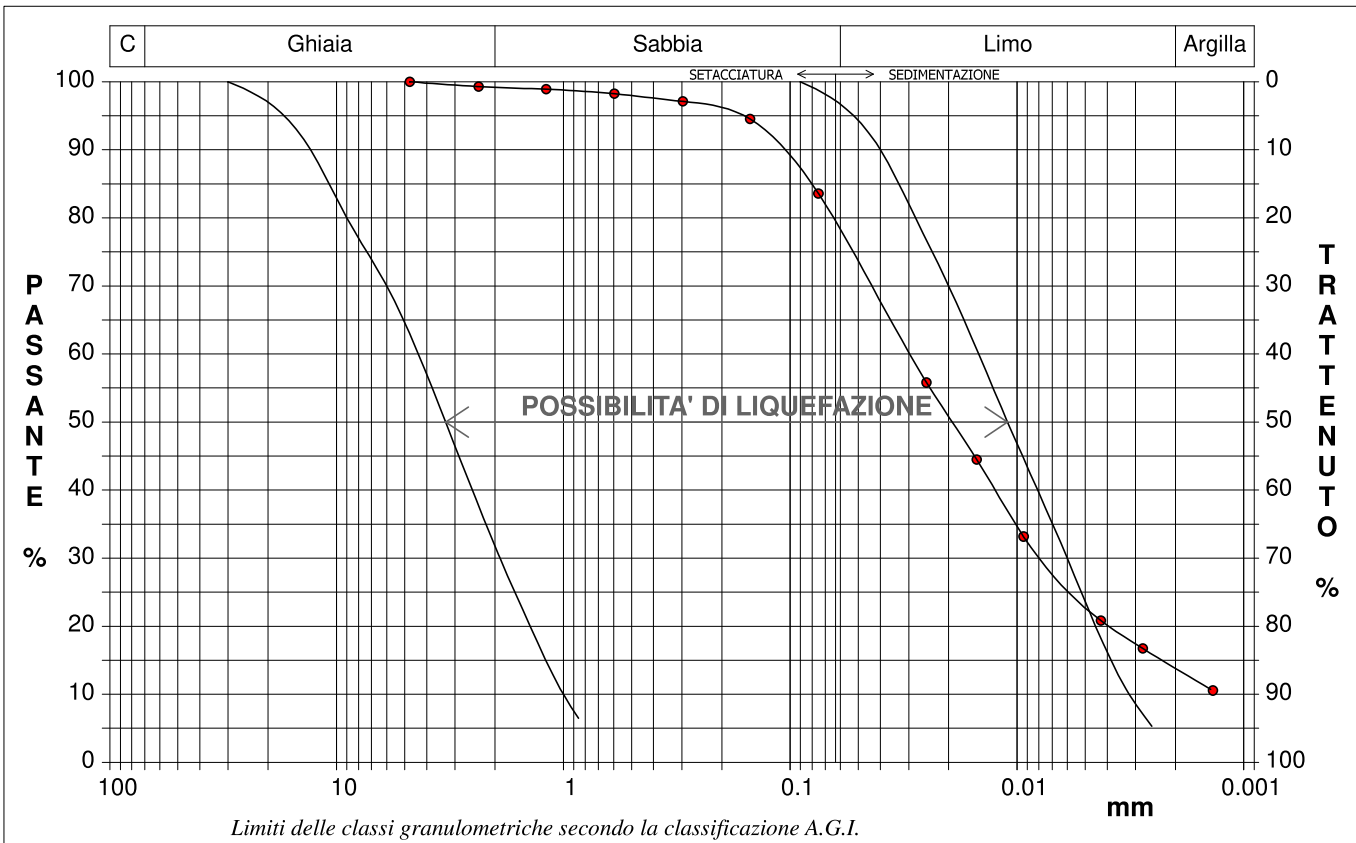
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02725</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 31/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 04/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,2 %	D10	0,00128 mm
Sabbia	21,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,7 %	D30	0,00764 mm
Limo	64,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	83,6 %	D50	0,01927 mm
Argilla	13,8 %			D60	0,02955 mm
Coefficiente di uniformità	23,00	Coefficiente di curvatura	1,54	D90	0,11263 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	94,53	0,0043	20,83				
2,3600	99,30	0,0750	83,58	0,0028	16,72				
1,1900	98,90	0,0250	55,80	0,0014	10,55				
0,5950	98,24	0,0150	44,49					Setacci	6
0,2970	97,12	0,0094	33,18					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°: 02726** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21

DATA DI EMISSIONE: 15/06/21

Inizio analisi: 25/05/21

Apertura campione: 25/05/21

Fine analisi: 29/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno

RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.00

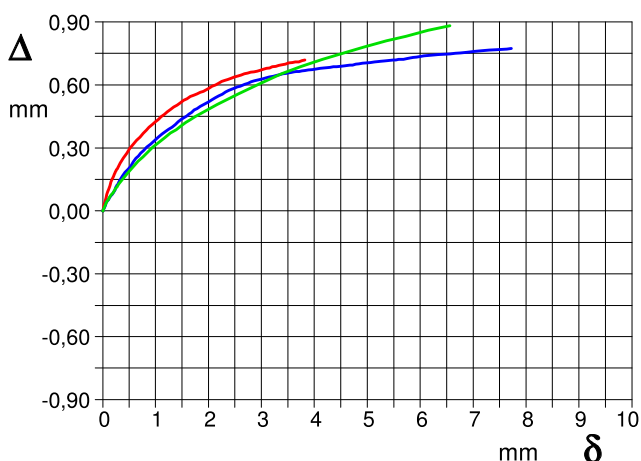
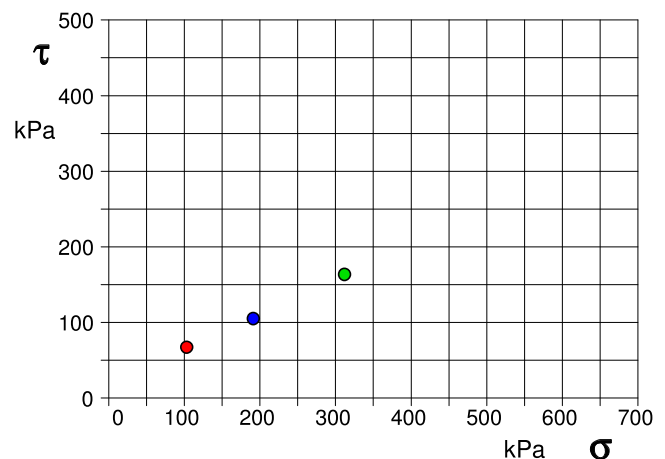
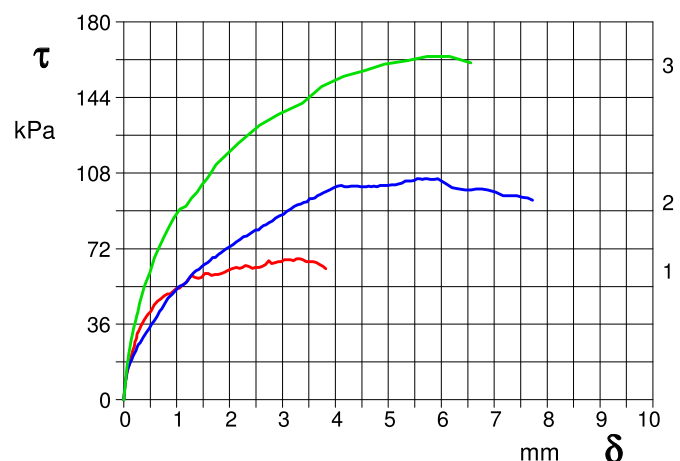
**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

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):	67	105	164
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,27	5,54	5,73
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,69	0,72	0,83
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,1	--- 21,0	--- 21,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 21,0	19,6 19,9	19,6 20,5

**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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02726</b>	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 29/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,024	7,5	0,03	0,028	7,4	0,02	0,060	15,5	0,04
0,060	12,6	0,06	0,085	15,2	0,05	0,081	18,7	0,05
0,087	15,4	0,09	0,152	19,1	0,07	0,101	22,3	0,05
0,130	19,1	0,12	0,229	23,3	0,10	0,118	24,7	0,06
0,173	23,3	0,15	0,274	26,1	0,12	0,138	28,3	0,07
0,217	27,6	0,18	0,314	27,2	0,14	0,164	31,1	0,08
0,244	29,4	0,19	0,483	33,9	0,20	0,186	33,6	0,09
0,262	31,8	0,20	0,630	39,6	0,25	0,204	35,3	0,09
0,336	35,5	0,23	0,775	45,9	0,29	0,224	37,5	0,10
0,458	40,6	0,28	0,977	51,9	0,34	0,244	39,6	0,11
0,580	45,3	0,32	1,192	56,2	0,38	0,269	41,7	0,11
0,706	48,1	0,35	1,371	61,5	0,41	0,285	44,2	0,12
0,826	50,4	0,38	1,532	64,7	0,44	0,300	45,9	0,13
0,943	51,8	0,41	1,681	67,8	0,47	0,397	54,4	0,16
1,053	53,2	0,44	1,847	70,3	0,50	0,497	60,8	0,19
1,168	55,6	0,46	2,067	73,9	0,53	0,585	67,8	0,21
1,284	59,3	0,48	2,262	77,7	0,56	0,673	72,8	0,24
1,408	57,9	0,50	2,444	80,2	0,58	0,761	77,4	0,26
1,530	60,2	0,53	2,601	82,3	0,59	0,847	82,0	0,28
1,658	59,3	0,54	2,746	84,5	0,61	0,945	86,6	0,30
1,784	59,8	0,56	2,942	87,6	0,62	1,061	90,8	0,33
1,904	60,7	0,57	3,153	90,8	0,64	1,174	92,2	0,35
2,015	62,1	0,58	3,345	93,3	0,65	1,283	96,1	0,37
2,131	63,0	0,60	3,518	95,8	0,66	1,388	98,9	0,39
2,247	63,0	0,62	3,660	97,2	0,66	1,478	102,5	0,41
2,367	63,5	0,63	3,823	99,3	0,67	1,574	105,3	0,42
2,489	63,0	0,64	4,038	101,8	0,68	1,660	108,5	0,44
2,616	63,5	0,65	4,239	101,4	0,68	1,747	112,0	0,45
2,741	66,3	0,66	4,422	101,8	0,69	2,164	122,3	0,51
2,859	65,4	0,66	4,584	101,4	0,69	2,564	130,7	0,56
2,979	65,8	0,67	4,724	101,8	0,70	2,934	136,0	0,60
3,093	66,8	0,68	4,910	102,1	0,70	3,380	141,3	0,65
3,208	66,3	0,69	5,138	102,5	0,71	3,739	149,1	0,69
3,327	67,2	0,69	5,321	104,2	0,71	4,156	154,1	0,72
3,452	65,8	0,70	5,495	104,6	0,72	4,559	156,9	0,75
3,582	65,8	0,71	5,642	104,9	0,72	4,929	159,9	0,78
3,704	64,4	0,71	5,797	104,9	0,73	5,362	161,5	0,81
3,820	62,5	0,72	6,073	103,2	0,74	5,732	163,5	0,83
			6,456	100,0	0,75	6,158	163,5	0,86
			6,763	100,4	0,75	6,558	160,5	0,88
			7,168	97,2	0,76			
			7,535	96,5	0,77			

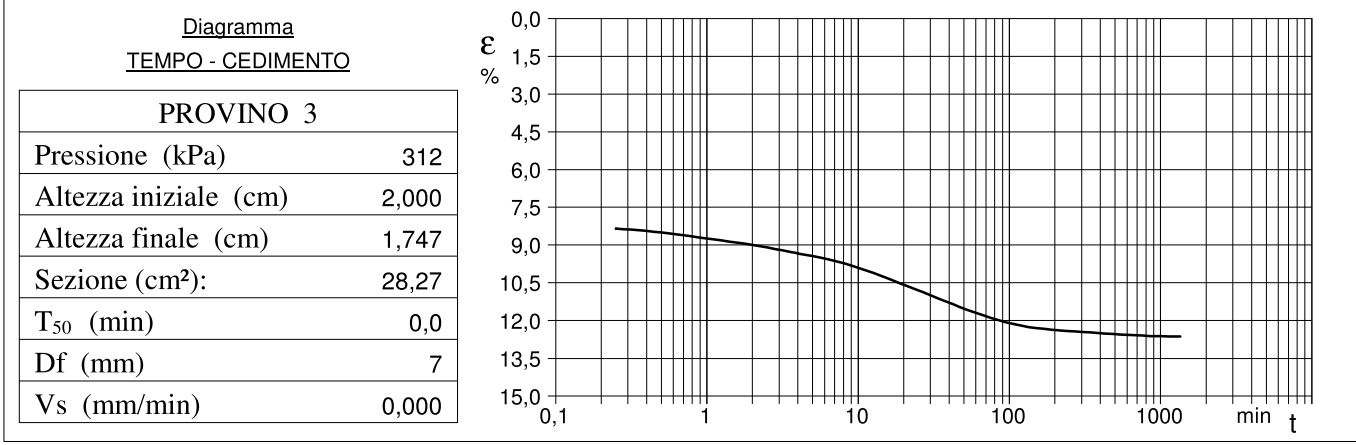
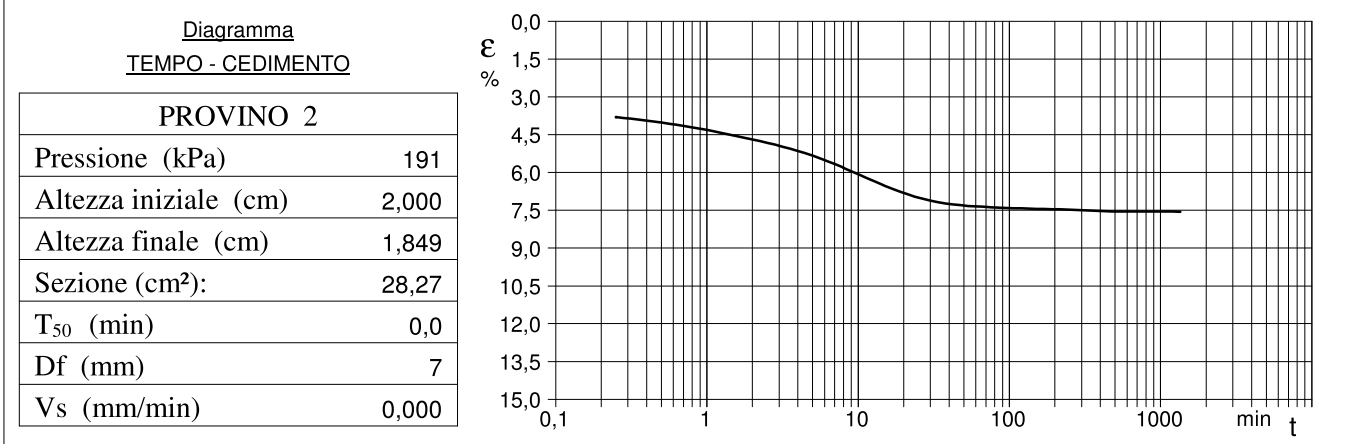
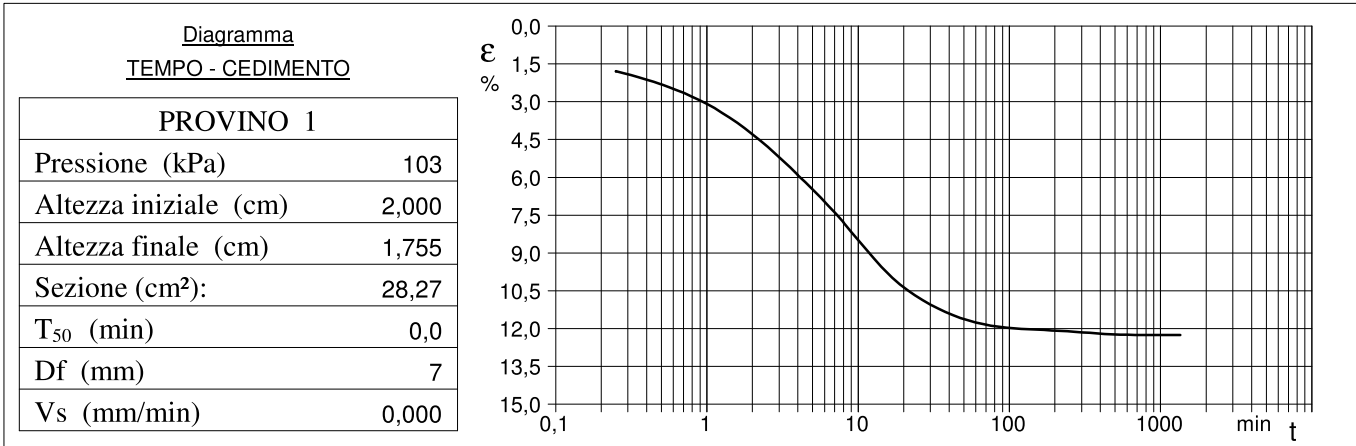
**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO 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°: 02726</b>	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 29/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno			
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.00

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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04



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



**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°: 02726</b>	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 29/05/21

**COMMITTENTE:** Comune di Santa Croce sull'Arno

**RIFERIMENTO:** Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)

**SONDAGGIO:**    **CAMPIONE:** 1    **PROFONDITA':** m 1.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	35,70	1,79	0,25	75,90	3,80	0,25	167,00	8,35
0,50	46,30	2,32	0,50	80,40	4,02	0,50	170,10	8,51
1,00	61,80	3,09	1,00	86,30	4,32	1,00	174,90	8,75
2,00	85,80	4,29	2,00	93,80	4,69	2,00	180,00	9,00
4,00	118,20	5,91	4,00	102,90	5,15	4,00	186,70	9,34
8,00	155,90	7,80	8,00	116,30	5,82	8,00	194,50	9,73
15,00	193,90	9,70	15,00	130,60	6,53	15,00	205,70	10,29
30,00	221,00	11,05	30,00	142,40	7,12	30,00	219,90	11,00
60,00	235,20	11,76	60,00	146,90	7,35	60,00	233,90	11,70
120,00	240,20	12,01	120,00	148,50	7,43	120,00	244,10	12,21
240,00	242,10	12,11	240,00	149,50	7,48	240,00	248,20	12,41
480,00	244,60	12,23	480,00	150,80	7,54	480,00	250,60	12,53
900,00	245,00	12,25	900,00	150,90	7,55	900,00	252,30	12,62
1200,00	245,10	12,26	1200,00	151,10	7,56	1200,00	252,60	12,63
1440,00	245,20	12,26	1440,00	151,20	7,56	1440,00	252,70	12,64

Lo sperimentatore  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo 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

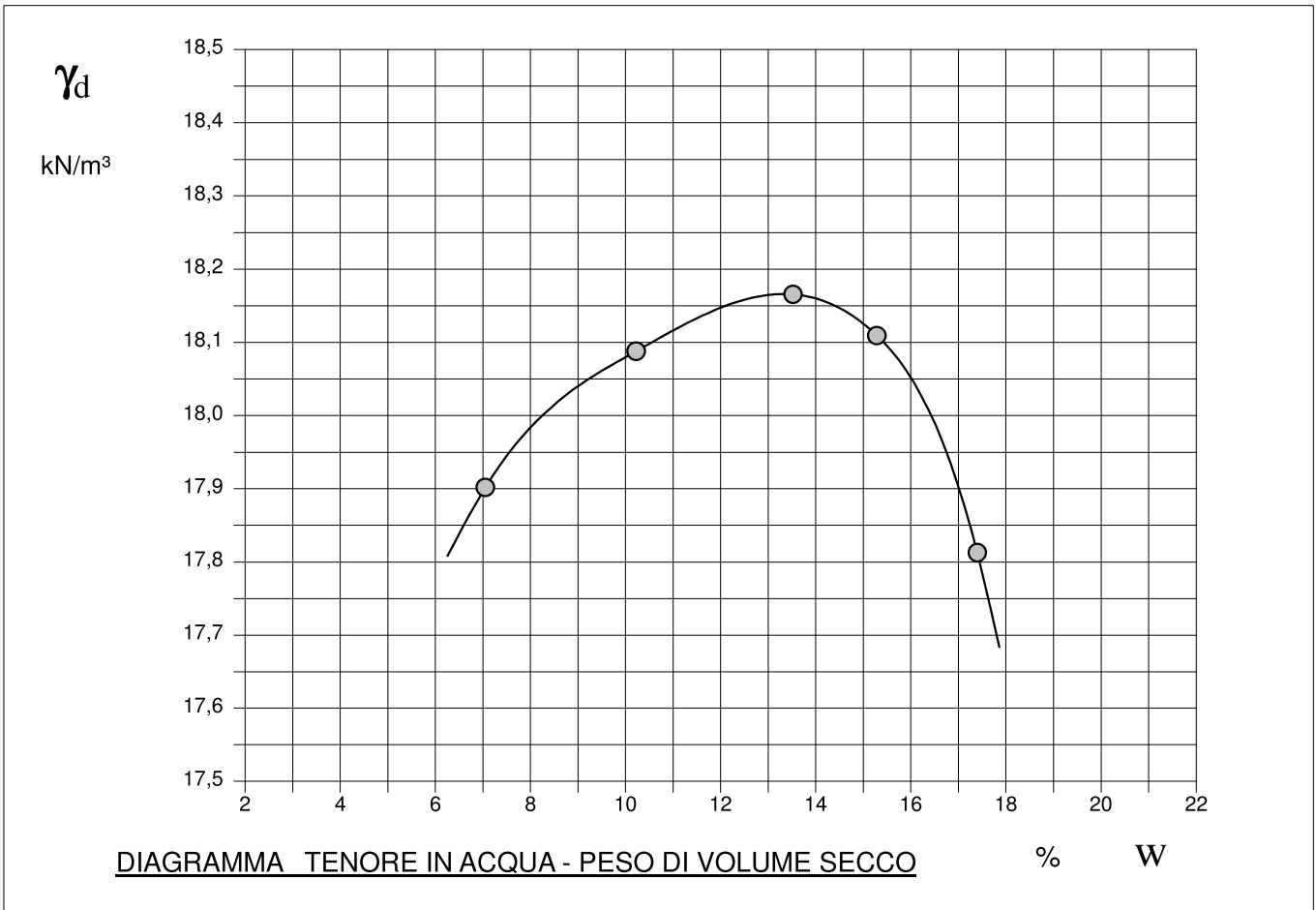
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02727</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 05/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 08/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI COSTIPAMENTO MODIFICATA**

Modalità di prova: Norma ASTM D1557

<i>Tenore in acqua ottimo (%)</i> : <b>13,3</b>	Provino n°	Umidità %	Peso di volume umido kN/m³	Peso di volume secco kN/m³
<i>Peso di volume secco massimo (kN/m³)</i> : <b>18,2</b>	1	7,1	19,16	17,90
	2	10,2	19,94	18,09
	3	13,5	20,62	18,17
	4	15,3	20,88	18,11
<i>Materiale con Ø &gt; 4,75 mm (%)</i> : -	5	17,4	20,91	17,81
	----	----	----	----
<i>Volume della fustella (cm³)</i> : 944	----	----	----	----
	----	----	----	----



Proctor eseguita su materiale dei campioni C1 e C2



**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°: 02728</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 08/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 09/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

PROVA C.B.R.

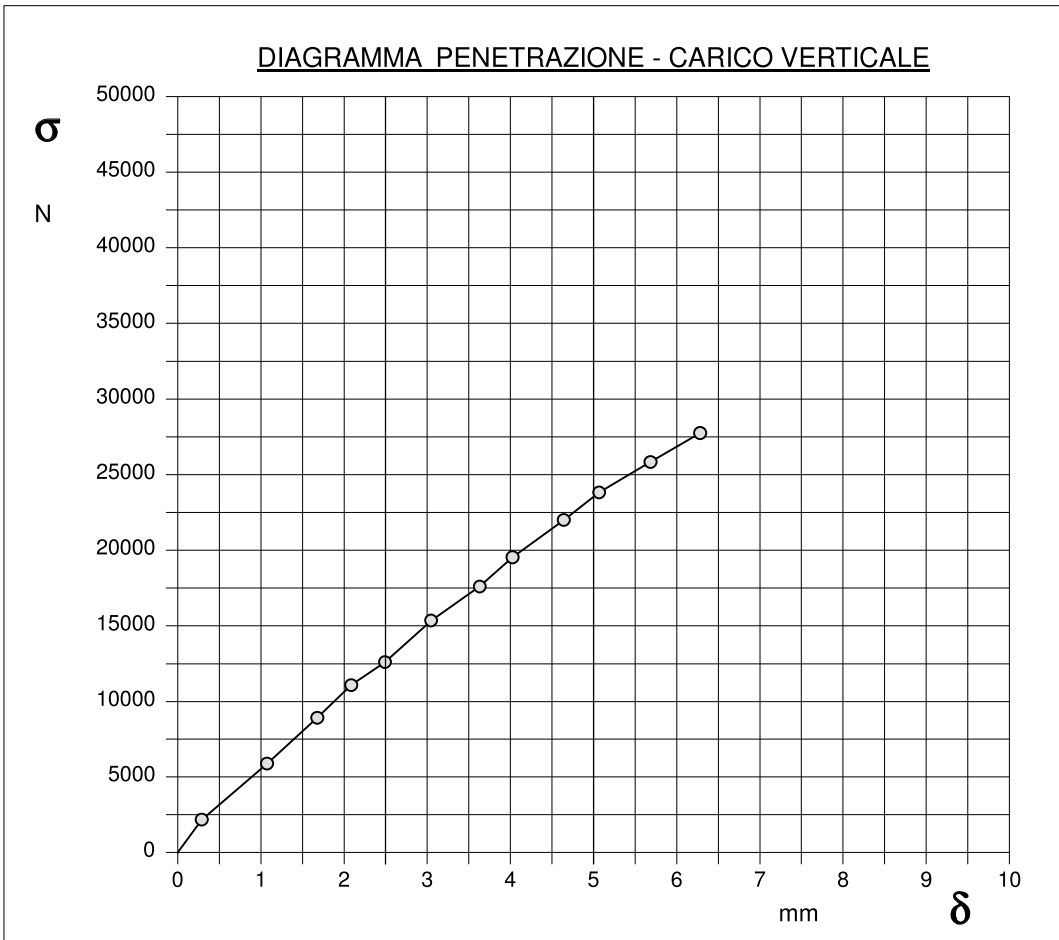
Modalità di prova: Norma ASTM D 1883-07

Indice CBR (%)	<b>118</b>	Peso di volume secco (kN/m³)	0,0	Strati	5
Indice CBR corretto (%)	<b>118</b>	Umidità (%)	0,0	Colpi per strato	52

Imbibizione	<input type="checkbox"/>
Tempo di imbibizione (giorni)	-
Rigonfiamento (%)	-
Tempo di maturazione (giorni)	-

Riferimento dell'Optimum - Proctor:	
Contenuto in acqua ottimo (%)	13,3
Peso di volume secco massimo (kN/m³)	18,2

$\delta$ mm	$\sigma$ N
0,3	2171,0
1,1	5871,0
1,7	8921,0
2,1	11081,0
2,5	12602,4
3,0	15350,1
3,6	17599,2
4,0	19544,2
4,6	22006,9
5,1	23831,4
5,7	25836,5
6,3	27751,6



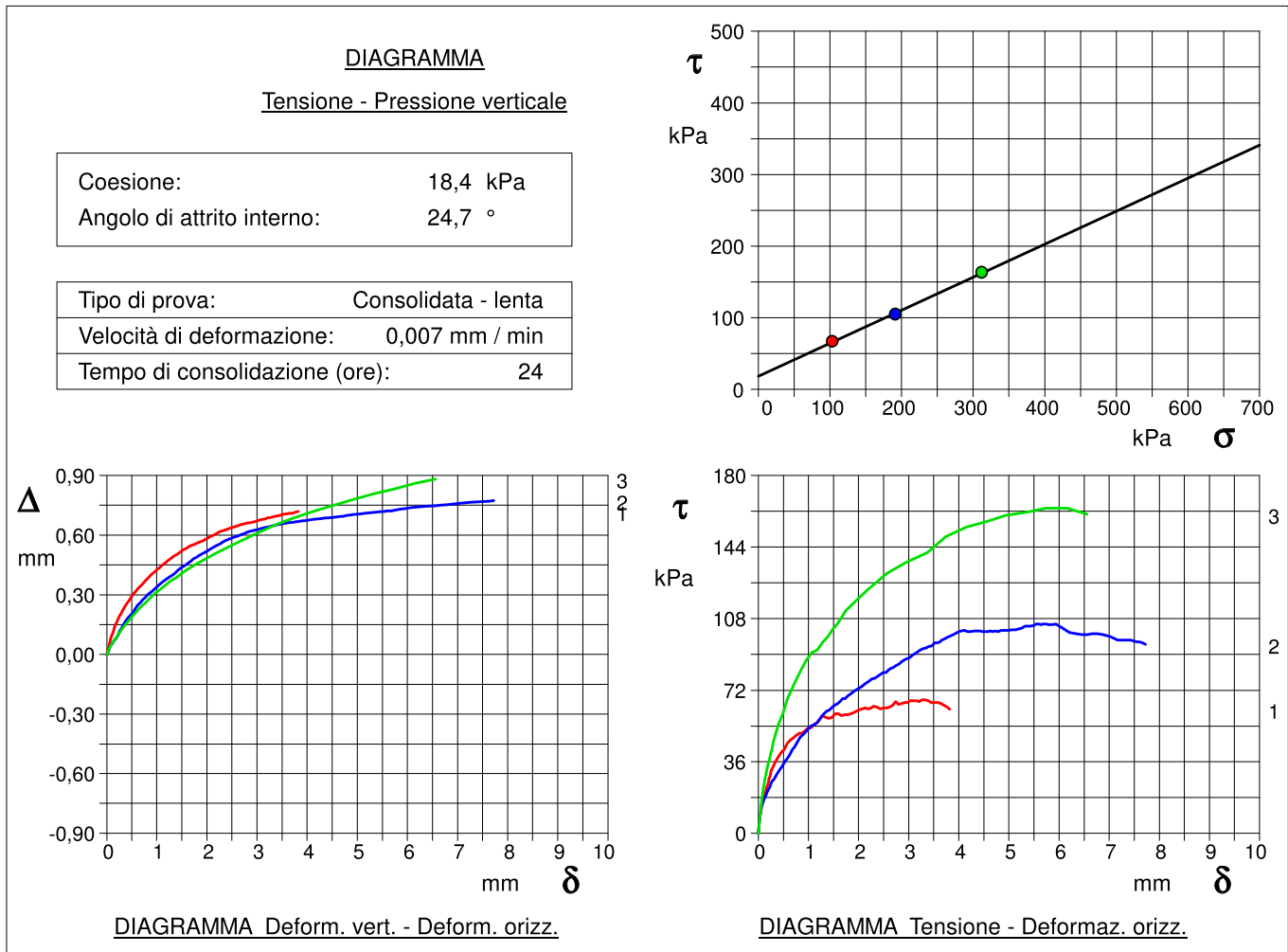
Indice (2.5 mm)	
I =	94,8 %
Ic =	94,8 %
Indice (5.0 mm)	
I =	117,7 %
Ic =	117,7 %

COMMITTENTE:	Comune di Santa Croce sull'Arno		
RIFERIMENTO:	Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 1.00

**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):	67	105	164
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,27	5,54	5,73
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,69	0,72	0,83
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,1	--- 21,0	--- 21,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 21,0	19,6 19,9	19,6 20,5



**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

COMMITTENTE:	Comune di Santa Croce sull'Arno		
RIFERIMENTO:	Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m 0.60

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	19,4	%
Peso di volume		kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco		kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo		kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	29,1	%
Limite di plasticità	18,7	%
Indice di plasticità	10,4	%
Indice di consistenza	0,93	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 8

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0,4	%
Sabbia	23,0	%
Limo	63,3	%
Argilla	13,3	%
D 10	0,001267	mm
D 50	0,023674	mm
D 60	0,035125	mm
D 90	0,110724	mm
Passante set. 10	99,6	%
Passante set. 42	97,6	%
Passante set. 200	83,5	%

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa
$c_u$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta	
$c'$	kPa
$\phi'$	°
$c'_{Res}$	kPa
$\phi'_{Res}$	°

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipi di campione: Massivo      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove CF GR	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo sabbioso e argilloso MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/3 Light yellowish brown
	5				
	10				
	15				
	20			20	

**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°: 02731</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 31/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 04/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.60

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,6 %	Limite di liquidità	29,1 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,6 %	Limite di plasticità	18,7 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	83,5 %	Indice di plasticità	10,4 %

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6      INDICE DI GRUPPO: 8**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Argille poco compressibili

**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°: 02729</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 26/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.60

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 19,4 %**

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-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

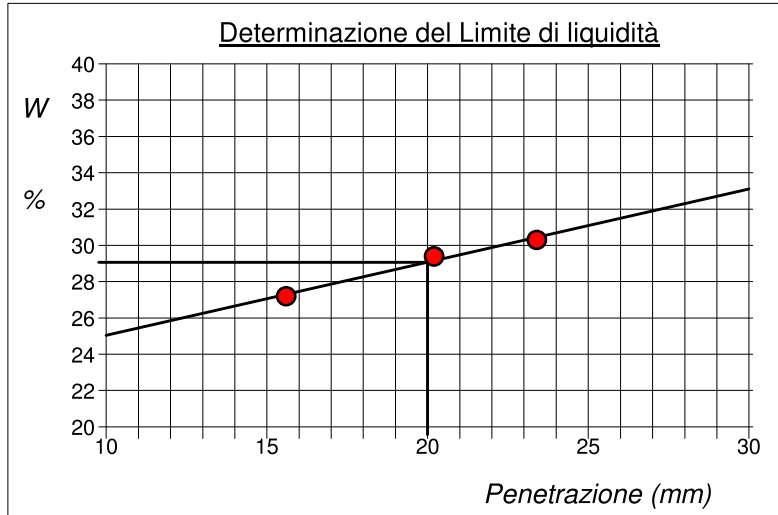
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02730</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 01/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 03/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.60

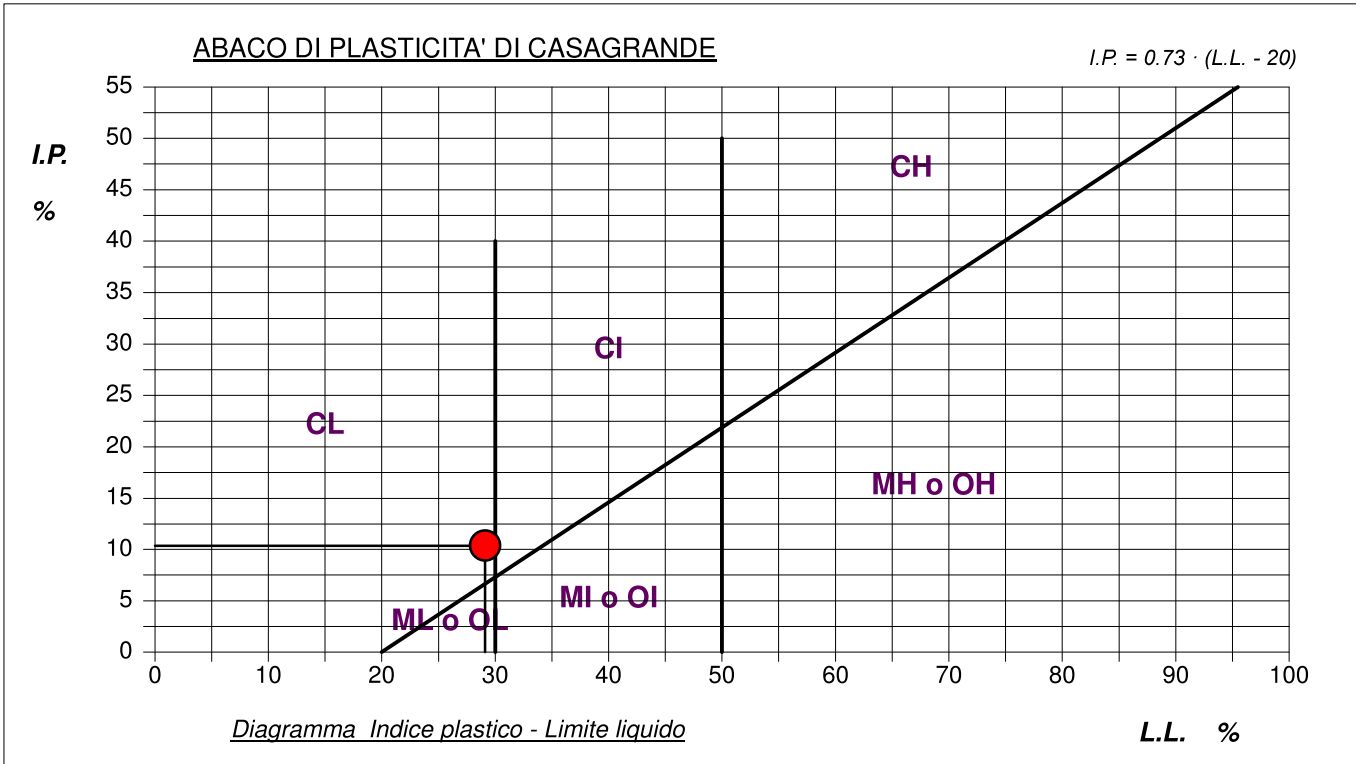
### ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	29,1	%
Limite di plasticità	18,7	%
Indice di plasticità	10,4	%
Indice di consistenza	0,93	
Passante al set. n° 42	SI	



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



--	--	--

**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

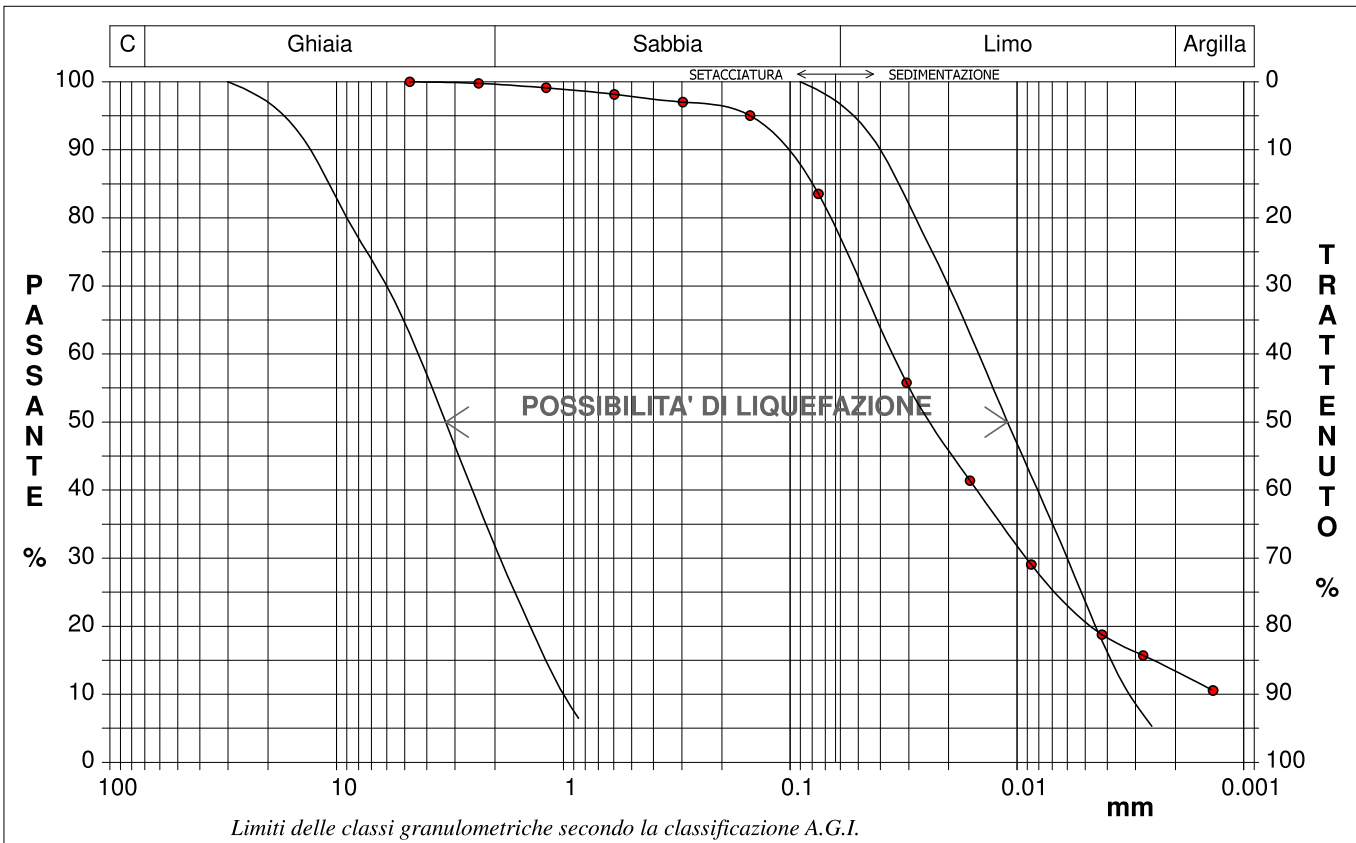
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02731</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 31/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 04/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.60

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,6 %	D10	0,00127 mm
Sabbia	23,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,6 %	D30	0,00907 mm
Limo	63,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	83,5 %	D50	0,02367 mm
Argilla	13,3 %			D60	0,03513 mm
Coefficiente di uniformità	27,72	Coefficiente di curvatura	1,85	D90	0,11072 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	95,03	0,0042	18,77				
2,3600	99,76	0,0750	83,55	0,0028	15,68				
1,1900	99,11	0,0307	55,78	0,0014	10,54				
0,5950	98,14	0,0161	41,39					Setacci	6
0,2970	97,01	0,0086	29,05					Punti sediment.	6

**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-ACCREDA  
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

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno

RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	20,7	%
Peso di volume	19,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,2	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,639	
Porosità	39,0	%
Grado di saturazione	87,4	%
Limite di liquidità	33,6	%
Limite di plasticità	24,2	%
Indice di plasticità	9,4	%
Indice di consistenza	1,37	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A4	I.G. = 8

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	6,4	%
Limo	55,8	%
Argilla	37,8	%
D 10	0,000141	mm
D 50	0,004660	mm
D 60	0,008033	mm
D 90	0,048836	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	97,5	%

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa
$c_u$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
$C_u Rim$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
$c'$	22,6	kPa
$\phi'$	27,3	°
$C'_{Res}$		kPa
$\phi'_{Res}$		°

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipi di campione: Massivo                    Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove					cm	Rp	VT	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	PR	CB		kPa	kPa		
					0				Limo con argilla debolmente sabbioso MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/3 Light yellowish brown
					5				
					10				
					15				Proctor e CBR eseguite su materiale con aggiunta di 3% di calce
					20			20	



**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°: 02735</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 03/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 07/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0	%	Limite di liquidità	33,6	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0	%	Limite di plasticità	24,2	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,5	%	Indice di plasticità	9,4	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A4      INDICE DI GRUPPO: 8**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Limi poco compressibili

**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°: 02732</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 26/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 20,7 %**

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°: 02733</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 25/05/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno

RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

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

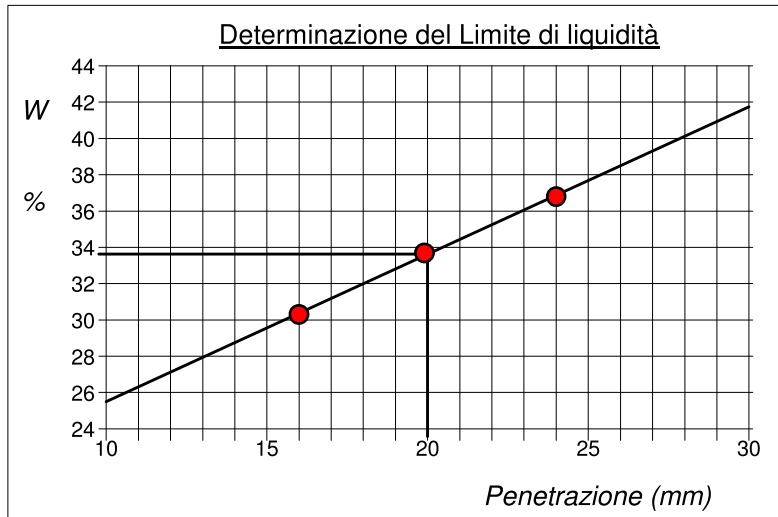
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02734</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 01/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 03/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

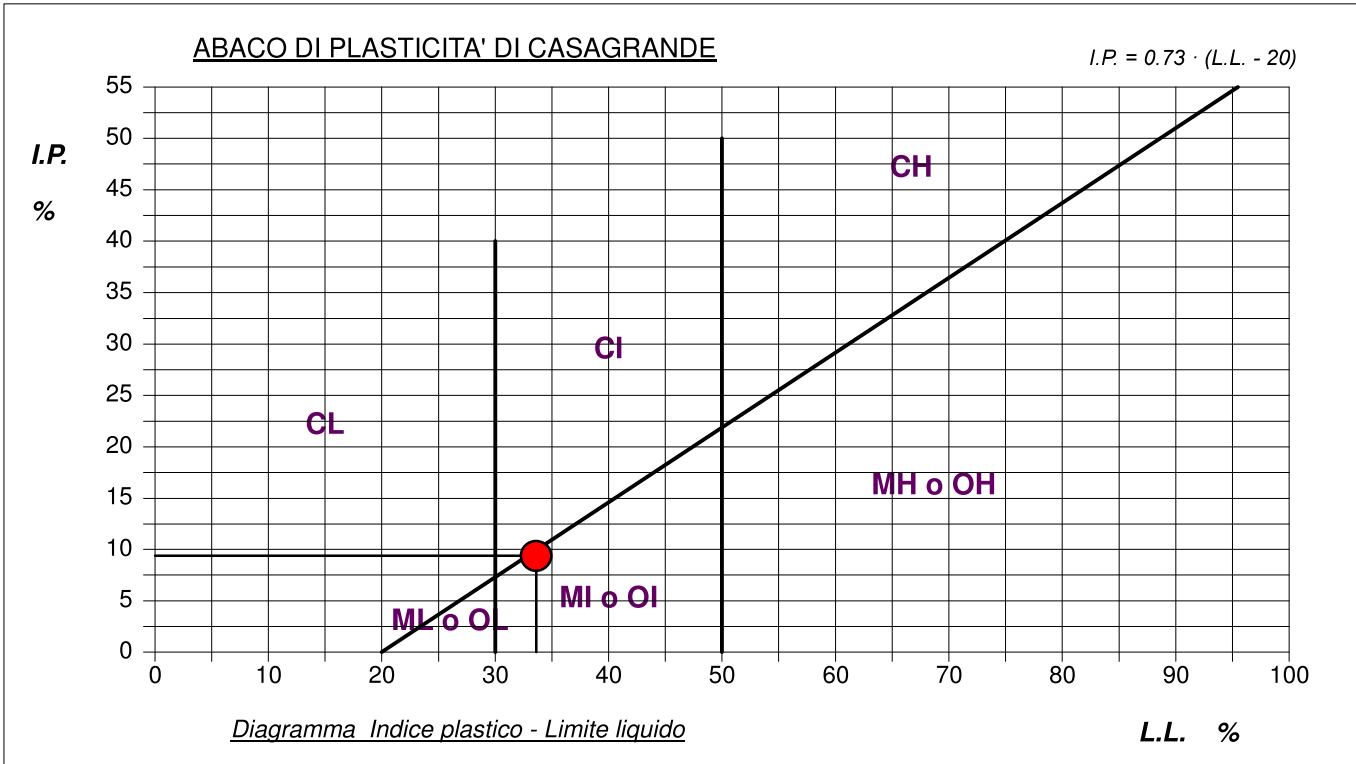
**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	33,6	%
Limite di plasticità	24,2	%
Indice di plasticità	9,4	%
Indice di consistenza	1,37	
Passante al set. n° 42	SI	



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



**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

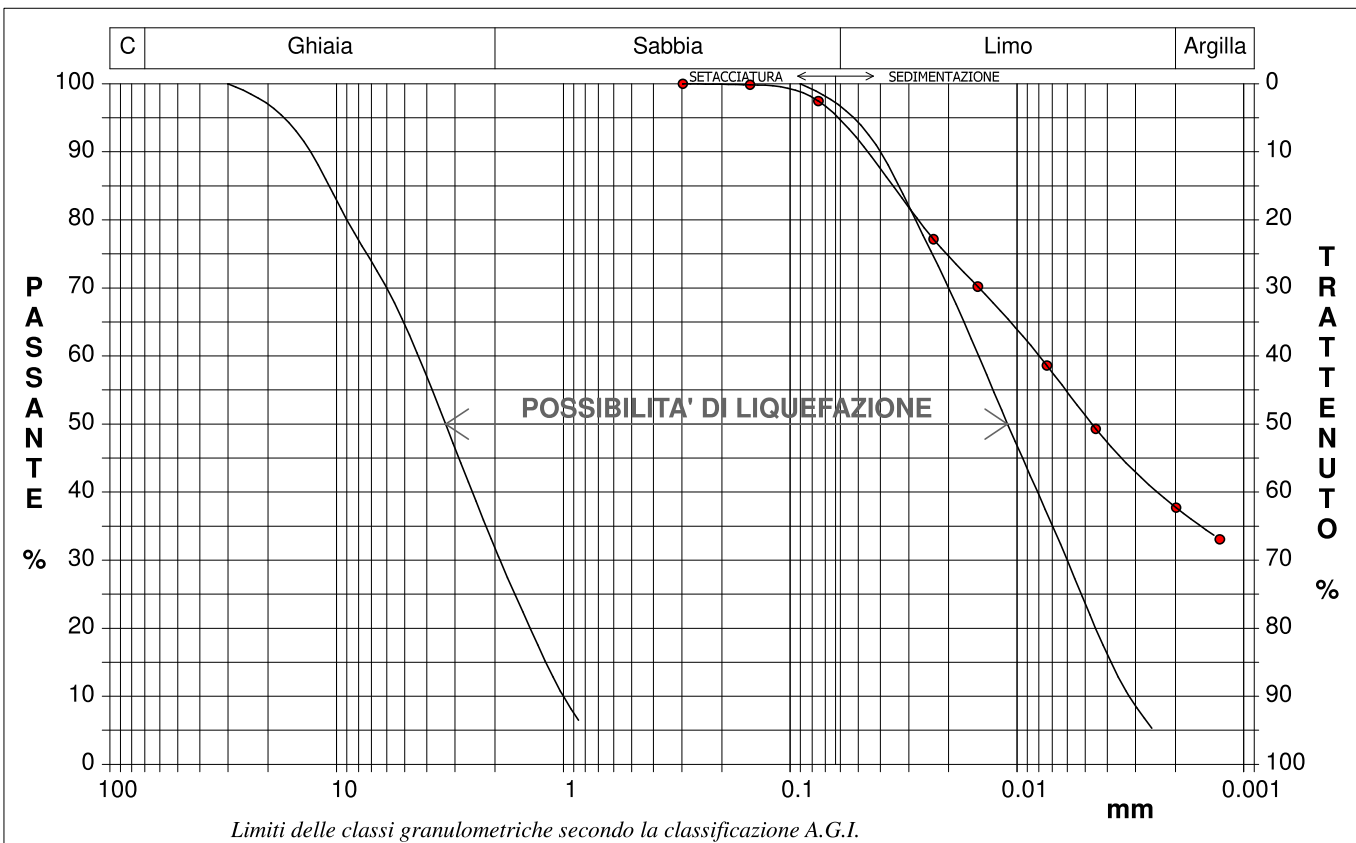
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02735</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 03/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 07/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D <sub>10</sub>	0,00014 mm
Sabbia	6,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D <sub>30</sub>	---
Limo	55,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,5 %	D <sub>50</sub>	0,00466 mm
Argilla	37,8 %			D <sub>60</sub>	0,00803 mm
Coefficiente di uniformità	56,78	Coefficiente di curvatura	---	D <sub>90</sub>	0,04884 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,2970	100,00	0,0074	58,59						
0,1500	99,85	0,0045	49,31						
0,0750	97,45	0,0020	37,71						
0,0233	77,15	0,0013	33,07					Setacci	2
0,0149	70,19							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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02736</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 04/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

**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):	78	119	186
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,47	3,26	5,91
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,49	0,14	0,89
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,5	--- 22,5	--- 24,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,4 25,4	19,7 21,9	19,3 27,4

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

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

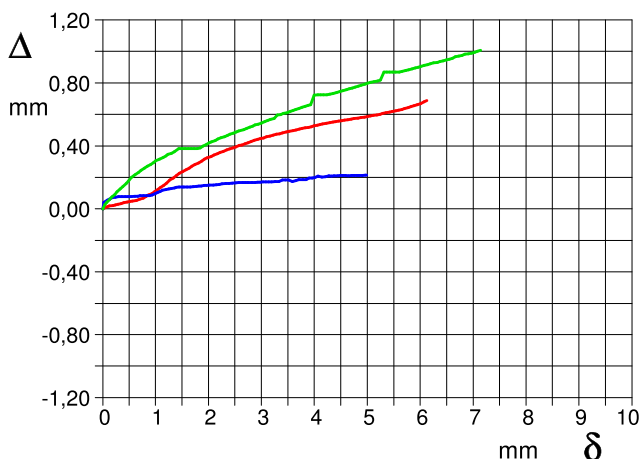
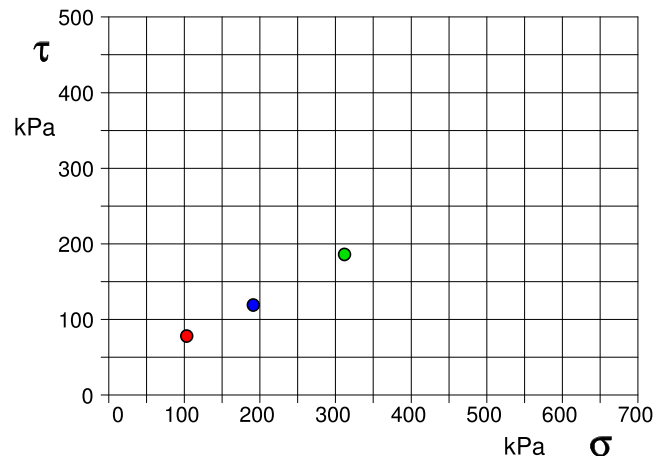


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

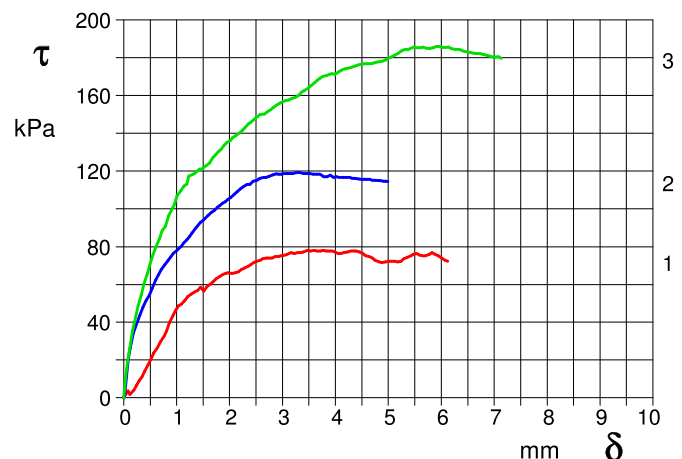


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02736</b>	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 04/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,079	3,7	0,01	0,017	1,9	0,04	0,035	9,8	0,03
0,243	6,5	0,03	0,182	34,2	0,07	0,167	35,0	0,08
0,397	13,8	0,04	0,365	47,9	0,08	0,331	54,6	0,13
0,564	23,6	0,05	0,539	58,1	0,08	0,496	70,7	0,18
0,765	32,5	0,07	0,709	67,9	0,09	0,679	84,4	0,23
0,931	43,5	0,10	0,889	74,8	0,09	0,846	96,3	0,27
1,091	49,6	0,14	1,040	79,0	0,10	1,005	106,8	0,31
1,273	54,9	0,18	1,194	83,7	0,12	1,194	113,2	0,34
1,453	58,6	0,23	1,357	89,7	0,13	1,353	119,0	0,36
1,637	60,2	0,26	1,504	94,0	0,14	1,505	121,7	0,38
1,811	64,2	0,29	1,659	98,3	0,14	1,676	126,7	0,38
1,971	66,3	0,32	1,818	101,7	0,15	1,842	131,6	0,39
2,169	66,7	0,35	1,969	104,9	0,15	2,012	136,2	0,42
2,345	69,5	0,37	2,145	109,1	0,15	2,180	140,1	0,44
2,514	72,4	0,39	2,328	113,0	0,16	2,355	145,0	0,47
2,692	74,0	0,41	2,516	115,1	0,17	2,526	148,8	0,49
2,868	74,8	0,44	2,695	116,7	0,17	2,722	151,6	0,51
3,038	75,6	0,45	2,883	118,6	0,17	2,881	154,8	0,53
3,222	76,4	0,47	3,028	118,8	0,17	3,062	157,2	0,55
3,397	77,3	0,48	3,193	118,8	0,17	3,243	159,0	0,57
3,600	78,1	0,50	3,400	118,8	0,18	3,417	162,8	0,61
3,770	78,1	0,51	3,584	118,3	0,17	3,597	166,7	0,62
3,940	77,7	0,52	3,784	117,1	0,19	3,769	170,2	0,65
4,105	76,4	0,54	3,961	116,6	0,20	3,934	171,6	0,66
4,292	77,7	0,55	4,142	116,7	0,20	4,118	173,3	0,73
4,460	77,3	0,56	4,322	116,2	0,21	4,290	174,7	0,73
4,635	74,8	0,57	4,492	115,7	0,21	4,481	176,5	0,75
4,829	72,0	0,58	4,647	115,7	0,21	4,661	176,8	0,76
5,000	72,4	0,59	4,811	115,0	0,21	4,831	177,9	0,78
5,181	72,0	0,60	4,963	114,7	0,22	5,001	179,6	0,80
5,354	74,4	0,61				5,194	182,4	0,81
5,538	76,4	0,62				5,369	184,2	0,87
5,699	75,2	0,64				5,533	185,2	0,87
5,881	76,0	0,66				5,728	184,9	0,88
6,073	72,8	0,68				5,906	185,9	0,89
						6,078	185,4	0,91
						6,254	184,4	0,93
						6,432	183,4	0,94
						6,610	182,4	0,96
						6,790	181,6	0,98
						6,972	180,4	0,99
						7,141	179,6	1,01

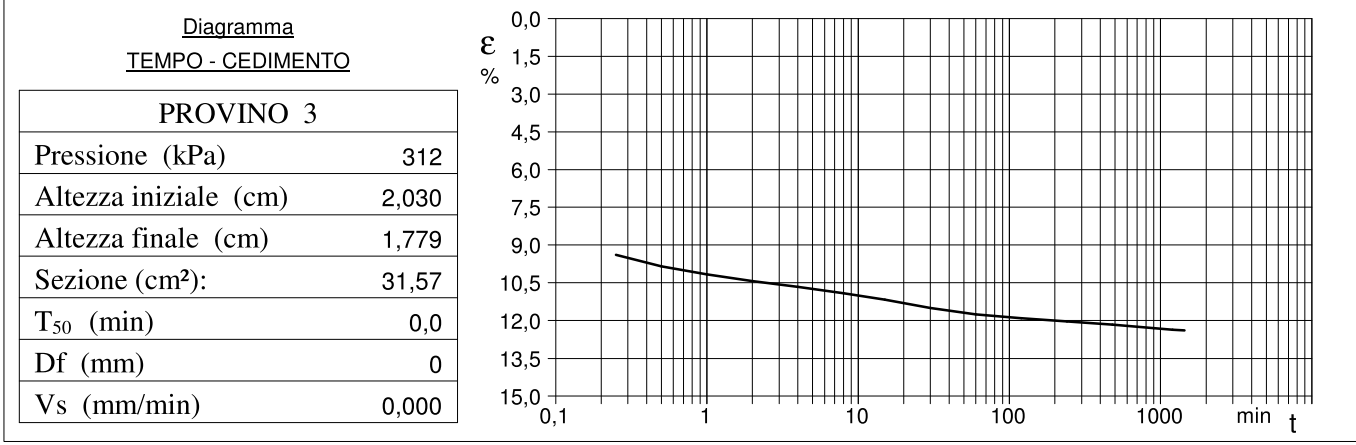
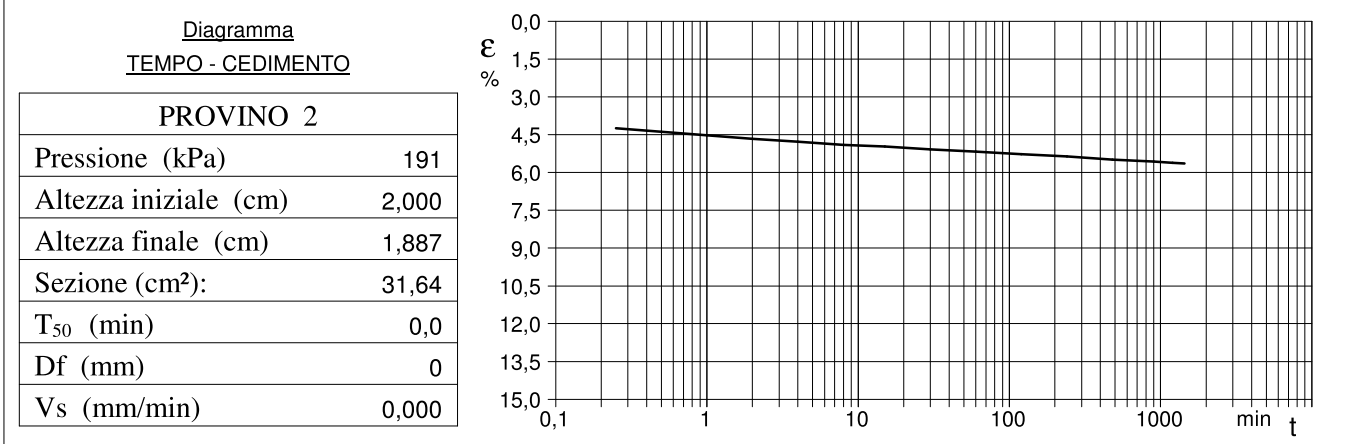
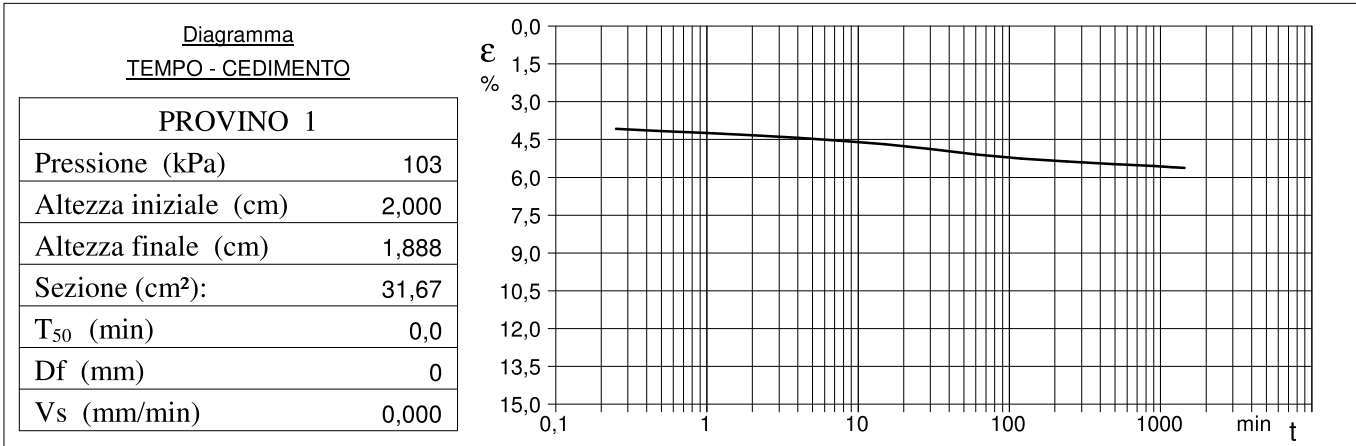
**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO 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°: 02736</b>	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 04/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04



Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione a rottura stimata     $tf = 50 \times T_{50}$     Vs = Df / tf





**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

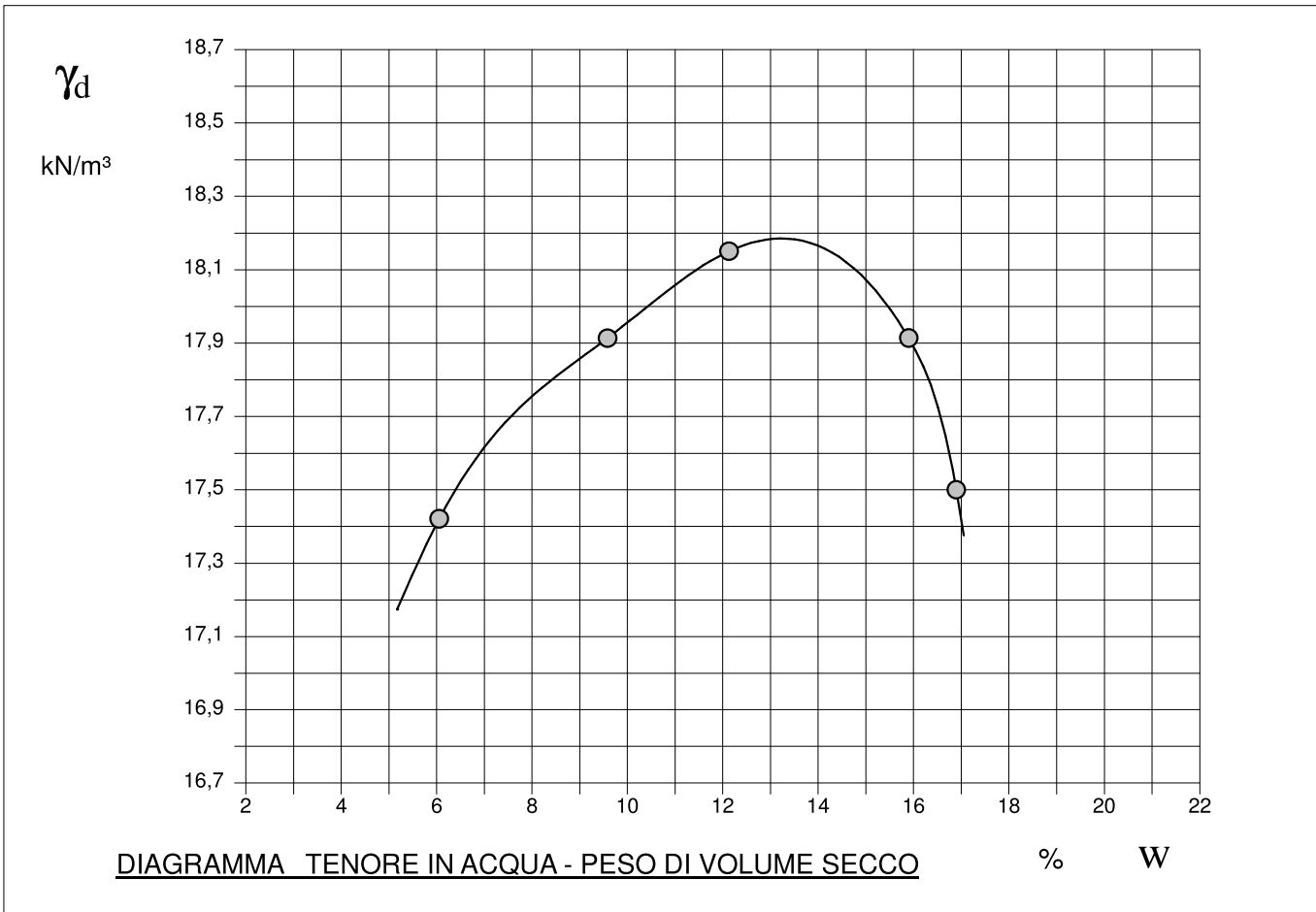
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02737</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/06/21	Inizio analisi: 07/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 30/03/21		Apertura campione: 25/05/21	Fine analisi: 10/06/21

COMMITTENTE: Comune di Santa Croce sull'Arno
RIFERIMENTO: Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m

**PROVA DI COSTIPAMENTO MODIFICATA**

Modalità di prova: Norma ASTM D1557

<i>Tenore in acqua ottimo (%)</i> : <b>13,2</b>	Provino n°	Umidità %	Peso di volume umido kN/m³	Peso di volume secco kN/m³
<i>Peso di volume secco massimo (kN/m³)</i> : <b>18,2</b>	1	6,1	18,48	17,42
	2	9,6	19,63	17,91
	3	12,1	20,35	18,15
	4	15,9	20,76	17,91
	5	16,9	20,46	17,50
	----	----	----	----
	----	----	----	----
	----	----	----	----
<i>Materiale con Ø &gt; 4,75 mm (%)</i> : -				
<i>Volume della fustella (cm³)</i> : 944				



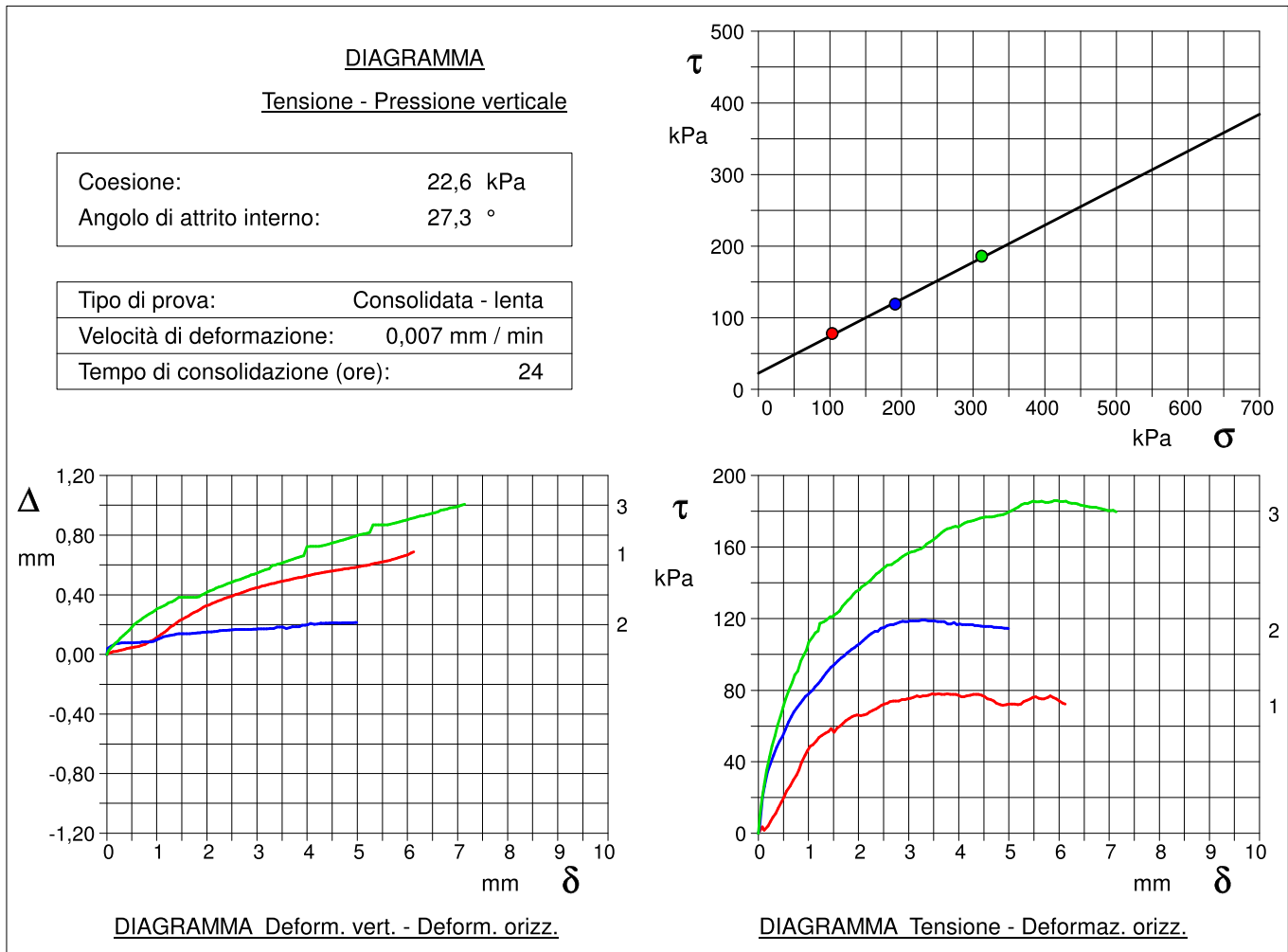


COMMITTENTE:	Comune di Santa Croce sull'Arno		
RIFERIMENTO:	Collegamento Via Sant'Andrea/Via San Tommaso - Santa Croce sull'Arno (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	3	PROFONDITA': m

**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):	78	119	186
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,47	3,26	5,91
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,49	0,14	0,89
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,5	--- 22,5	--- 24,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,4 25,4	19,7 21,9	19,3 27,4



**ALLEGATO 3**  
**CERTIFICATI ED ELABORAZIONE**  
**PROVE PENETROMETRICHE**  
**STATICHE**

**5 Maggio 2021**

Committente:	Dott. Geol. Eraldo Santarneckchi		
Rapporto n°:	165-21		
Data:	05/05/2021		
Località:	Santa Croce sull'Arno (PI)		
Coordinate Prova 1:	Latitudine: 43.715587°	Longitudine: 10.765837°	
Coordinate Prova 2:	Latitudine: 43.716433°	Longitudine: 10.767750°	
Coordinate Prova 3:	Latitudine: 43.714200°	Longitudine: 10.763050°	



P 1 (CPT)



P 2 (CPT)



P 3 (CPT)



Ubicazione prove penetrometriche

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****1**

Riferimento

**165-21**Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarnecki**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Data esec. **05/05/2021**

Cantiere

Pagina **1**Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

Elaborato

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	14	27		14,0	0,87	16	6,2								
0,60	18	31		18,0	0,87	21	4,8								
0,80	15	36		15,0	1,40	11	9,3								
<b>1,00</b>	<b>15</b>	<b>32</b>		<b>15,0</b>	<b>1,13</b>	<b>13</b>	<b>7,5</b>								
1,20	14	33		14,0	1,27	11	9,1								
1,40	13	29		13,0	1,07	12	8,2								
1,60	24	41		24,0	1,13	21	4,7								
1,80	23	52		23,0	1,93	12	8,4								
<b>2,00</b>	<b>22</b>	<b>51</b>		<b>22,0</b>	<b>1,93</b>	<b>11</b>	<b>8,8</b>								
2,20	23	54		23,0	2,07	11	9,0								
2,40	23	52		23,0	1,93	12	8,4								
2,60	24	52		24,0	1,87	13	7,8								
2,80	25	54		25,0	1,93	13	7,7								
<b>3,00</b>	<b>25</b>	<b>57</b>		<b>25,0</b>	<b>2,13</b>	<b>12</b>	<b>8,5</b>								
3,20	27	61		27,0	2,27	12	8,4								
3,40	30	65		30,0	2,33	13	7,8								
3,60	27	58		27,0	2,07	13	7,7								
3,80	20	50		20,0	2,00	10	10,0								
<b>4,00</b>	<b>25</b>	<b>46</b>		<b>25,0</b>	<b>1,40</b>	<b>18</b>	<b>5,6</b>								
4,20	23	48		23,0	1,67	14	7,3								
4,40	25	55		25,0	2,00	13	8,0								
4,60	27	61		27,0	2,27	12	8,4								
4,80	29	59		29,0	2,00	15	6,9								
<b>5,00</b>	<b>26</b>	<b>57</b>		<b>26,0</b>	<b>2,07</b>	<b>13</b>	<b>8,0</b>								
5,20	24	53		24,0	1,93	12	8,0								
5,40	25	56		25,0	2,07	12	8,3								
5,60	24	63		24,0	2,60	9	10,8								
5,80	25	55		25,0	2,00	13	8,0								
<b>6,00</b>	<b>23</b>	<b>54</b>		<b>23,0</b>	<b>2,07</b>	<b>11</b>	<b>9,0</b>								
6,20	22	48		22,0	1,73	13	7,9								
6,40	20	42		20,0	1,47	14	7,4								
6,60	27	65		27,0	2,53	11	9,4								
6,80	20	45		20,0	1,67	12	8,4								
<b>7,00</b>	<b>22</b>	<b>43</b>		<b>22,0</b>	<b>1,40</b>	<b>16</b>	<b>6,4</b>								
7,20	21	40		21,0	1,27	17	6,0								
7,40	18	37		18,0	1,27	14	7,1								
7,60	19	35		19,0	1,07	18	5,6								

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

nota: Piezometro

FON130



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

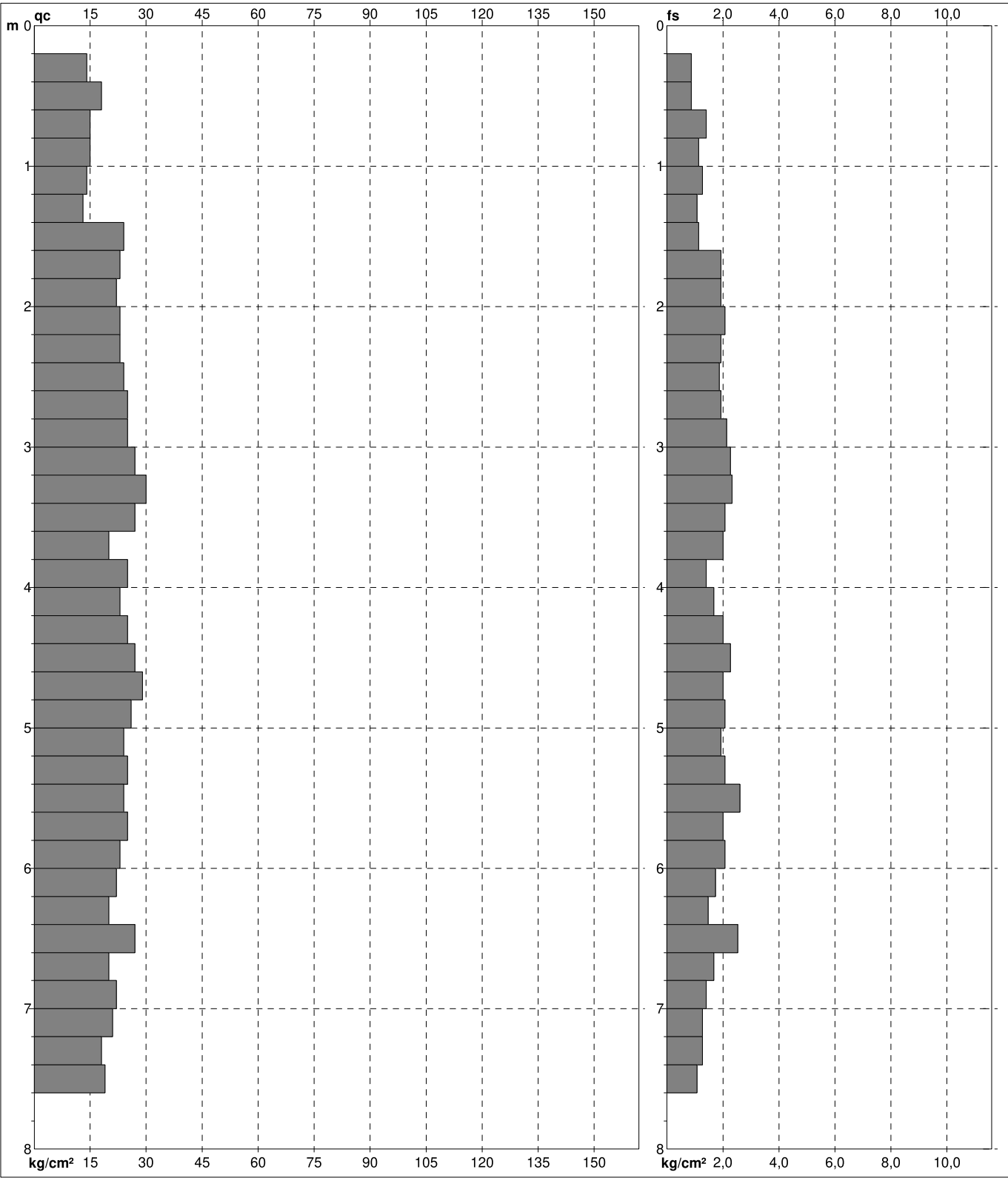
## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>165-21</b>

Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarnecki**  
 Cantiere  
 Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:40**  
 Pagina **1**  
 Elaborato

Data eseg. **05/05/2021**  
 Quota inizio:  
 Falda



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

note: Piezometro

FON130

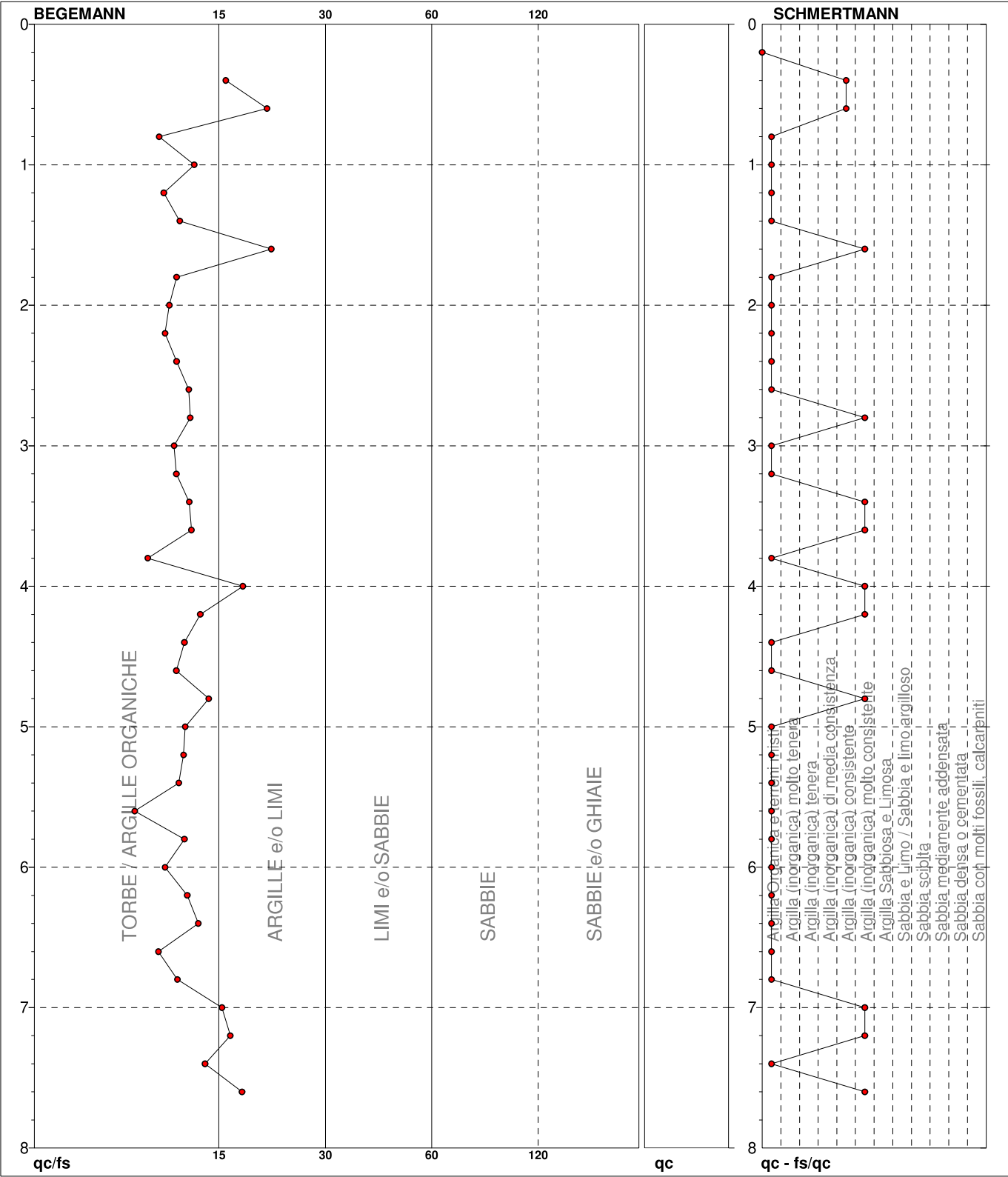
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>165-21</b>

Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarneckchi**  
 Cantiere  
 Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:40**  
 Pagina **1**  
 Elaborato  
 Data eseg. **05/05/2021**  
 Falda



● 165-21 [1] : 7,60 m

note: Piezometro

FON130



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****2**

Riferimento

**165-21**Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarnecki**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Data eseg. **05/05/2021**

Cantiere

Pagina **1**Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

Elaborato

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	24	38		24,0	0,93	26	3,9								
0,60	20	27		20,0	0,47	43	2,4								
0,80	15	28		15,0	0,87	17	5,8								
<b>1,00</b>	18	31		18,0	0,87	21	4,8								
1,20	16	30		16,0	0,93	17	5,8								
1,40	19	39		19,0	1,33	14	7,0								
1,60	22	35		22,0	0,87	25	4,0								
1,80	24	37		24,0	0,87	28	3,6								
<b>2,00</b>	27	43		27,0	1,07	25	4,0								
2,20	24	41		24,0	1,13	21	4,7								
2,40	27	48		27,0	1,40	19	5,2								
2,60	25	43		25,0	1,20	21	4,8								
2,80	30	51		30,0	1,40	21	4,7								
<b>3,00</b>	29	45		29,0	1,07	27	3,7								
3,20	21	40		21,0	1,27	17	6,0								
3,40	22	44		22,0	1,47	15	6,7								
3,60	24	40		24,0	1,07	22	4,5								
3,80	27	39		27,0	0,80	34	3,0								
<b>4,00</b>	25	44		25,0	1,27	20	5,1								
4,20	26	46		26,0	1,33	20	5,1								
4,40	23	41		23,0	1,20	19	5,2								
4,60	21	36		21,0	1,00	21	4,8								
4,80	26	53		26,0	1,80	14	6,9								
<b>5,00</b>	25	51		25,0	1,73	14	6,9								
5,20	20	36		20,0	1,07	19	5,4								
5,40	24	39		24,0	1,00	24	4,2								
5,60	23	50		23,0	1,80	13	7,8								
5,80	17	28		17,0	0,73	23	4,3								
<b>6,00</b>	20	35		20,0	1,00	20	5,0								
6,20	26	37		26,0	0,73	36	2,8								
6,40	21	40		21,0	1,27	17	6,0								
6,60	17	30		17,0	0,87	20	5,1								
6,80	18	23		18,0	0,33	55	1,8								
<b>7,00</b>	17	26		17,0	0,60	28	3,5								
7,20	16	24		16,0	0,53	30	3,3								
7,40	17	25		17,0	0,53	32	3,1								
7,60	16	22		16,0	0,40	40	2,5								

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

nota: Piezometro

FON130

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

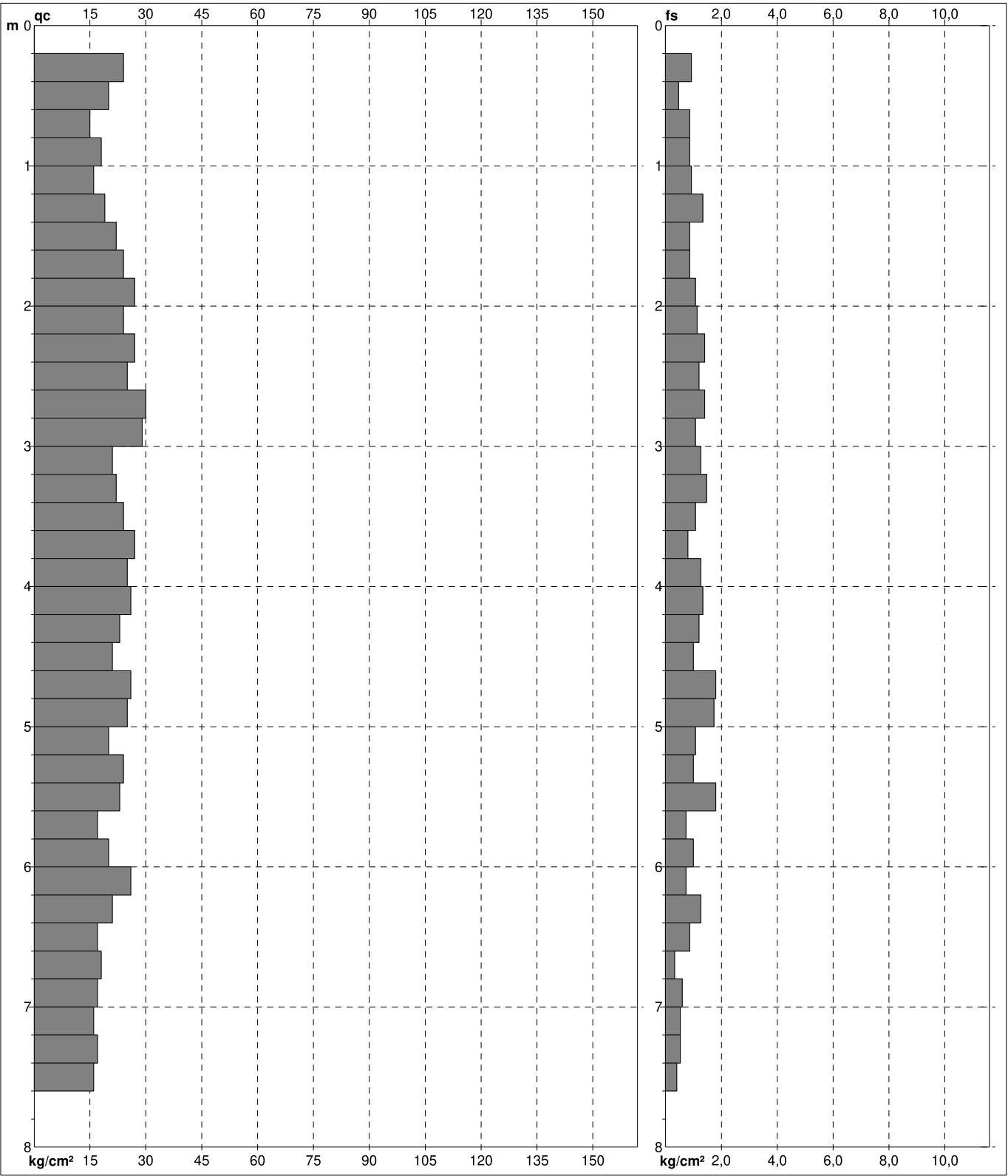
## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>165-21</b>

Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarnecki**  
 Cantiere  
 Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:40**  
 Pagina **1**  
 Elaborato

Data eseg. **05/05/2021**  
 Quota inizio:  
 Falda



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

note: Piezometro

FON130

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

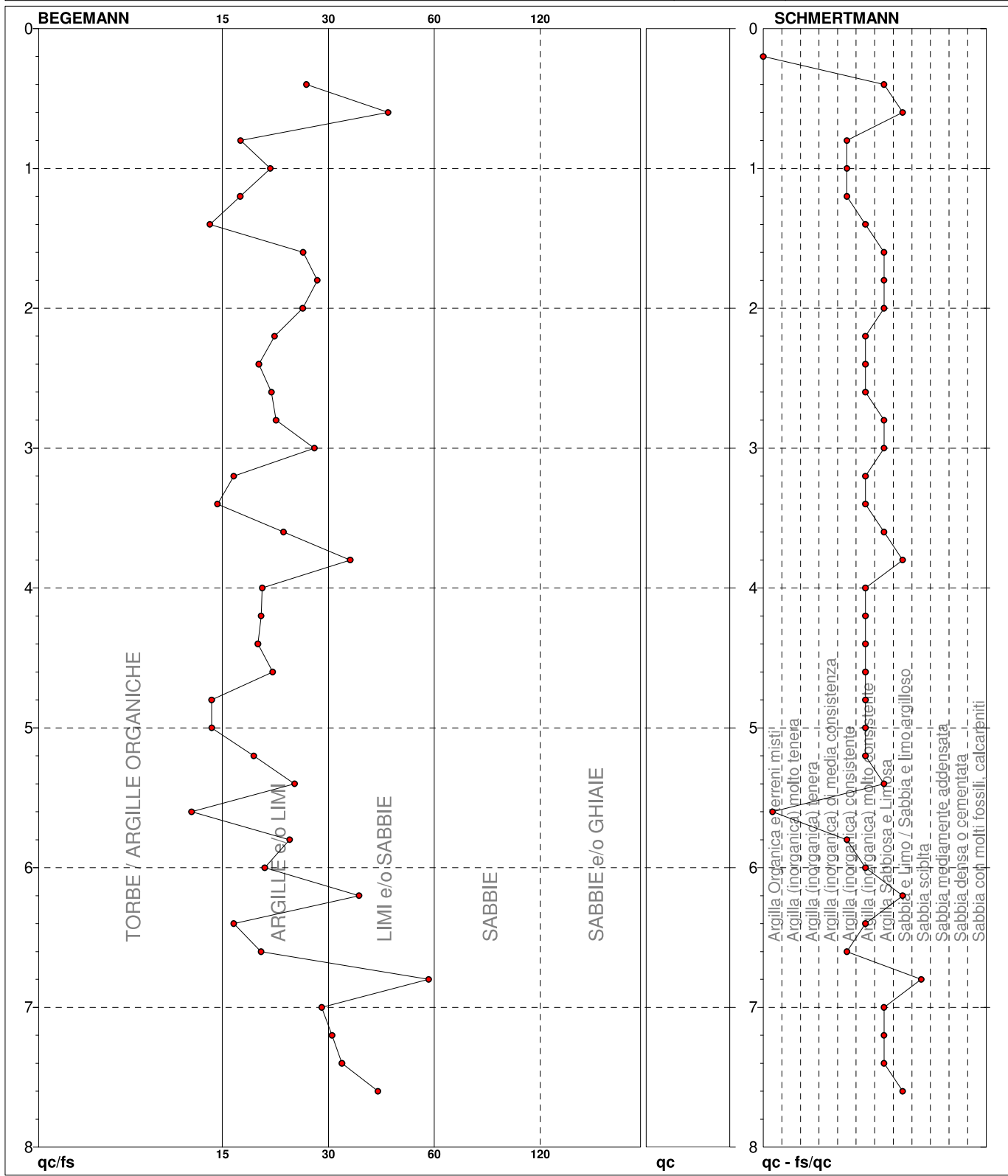
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>165-21</b>

Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarnecki**  
 Cantiere  
 Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:40**  
 Pagina **1**  
 Elaborato

Data esec. **05/05/2021**  
 Falda



● 165-21 [2] : 7,60 m

note: Piezometro

FON130



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****3**

Riferimento

**165-21**Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarneckchi**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**Data esec. **05/05/2021**

Cantiere

Pagina  
Elaborato

1

Falda

Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

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	37	60		37,0	1,53	24	4,1								
0,60	32	61		32,0	1,93	17	6,0								
0,80	47	83		47,0	2,40	20	5,1								
<b>1,00</b>	<b>32</b>	<b>60</b>		<b>32,0</b>	<b>1,87</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>								
1,20	39	59		39,0	1,33	29	3,4								
1,40	24	60		24,0	2,40	10	10,0								
1,60	18	41		18,0	1,53	12	8,5								
1,80	20	38		20,0	1,20	17	6,0								
<b>2,00</b>	<b>23</b>	<b>48</b>		<b>23,0</b>	<b>1,67</b>	<b>14</b>	<b>7,3</b>								
2,20	22	48		22,0	1,73	13	7,9								
2,40	25	43		25,0	1,20	21	4,8								
2,60	26	44		26,0	1,20	22	4,6								
2,80	26	49		26,0	1,53	17	5,9								
<b>3,00</b>	<b>28</b>	<b>51</b>		<b>28,0</b>	<b>1,53</b>	<b>18</b>	<b>5,5</b>								
3,20	30	55		30,0	1,67	18	5,6								
3,40	32	58		32,0	1,73	18	5,4								
3,60	37	66		37,0	1,93	19	5,2								
3,80	31	56		31,0	1,67	19	5,4								
<b>4,00</b>	<b>28</b>	<b>50</b>		<b>28,0</b>	<b>1,47</b>	<b>19</b>	<b>5,3</b>								
4,20	25	48		25,0	1,53	16	6,1								
4,40	23	38		23,0	1,00	23	4,3								
4,60	22	34		22,0	0,80	28	3,6								
4,80	32	45		32,0	0,87	37	2,7								
<b>5,00</b>	<b>27</b>	<b>53</b>		<b>27,0</b>	<b>1,73</b>	<b>16</b>	<b>6,4</b>								
5,20	24	48		24,0	1,60	15	6,7								
5,40	23	41		23,0	1,20	19	5,2								
5,60	22	40		22,0	1,20	18	5,5								
5,80	19	39		19,0	1,33	14	7,0								
<b>6,00</b>	<b>20</b>	<b>36</b>		<b>20,0</b>	<b>1,07</b>	<b>19</b>	<b>5,4</b>								
6,20	18	36		18,0	1,20	15	6,7								
6,40	16	31		16,0	1,00	16	6,3								
6,60	13	25		13,0	0,80	16	6,2								
6,80	13	22		13,0	0,60	22	4,6								
<b>7,00</b>	<b>17</b>	<b>29</b>		<b>17,0</b>	<b>0,80</b>	<b>21</b>	<b>4,7</b>								
7,20	14	24		14,0	0,67	21	4,8								
7,40	16	29		16,0	0,87	18	5,4								
7,60	15	28		15,0	0,87	17	5,8								

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

nota: Piezometro

FON130



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

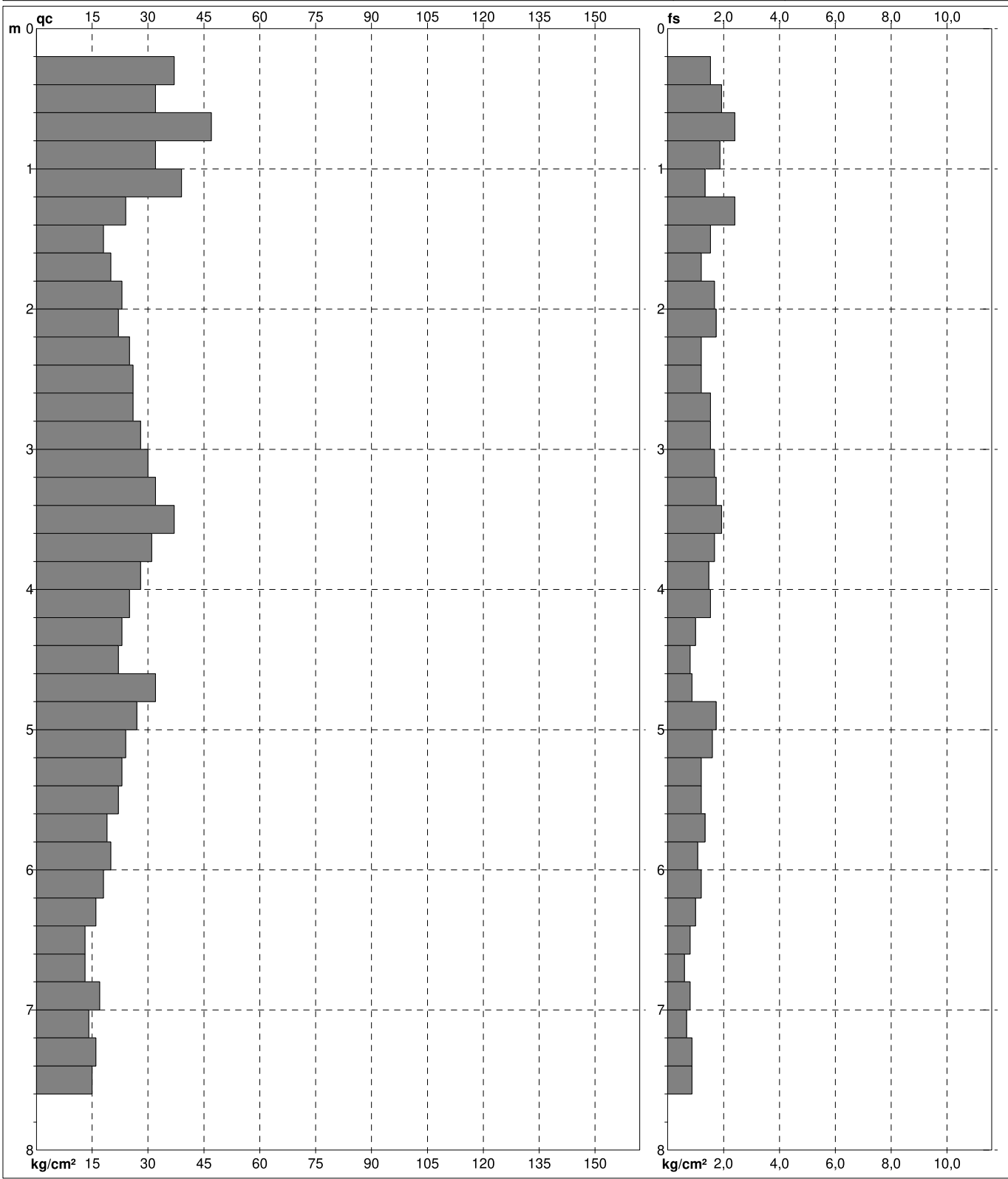
## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>165-21</b>

Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarneckhi**  
 Cantiere  
 Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:40**  
 Pagina **1**  
 Elaborato

Data eseg. **05/05/2021**  
 Quota inizio:  
 Falda



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

note: Piezometro

FON130

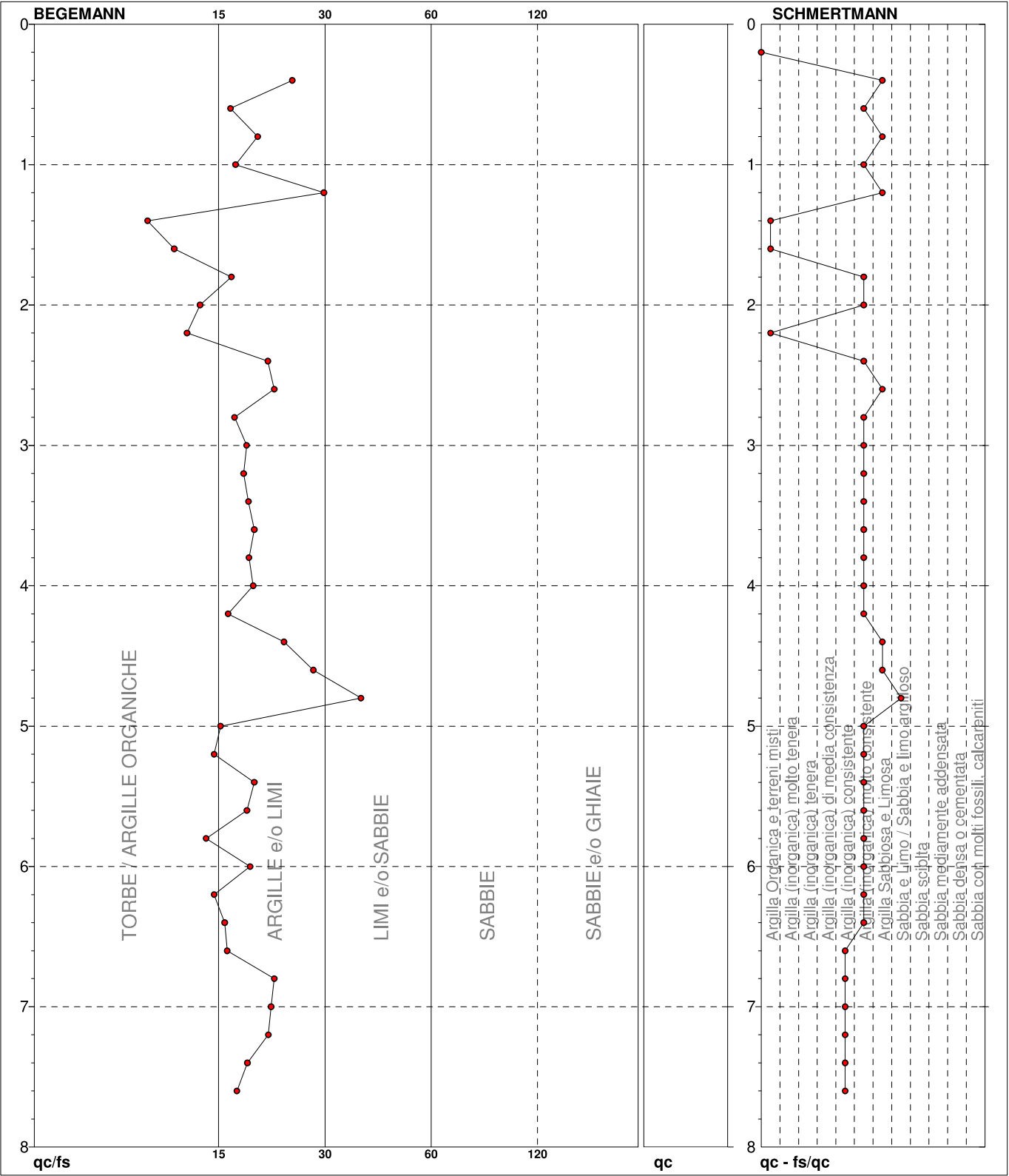
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>165-21</b>

Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarnecki**  
 Cantiere  
 Località **Santa Croce sull'Arno (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:40**  
 Pagina **1**  
 Elaborato  
 Data eseg. **05/05/2021**  
 Falda



● 165-21 [3] : 7,60 m

note: Piezometro

FON130



## 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

165-21

Committente **Dott. Geol. Eraldo Santarneckhi**

Cantiere

Località **Santa Croce sull'Arno (PI)****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>0,40 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

# ALLEGATO 4

## Risultati delle analisi MASW



Sito: nuovo tratto stradale Santa Croce sull'Arno - PI  
Data: Maggio 2021

Esecutore prova:  
Geol Paolo Tognelli

LABORATORIO GEOTECNICO  
AUTORIZZAZIONE  
MINISTERO  
INFRASTRUTTURE  
E TRASPORTI  
DECR. N° 2436  
SANTA CROCE SULL'ARNO - PISTOIA



# 1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce .....  
Numero di ricevitori.....24  
Numero di campioni temporali .....2000  
Passo temporale di acquisizione ..... 1ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....24  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 1999ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

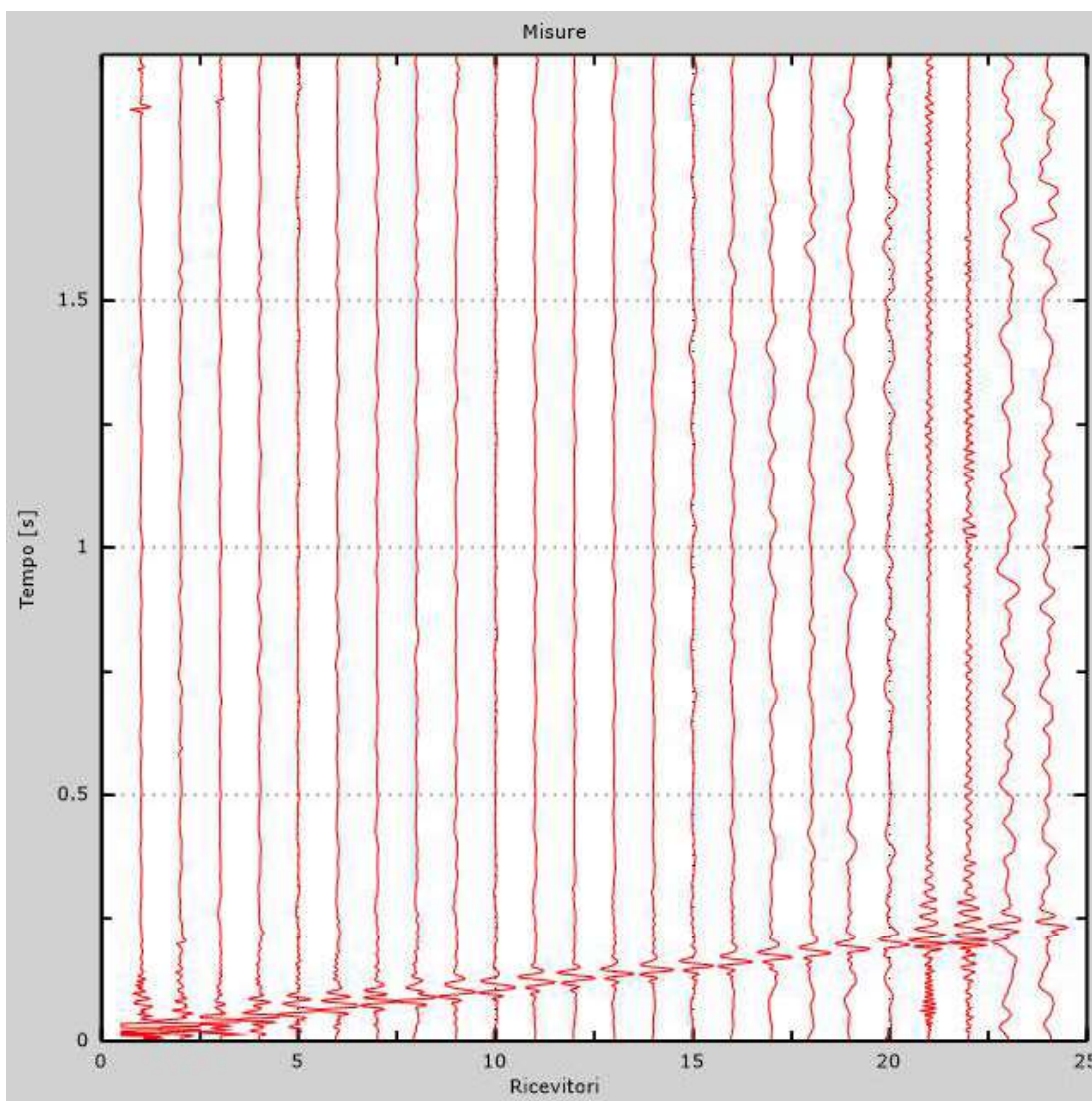


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

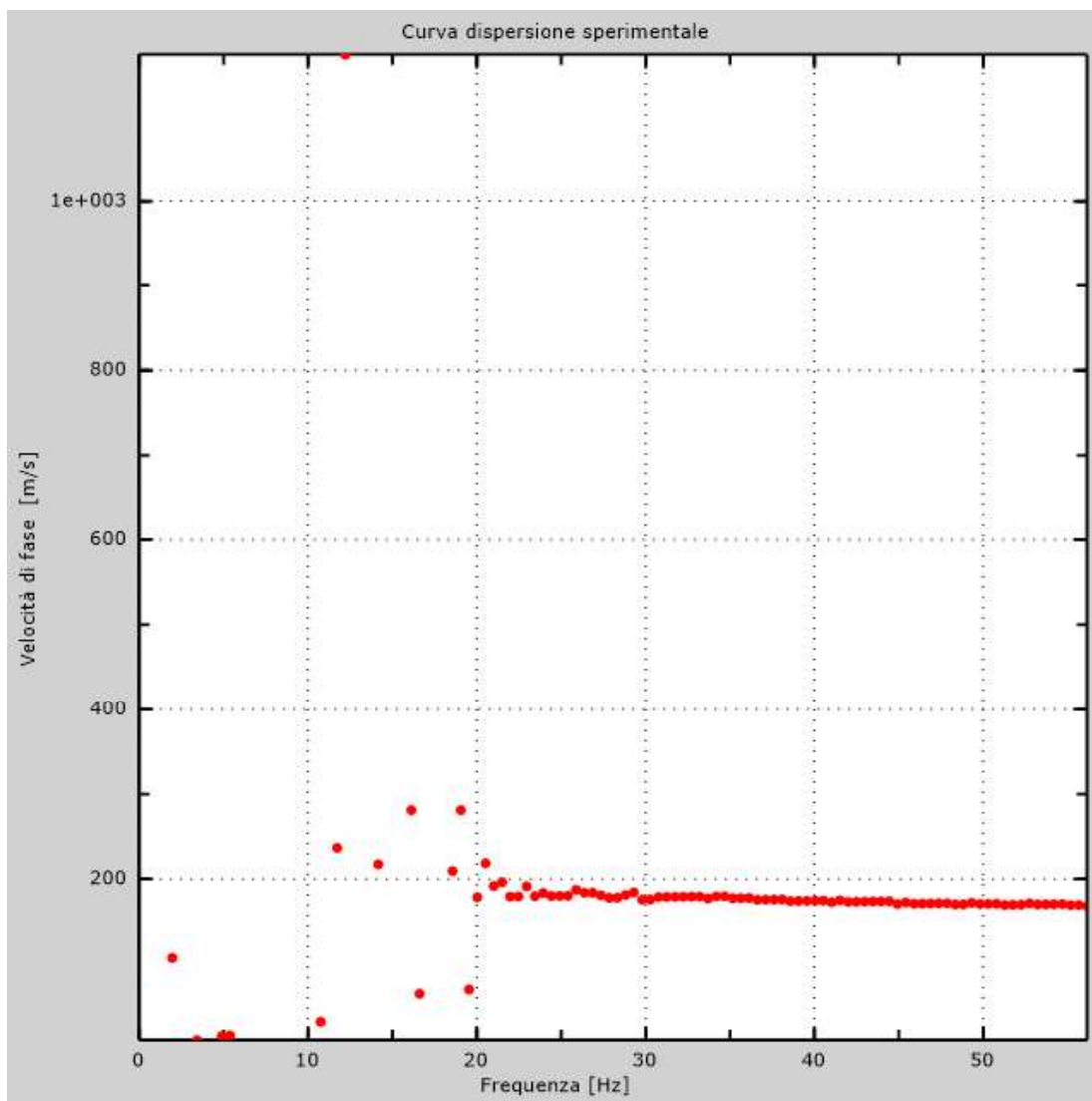


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

<b>Freq. [Hz]</b>	<b>V. fase [m/s]</b>	<b>V. fase min [m/s]</b>	<b>V. fase Max [m/s]</b>
16.2314	231.534	184.485	278.584
20.7417	214.109	184.485	243.732
23.9057	182.742	161.831	203.653
30.3682	174.029	147.89	200.168
36.4269	174.029	156.603	191.455
46.0534	174.029	165.316	182.742
51.7755	174.029	161.831	186.227
55.68	168.801	154.861	182.742

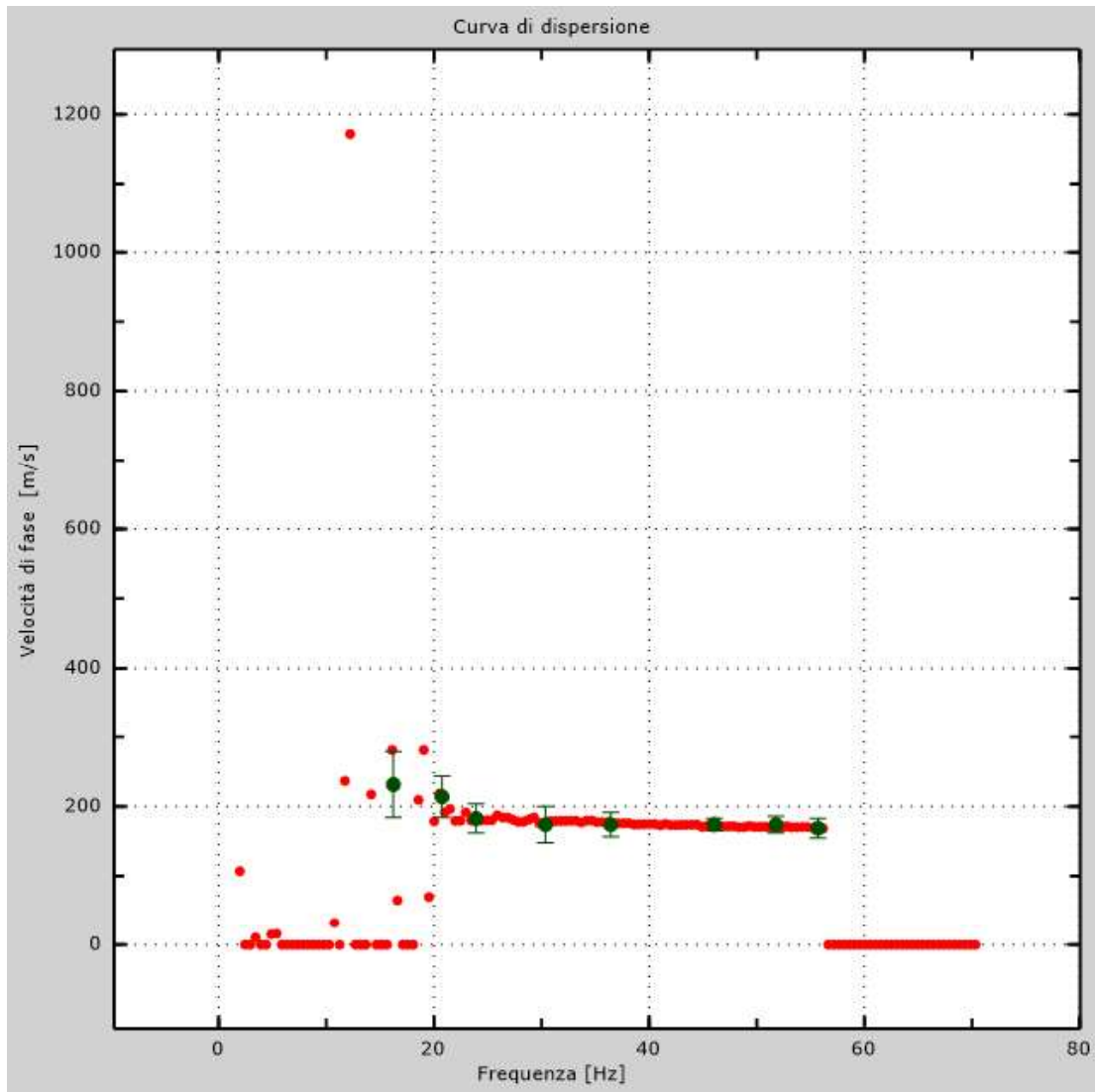


Figura 3: Curva di dispersione

## 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	9
Spaziatura ricevitori [m] .....	1.5m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

### Strato 1: argilla limosa poco compatta

h [m] .....	1.4
z [m] .....	-1.4
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1850
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	187.56
Vp [m/s] .....	390.44
Vs min [m/s] .....	93.78
Vs max [m/s] .....	375.11
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	187.560

### Strato 2: argilla limosa mediamente compatta

h [m] .....	4.2
z [m] .....	-5.6
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1850
Poisson .....	0.48
Vs [m/s] .....	203.05
Vp [m/s] .....	1035.36
Vs min [m/s] .....	101.52
Vs max [m/s] .....	406.09
Falda presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	203.050

### Strato 3: argilla limosa più compatta

h [m] .....	2.4
z [m] .....	-8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1850
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	257.26
Vp [m/s] .....	535.53

Vs min [m/s] .....	128.63
Vs max [m/s] .....	514.52
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	257.260

#### **Strato 4: limo argilloso**

h [m].....	2
z [m] .....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1850
Poisson .....	0.35
Vs [m/s].....	257.26
Vp [m/s] .....	535.53
Vs min [m/s] .....	128.63
Vs max [m/s].....	514.52
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	257.260

#### **Strato 5: limo argilloso e argilla sabbiosa**

h [m].....	5
z [m] .....	-15
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1850
Poisson .....	0.35
Vs [m/s].....	257.26
Vp [m/s] .....	535.53
Vs min [m/s] .....	128.63
Vs max [m/s].....	514.52
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	257.260

#### **Strato 6: limo argilloso e argilla sabbiosa**

h [m].....	5
z [m] .....	-20
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1850
Poisson .....	0.35
Vs [m/s].....	257.26
Vp [m/s] .....	535.53
Vs min [m/s] .....	128.63
Vs max [m/s].....	514.52
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	

Vs fin.[m/s] .....257.260

### Strato 7

h [m].....5

z [m].....-25

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....1900

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....257.26

Vp [m/s] .....535.53

Vs min [m/s] .....128.63

Vs max [m/s].....514.52

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....257.260

### Strato 8

h [m].....6

z [m].....-31

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....1900

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....257.26

Vp [m/s] .....535.53

Vs min [m/s] .....128.63

Vs max [m/s].....514.52

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....257.260

### Strato 9

h [m].....0

z [m].....-∞

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....1900

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....257.26

Vp [m/s] .....535.53

Vs min [m/s] .....128.63

Vs max [m/s].....514.52

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....257.260

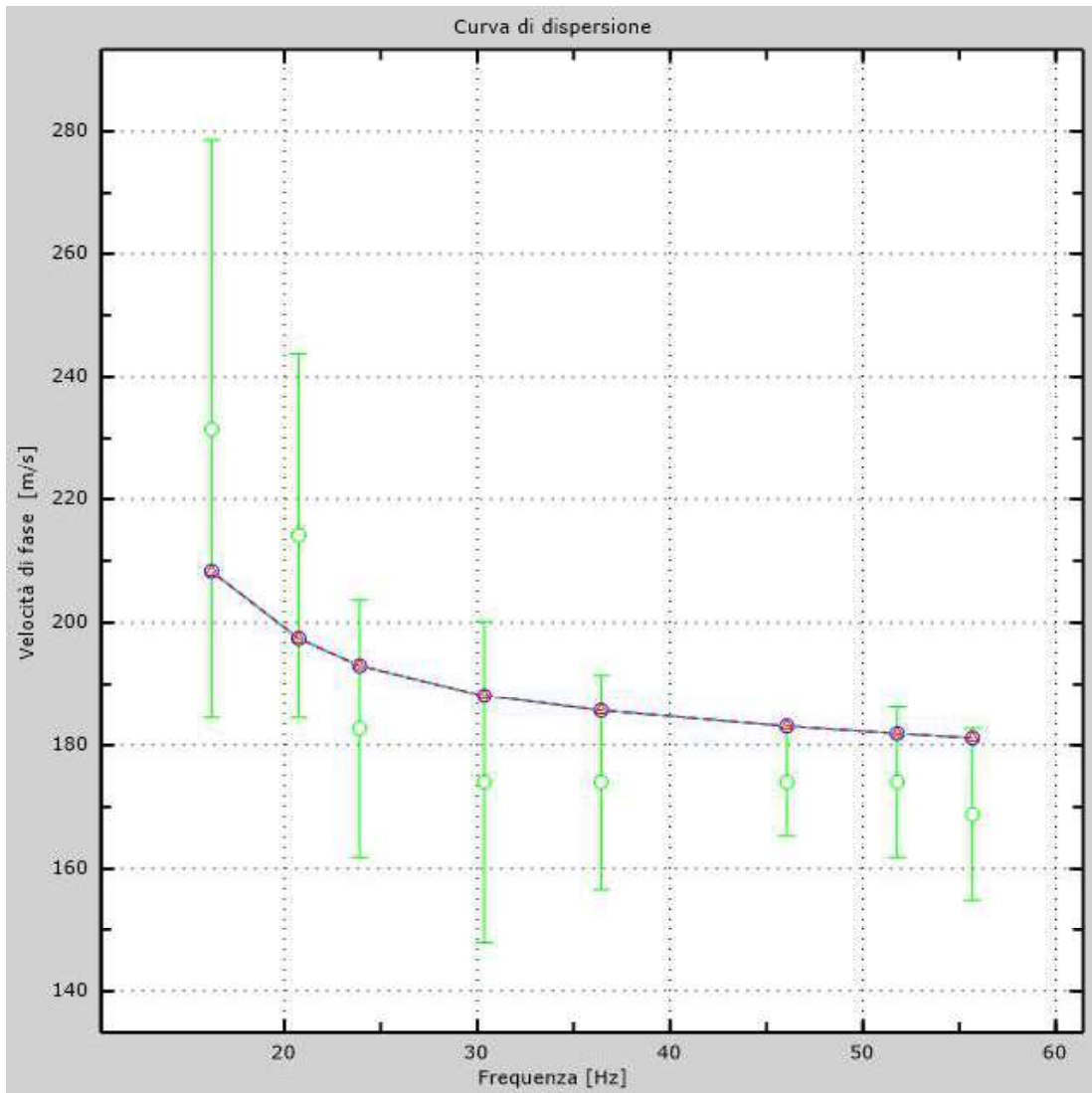


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



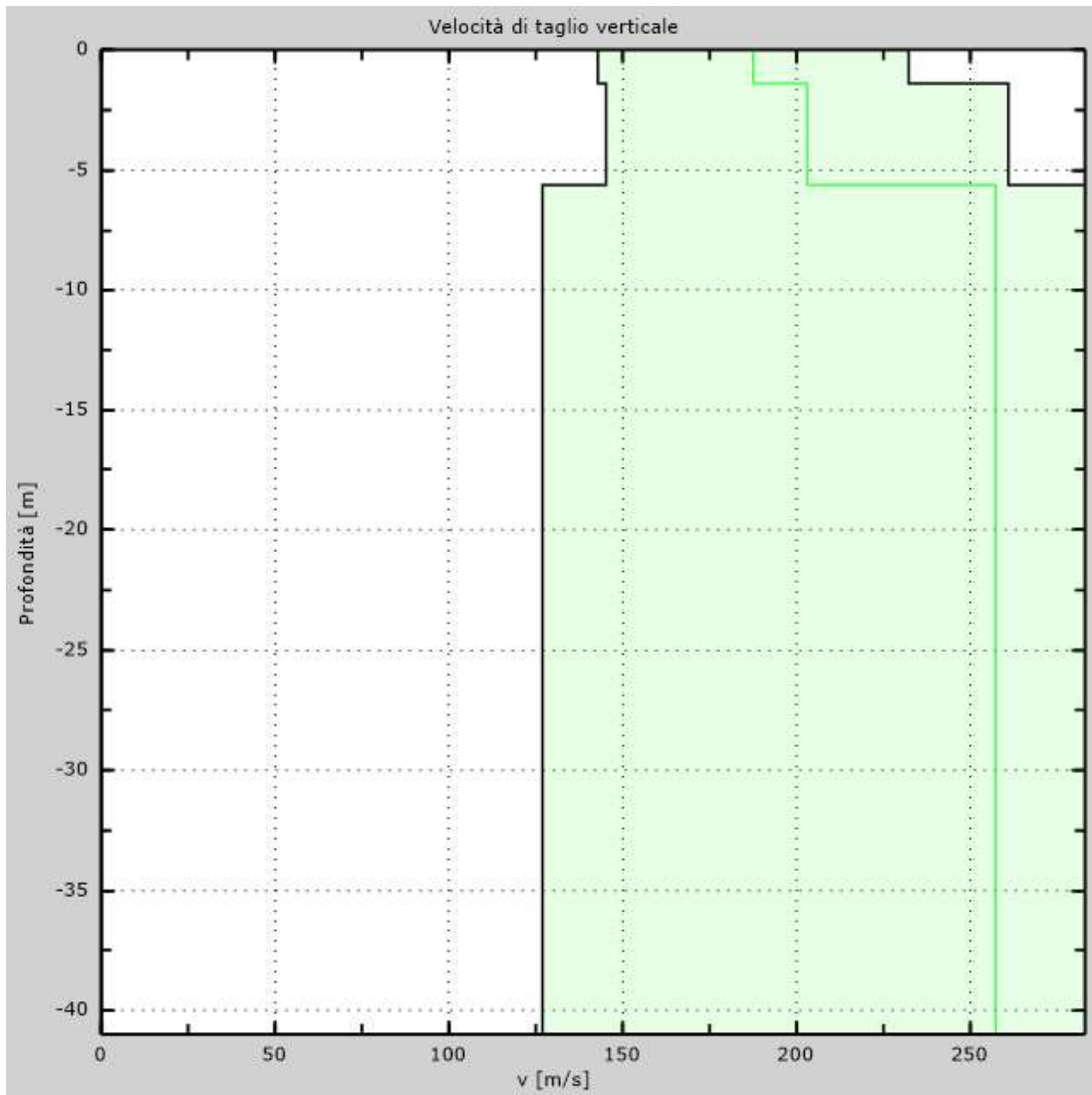


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

Offset [m].....0  
 Vs30 [m/s] .....243  
 Tipo di suolo .....C

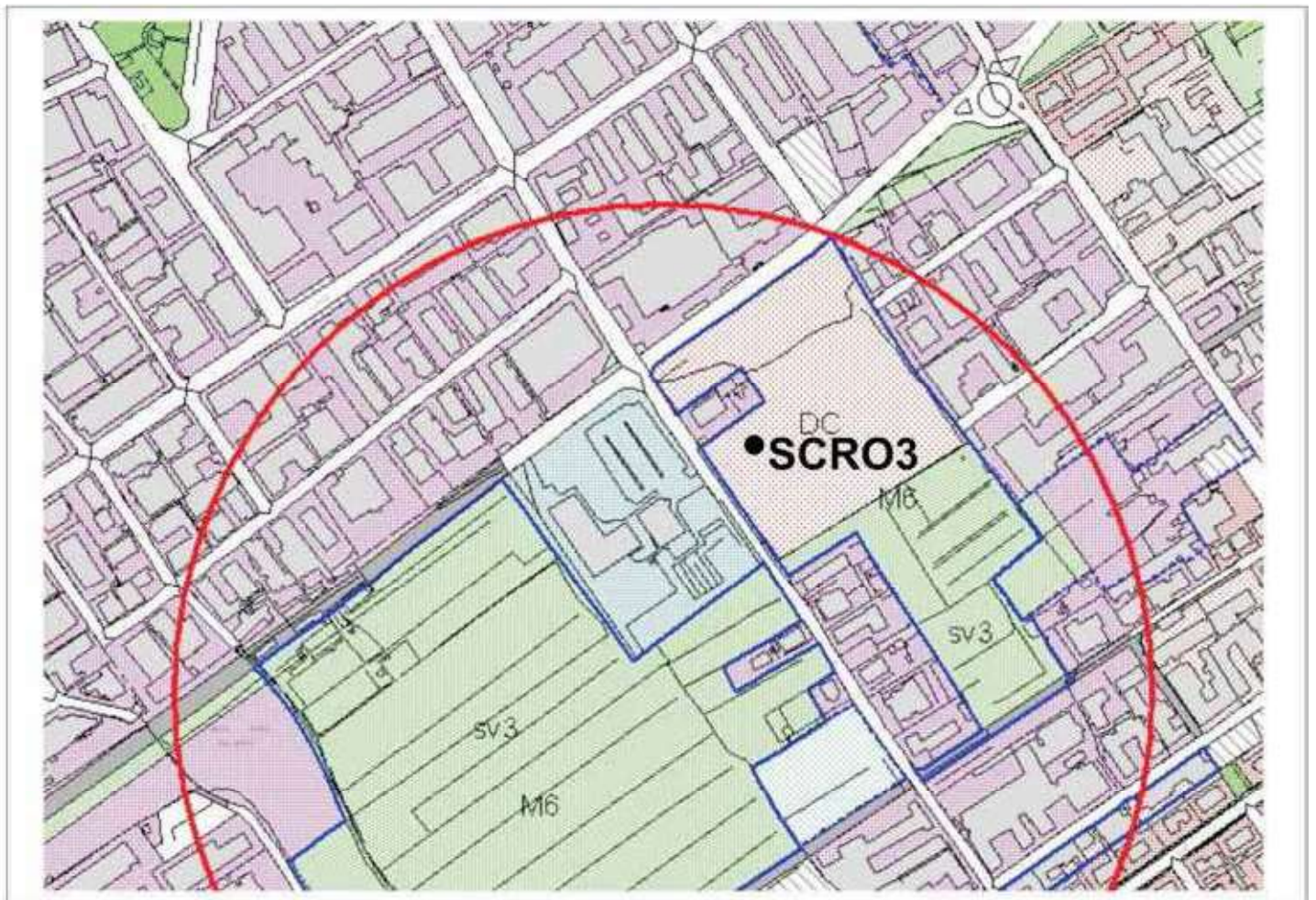
INDAGINE HVSR SANTA CROCE S/ARNO  
LOCALITÀ SANTA CROCE - STAZIONE **SCRO3**



ubicazione da foto aerea



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:5.000

orientazione > N

contesto globale : pianura alluvionale

contesto locale: prato

condizioni atmosferiche: sereno - vento debole

coordinate stazione - **43° 43.013' N** - **10° 46.232' E**

## SANTA\_CROCE, SCRO3

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 13/11/13 13:30:33      Fine registrazione: 13/11/13 13:50:33

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".      Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

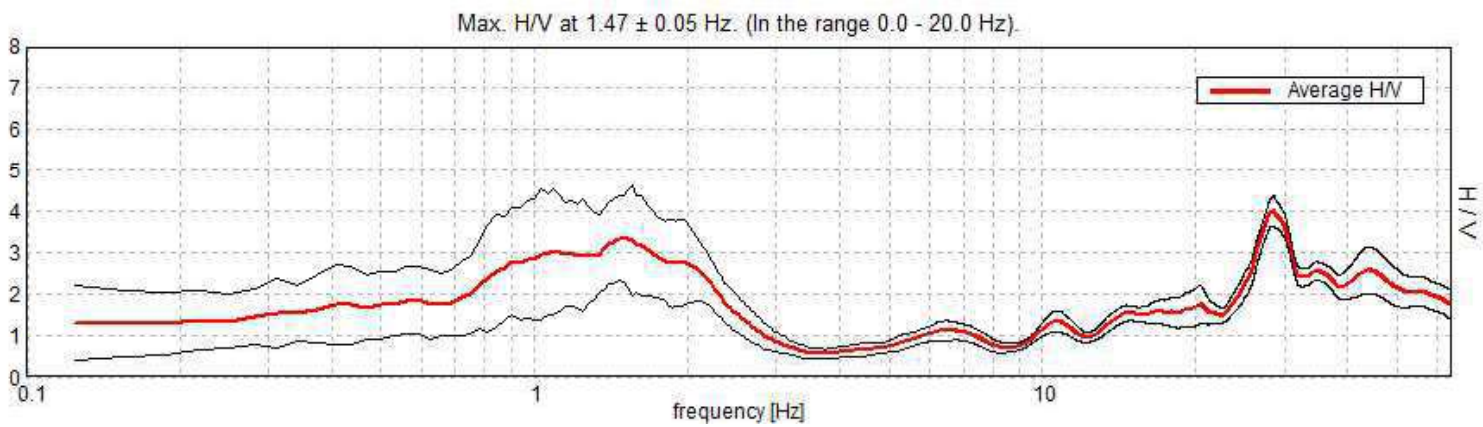
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

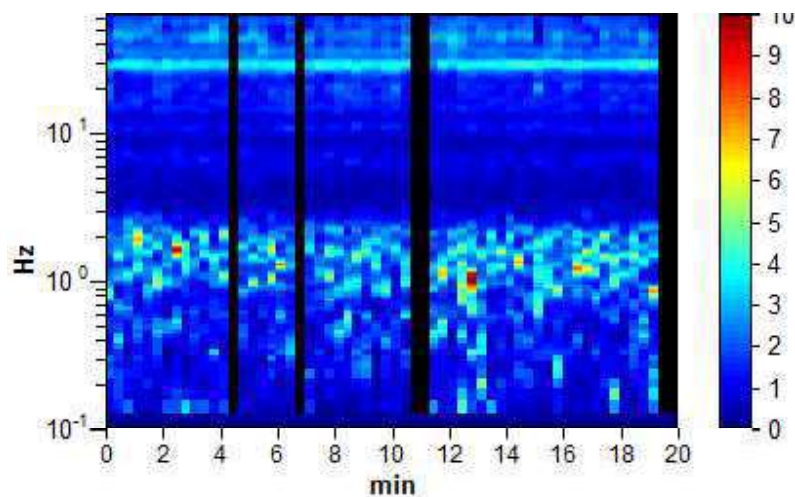
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

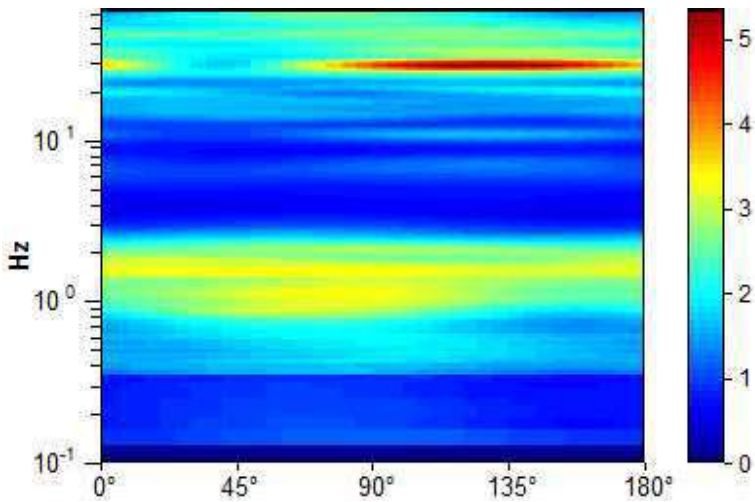
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



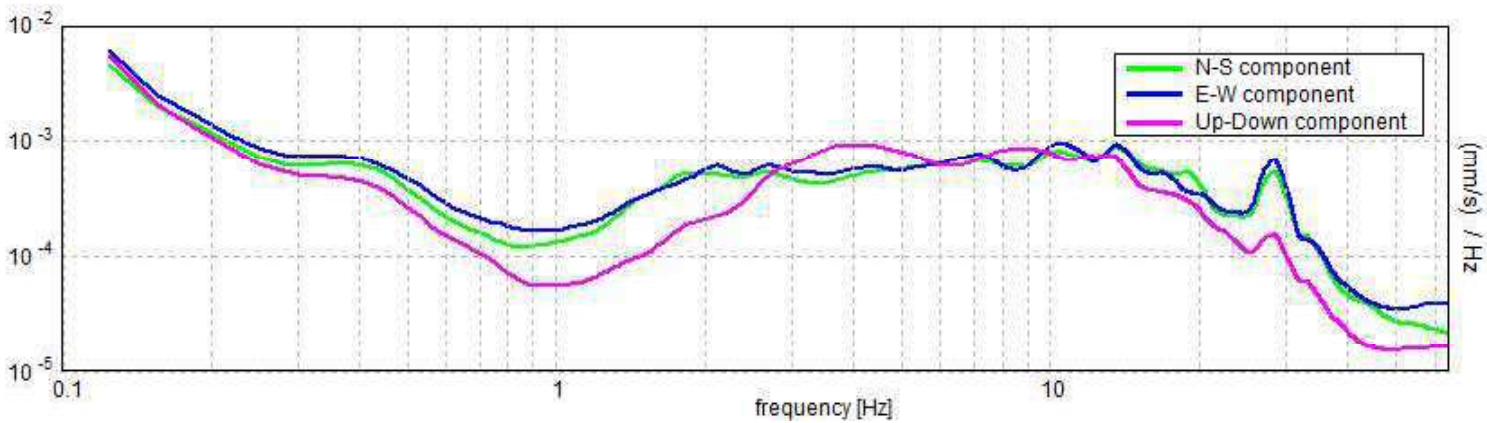
## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $1.47 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $1.47 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $1586.3 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 72 [ OK ]

.....

Esiste  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 0.375 Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 2.438 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.34 > 2$  [ OK ]

$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01691| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.02484 < 0.14688$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.512 < 1.78$  [ OK ]