

## Area tecnica - Servizio assetto e gestione del territorio

Intervento di nuova costruzione per sostituzione edilizia di due fabbricati sede dell'istituto secondario superiore "Niccolò Copernico" di Prato

PNRR MAC1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle università - 3.3: Piano di messa in sicurezza e riqualificazione dell'edilizia scolastica

R.U.P. : Rossella Bonciolini



SETTANTA 7  
THINKING  
ARCHITECTURE

PRT\_E\_RS\_001  
DICEMBRE 2021

## RELAZIONE GEOLOGICA

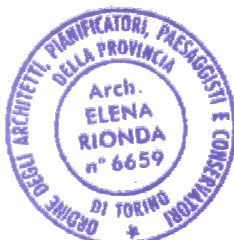
### RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

#### SETTANTA7

arch. Daniele Rangone



arch. Elena Rionda



#### PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA

ing. Manuele Petranelli



#### PROGETTAZIONE STRUTTURALE

ing. Maurizio Follesa



ing. Davide Vassallo



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

REVISIONE N°:

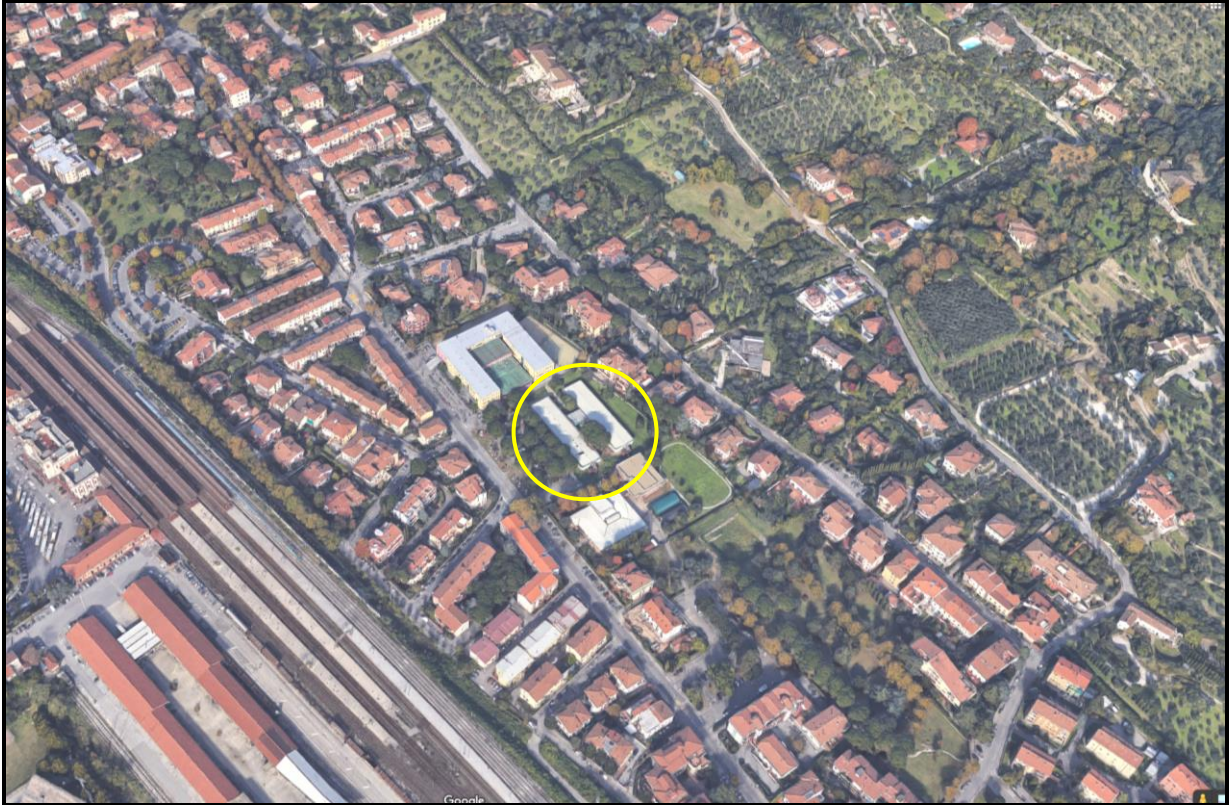


benedetta polverosi  
geologo

c.f. PLV BDT 65S68 B684 L  
p.i. 01946830971  
via baronciatica 95  
51039 quarrata (pt)

Comune di Prato (PO)

PROGETTO DI SOSTITUZIONE EDILIZIA NELL'AMBITO DEL  
COMPLESSO SCOLASTICO LICEO COPERNICO – VIA BORGOVALSUGANA



RELAZIONE GEOLOGICA  
ai sensi del DM 17.01.2018  
RU e DPGR 36/R/2011

rev. 1  
gennaio 2020



Richiedente: PROVINCIA DI PRATO

## INDICE

1	PREMESSE.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	4
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	7
4	INTERVENTO IN PROGETTO.....	11
5	CONDIZIONI DI FATTIBILITA'.....	11
6	CONSIDERAZIONI SULLA DESTINAZIONE DELLE TERRE DI SCAVO E SULLA QUALITA' DELLE MATICI AMBIENTALI.....	13
7	INDAGINE GEOGNOSTICA.....	14
	7.1 sondaggio a carotaggio continuo.....	14
	7.2 prove di laboratorio.....	15
	7.3 prove penetrometriche.....	16
	7.4 rilievo freaticometrico.....	16
	7.5 indagine sismica: DH.....	17
	7.6 prova sismica HVSR.....	21
8	MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	23
	8.1 stratigrafia.....	23
	8.2 parametrizzazione del terreno di fondazione.....	24
9	COMPORTEMENTO SISMICO.....	24
	9.1 classificazione sismica.....	25
	9.2 azioni sismiche.....	25
	9.3 analisi del potenziale di liquefazione.....	26
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	27

## ALLEGATI

## CARTOGRAFIE GENERALI (NEL TESTO):

- Estratto DB geologico regionale su base multiscala
- Estratti PS vigente
- Estratti MZS
- Estratto carta del reticolo LR79
- Estratto PGRA
- Estratto PAI

## INDAGINI IN SITO (FUORI TESTO):

- report sondaggio
- report stratigrafia sondaggio S1
- certificazione prove di laboratorio geotecnico S1C1-S1C2
- report prove penetrometriche PD1-4
- report indagine sismica DH
- report indagini sismiche HVSR
- report parametri sismici sito-specifici
- sezioni geologiche interpretative

Comune di Prato (PO)

PROGETTO DI SOSTITUZIONE EDILIZIA NELL'AMBITO DEL  
COMPLESSO SCOLASTICO LICEO COPERNICO – VIA BORGOVALSUGANARELAZIONE GEOLOGICA  
AI SENSI DEL DM 17.01.2018  
RU E DPGR 36/R/2011

## 1 PREMESSE

La presente nota descrive i risultati di una indagine geologica svolta al fine definire la struttura geologica e sismo-stratigrafica dell'area ove si prevede la demolizione di un edificio prefabbricato ad uso scolastico e la ricostruzione dello stesso presso Via Borgovalsugana, in Prato, per il passaggio alla la progettazione strutturale.

In questa sede viene rivalutata anche la fattibilità dell'intervento, analizzata nella relazione geologica preliminare del giugno 2018, in ragione della variazione sostanziale del quadro normativo e conoscitivo; in particolare a seguito dell'entrata in vigore del PS e PO (2019) e, viste le problematiche idrauliche a carico dell'area, della LR41/2018.

L'indagine è realizzata in forza delle NTC 18 e DPGR 36/R, oltre che dello strumento urbanistico vigente e norme sovraordinate, ed è svolta su incarico della Provincia di Prato.

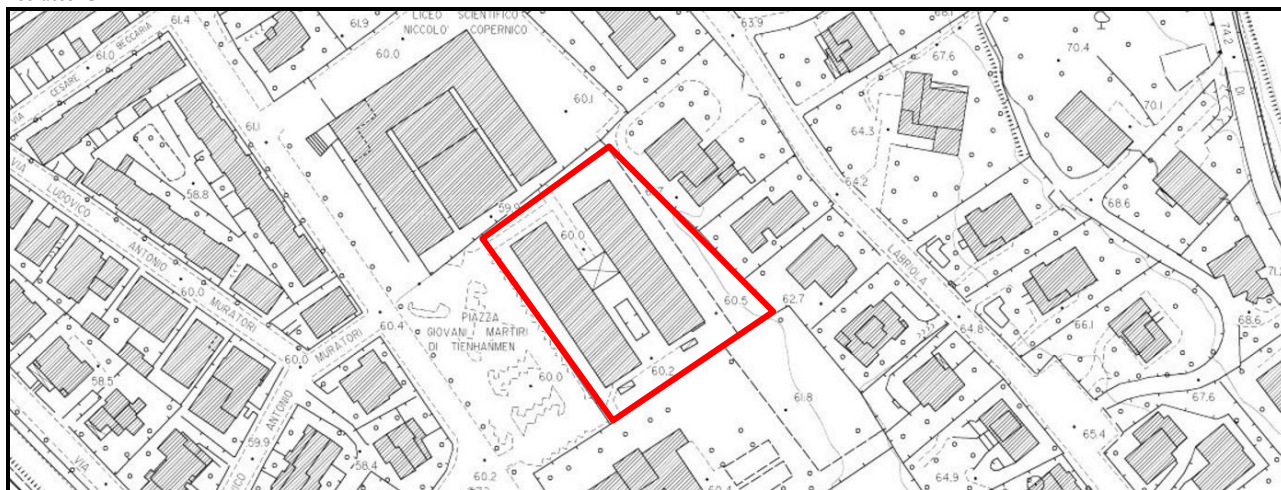
In materia di rischio sismico l'indagine è redatta a norma dell'OPCM 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e successivo OPCM 3519/2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", cui segue la proposta di classificazione regionale approvata per la Regione Toscana nell'ultima versione con DGRT 421/2014.

L'indagine geognostica in sito, finalizzata alla caratterizzazione del substrato di intervento, è svolta sulla base delle NTC18 "*Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni*", relativa circolare applicativa e del regolamento regionale in materia di progettazione in zona sismica DPGRT 36/R/2009 "*Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*", coerentemente alla tipologia del substrato di fondazione e al tipo di intervento previsto.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di intervento si inserisce nel contesto pedecollinare ricompreso tra le pendici della Calvana e la piana del Bisenzio, in area urbana; il substrato dell'area è costituito dalla formazione carbonatica dell'Unità di M. Morello (fm di M. Morello) e copertura di alterazione, con eventuale presenza pellicolare di sedimenti alluvionali recenti; non risultano falde freatiche a bassa profondità nel substrato carbonatico, mentre una circolazione idrica sospesa potrebbe interessare i sedimenti recenti di copertura, alimentati dalle abbondanti filtrazioni pellicolari provenienti dalle coperture detritiche del versante soprastante.

Estratto CTR 2k



L'assetto morfologico risulta caratterizzato da pendenze modeste, regolarizzate dall'intervento antropico, in area servita da reti tecnologiche, e posta alla quota di circa 60 m slm. Le cartografie geologiche disponibili evidenziano la posizione di margine rispetto alla piana, come evidenziato nella sezione geologica schematica del PS passante poco oltre. Gli studi di MZS evidenziano nell'area coperture alluvionali a grana sottile, distali, ubicate al margine della conca valliva, che coincide grossolanamente con l'andamento della faglia diretta di Pistoia-Firenze di cui si tratterà diffusamente più avanti.

Nell'area pedecollinare non hanno grande significato le proiezioni delle isofreatiche dedotte dai dati della piana; è più logico presumere un livello freatico molto superficiale in relazione agli abbondanti contributi del versante carbonatico soprastante.

estratto carta geologica DB regionale

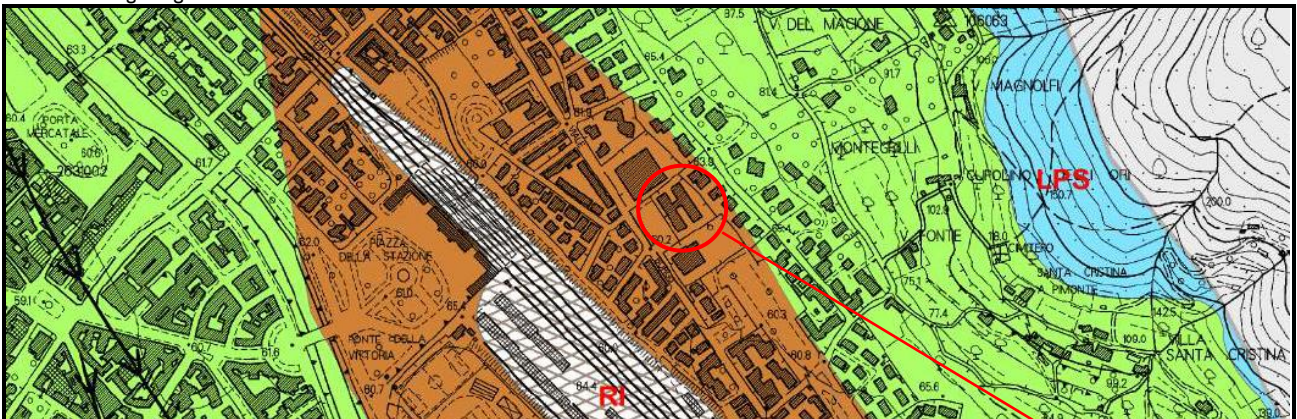




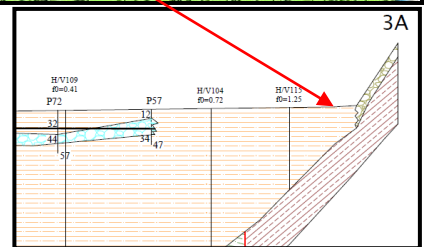
estratto carta geologica MZS



estratto carta geologico-tecnica MZS



- GPpd Chiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di piana pedemontana
- MLpd Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana pedemontana



estratto carta idrogeologica PS

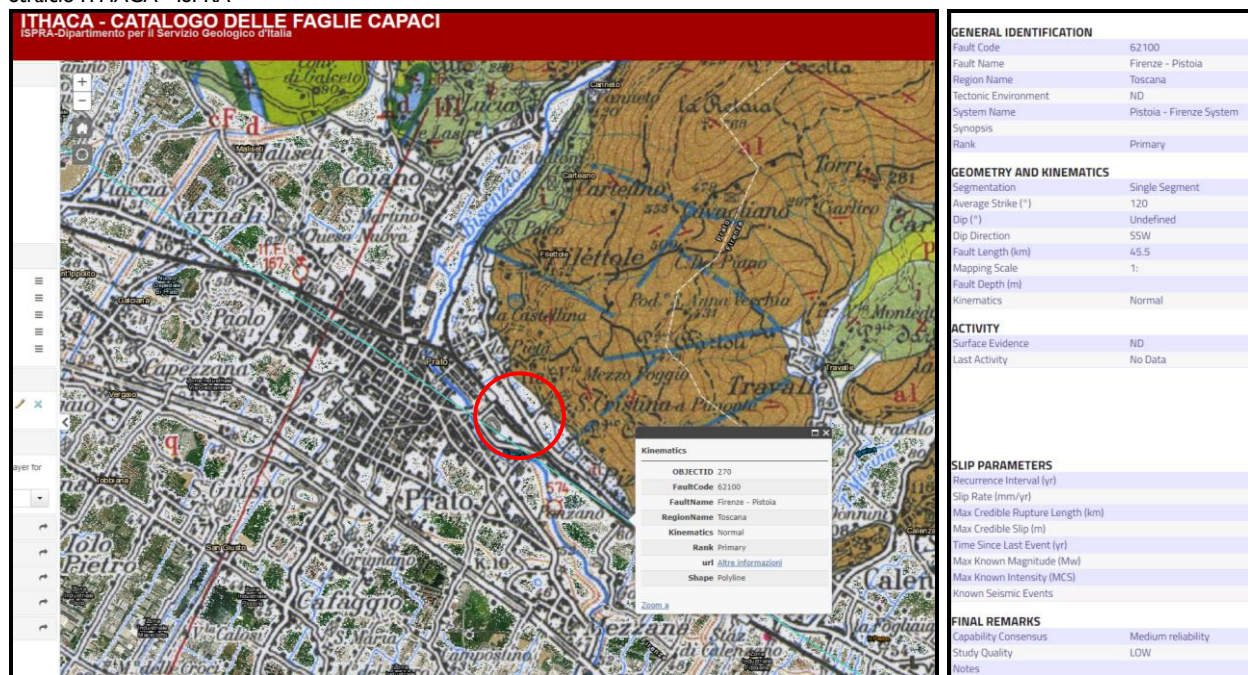


Sono presenti nelle vicinanze alcuni pozzi impostati sulla piana alluvionale; i dati di monitoraggio satellitare disponibili per la RT (progetto In-SAR), indicano una sostanziale stabilità dell'area.

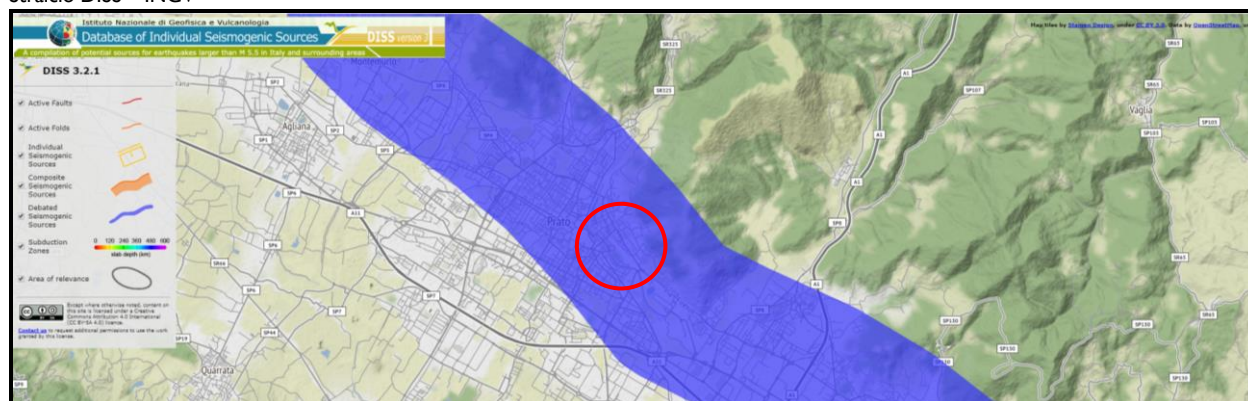
Il margine tra la piana e il rilievo della Calvana posto immediatamente alle spalle del sito corrisponde con il tracciato della faglia diretta Firenze-Pistoia. I dati sullo stato di attività della stessa sono reperibili sui DB ITHACA – *catalogo delle faglie capaci* di ISPRA e DISS – *database of individual seismogenic sources* di INGV.

Nel primo è classificata come faglia diretta senza evidenze di superficie né dati di attività. Nel secondo è classificata come sorgente sismogenetica dibattuta.

Stralcio ITHACA - ISPRA



Stralcio DISS – INGV

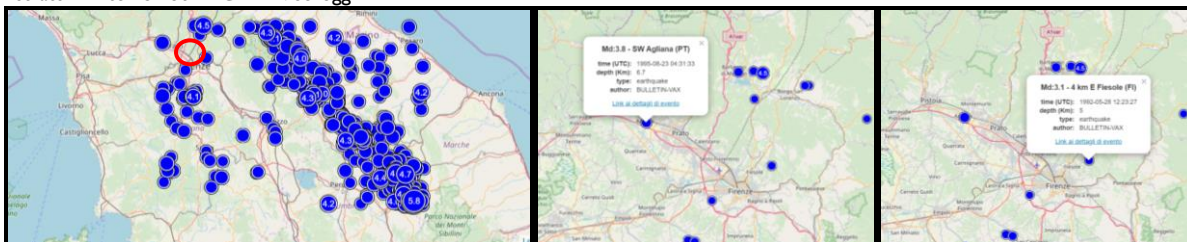


Nel DB di INGV disponibili on line non si segnalano dall'85 a oggi significativi contributi lungo questo allineamento; i due unici dati posti lungo questo allineamento indicano (Aglia 1995 e Fiesole 1992)  $M_d < 4$ .

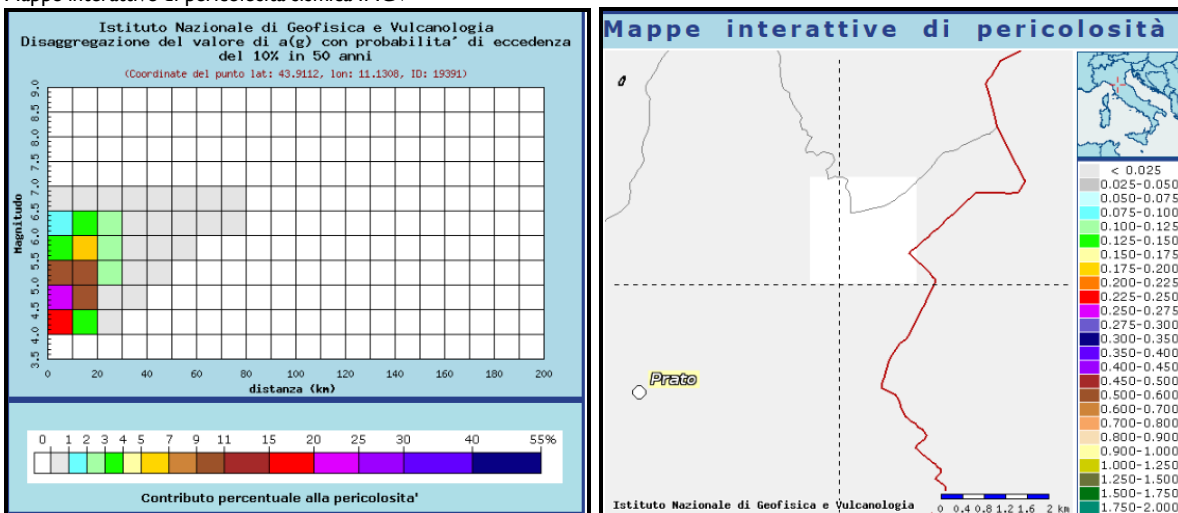
Il grafico di disaggregazione mostra che il contributo massimo alla pericolosità locale di base è legato a terremoti con M di 5.5 posti entro i 10 e 20 Km e riferibili all'area del Mugello.



Estratti DB terremoti INGV – 1985-oggi



Mappe interattive di pericolosità sismica INGV

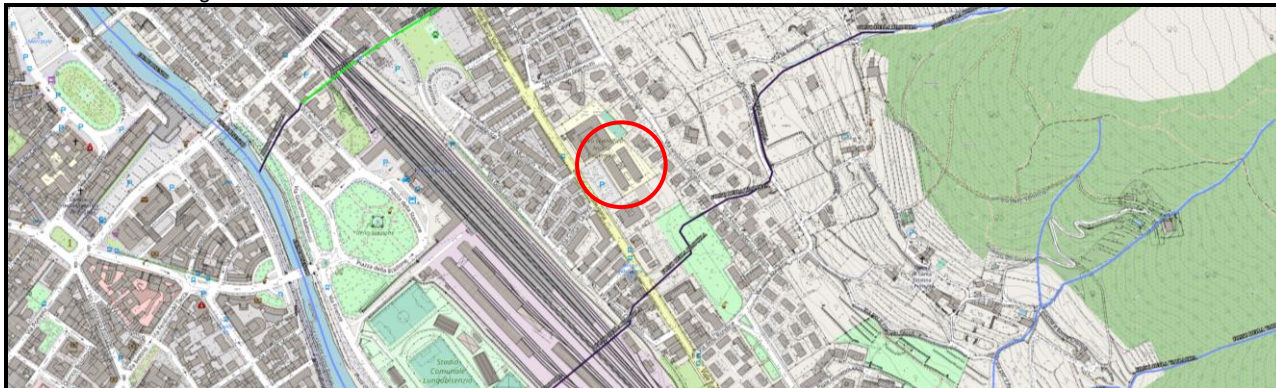


### 3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'area di intervento ricade al di fuori dell'area di tutela assoluta dei corsi d'acqua come definita dalla DCRT 72/2007 (nuovo PIT), con una distanza minima dal corso d'acqua più prossimo di circa 100 m. I due tracciati limitrofi sono il F. della Rimpolla a SE, nel tratto tombato definito "fittizio" sulla cartografia ufficiale (in viola), e il Borro di Giolica con andamento anch'esso quasi completamente tombato nel tratto in interesse.

L'intervento non risulta quindi soggetto a limitazioni o ad autorizzazioni preventive ai sensi del RD 523/104.

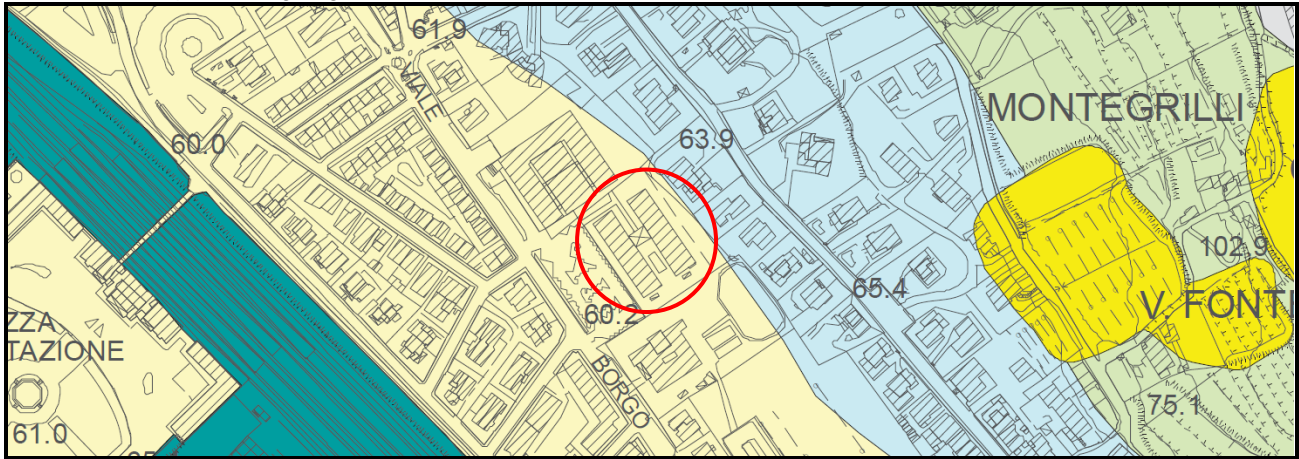
Carta del reticolo idrografico RT LR 79/2012







Negli elaborati geologico-tecnici redatti a supporto della pianificazione urbanistica, la zona studiata ricade nella classe di pericolosità geologica G2 – media, mentre per gli aspetti sismici è assegnata la classe S3 – elevata per possibilità di amplificazioni stratigrafiche, e per gli aspetti idraulici è assegnata la classe I4 – molto elevata, per possibili allagamenti trentennali.

Estratto carta della pericolosità geologica PS

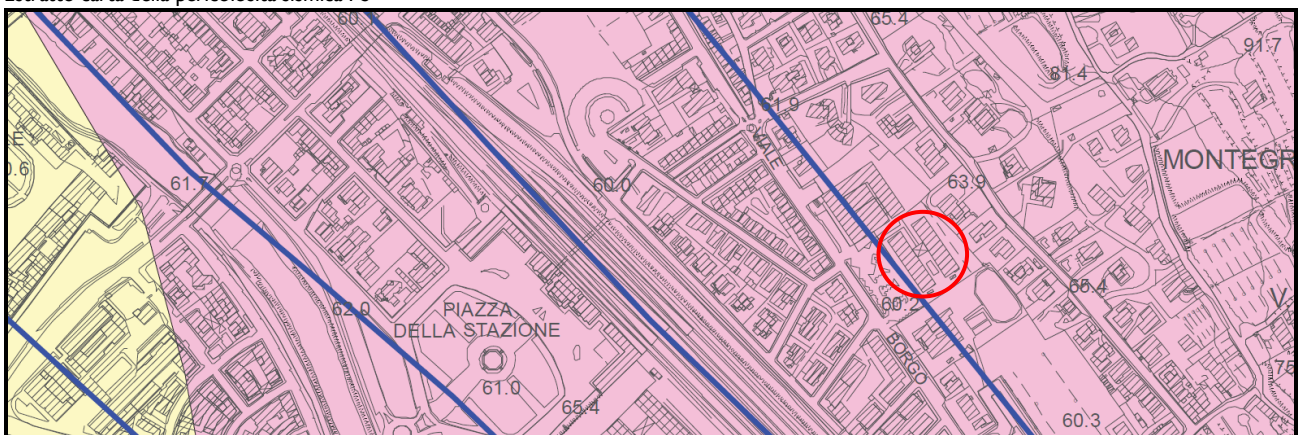


G.2 - MEDIA




-  Area interessata da movimenti franosi inattivi e stabilizzati
-  Area caratterizzata da bassa propensione al dissesto in relazione alla pendenza del versante ed alla litologia:
  - terreni alluvionali con pendenze minori del 25%
  - terreni litoidi alterati e fratturati con pendenze minori del 50%
  - terreni litoidi competenti

Sotto il profilo geologico e geotecnico non sono emersi elementi tali da necessitare di perimetrazioni vincolanti; per gli aspetti sismici invece la perimetrazione di pericolosità elevata discende dall'attribuzione alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali nella carta MOPS, con un stratigrafia caratterizzata da spessori variabili da 0 a 30 m di coperture alluvionali su bedrock, con frequenza di vibrazione del suolo di 4 Hz, con trend rapidamente crescente verso NE a individuare l'affioramento del bedrock.

Estratto carta della pericolosità sismica PS



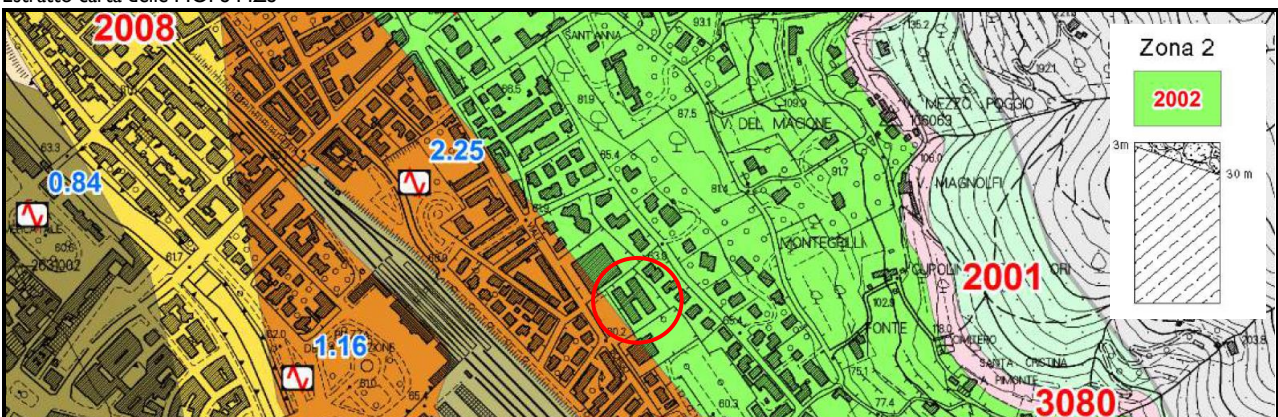
S.3 Pericolosità sismica locale elevata

-  Zona caratterizzata da fenomeni franosi quiescenti
-  Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti
-  Zona caratterizzata da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato

Estratto carta delle frequenze MZS

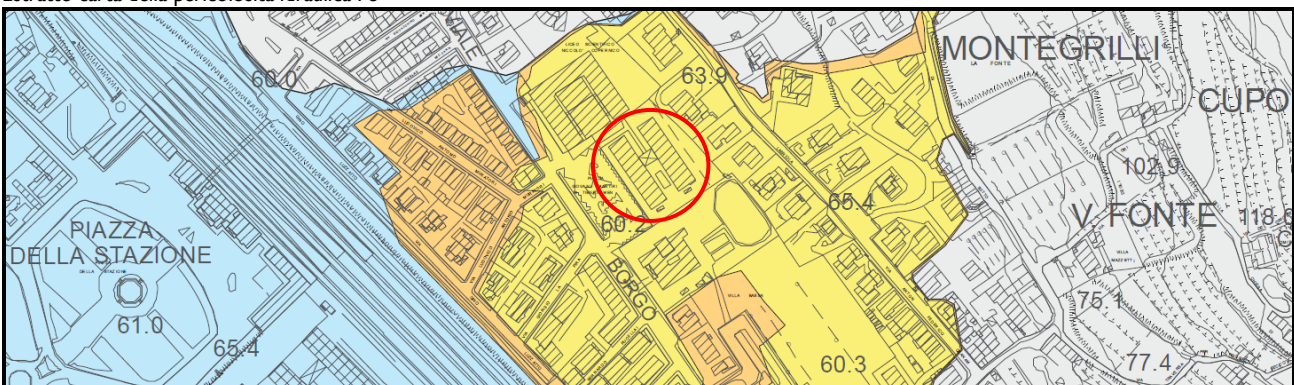


Estratto carta delle MOPS MZS



Gli aspetti idraulici evidenziano invece delle criticità, legate all'insufficiente dimensionamento dei tombamenti dei corsi d'acqua nella fascia pedecollinare antropizzata, che genera un'area soggetta ad allagamenti frequenti tra i tracciati dei corsi della Rimpolla e Giolica, sebbene posti in area acclive e dunque legati a battenti modesti.

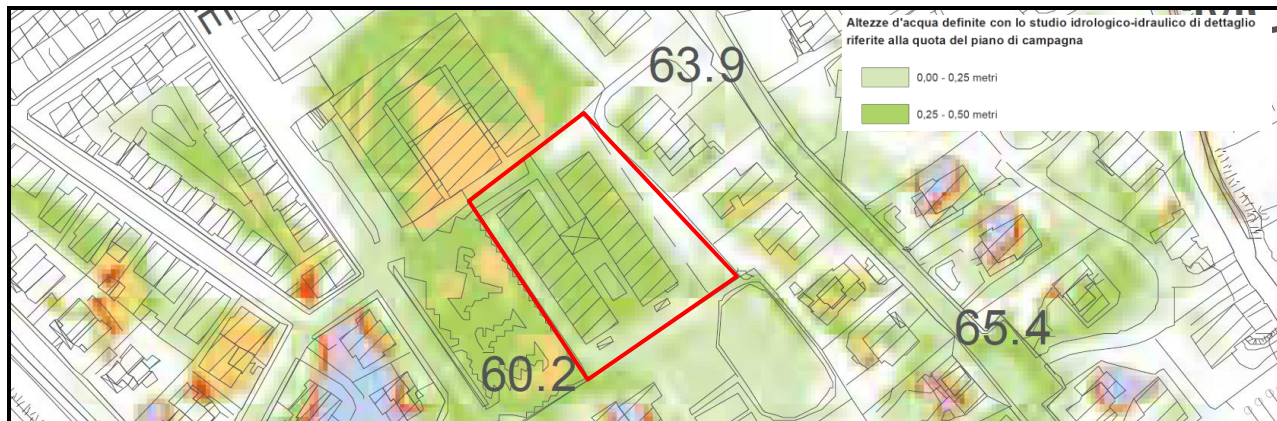
Estratto carta della pericolosità idraulica PS



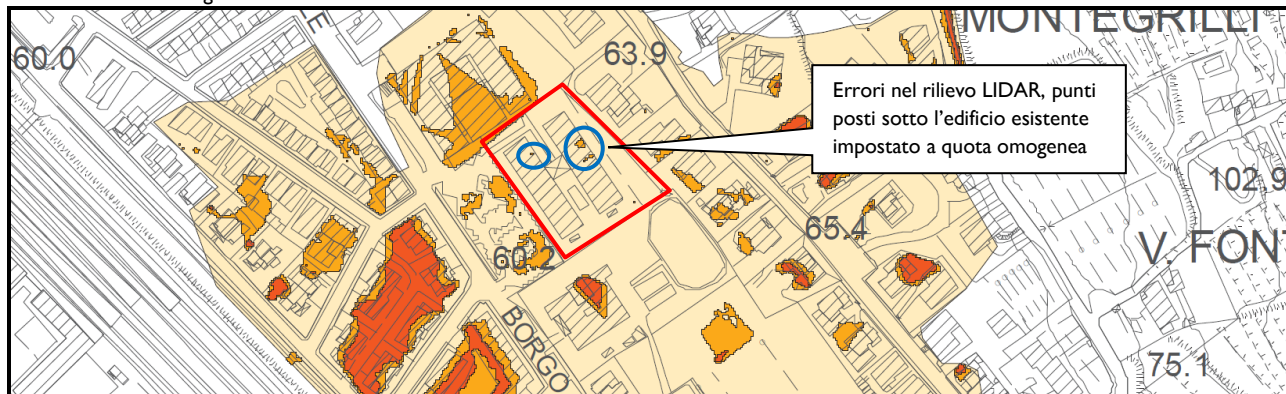
Pericolosità per alluvioni frequenti, molto elevata (I.4), da alluvione elevata (P3)  
 aree interessate da allagamenti per eventi con Tr inferiore o uguale a 30 anni

Nello studio di dettaglio del PS, recente e successivo al PGRA, si identificano battenti compresi nei 50 cm (salvo un dato puntiforme superiore, posto sotto l'edificio e corrispondente a un chiaro errore del LIDAR), e magnitudo idraulica moderata ai sensi della LR 41/21018.

Estratto carta dei battenti PS



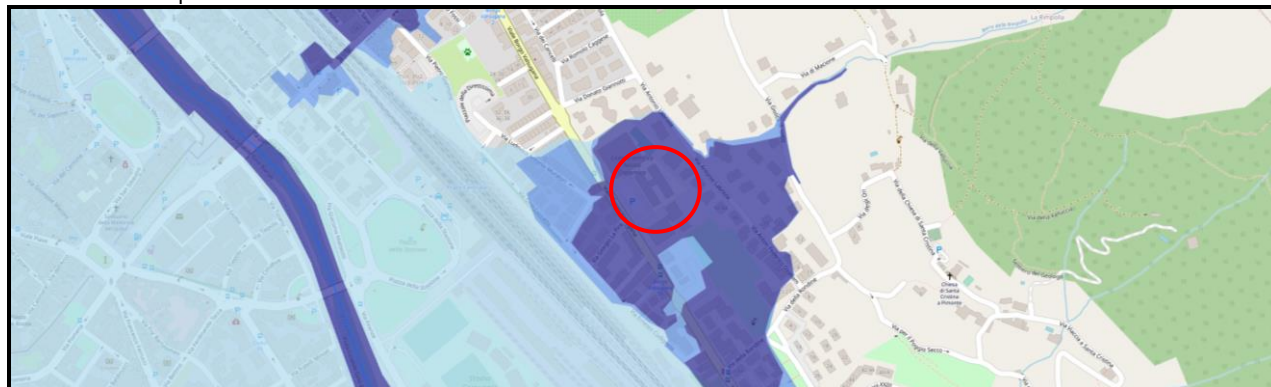
Estratto carta della magnitudo idraulica LR41 PS



Nel vigente Piano di Ambito Stralcio Gestione Rischio Alluvioni l'area si conferma attribuita alle aree soggette a pericolosità da alluvioni trentennali – P3.

Lo strumento di interrogazione dedicato sul sito evidenzia battenti bicentenari non disponibili; si dovrà quindi da fare riferimenti ai dati del PS già esposti.

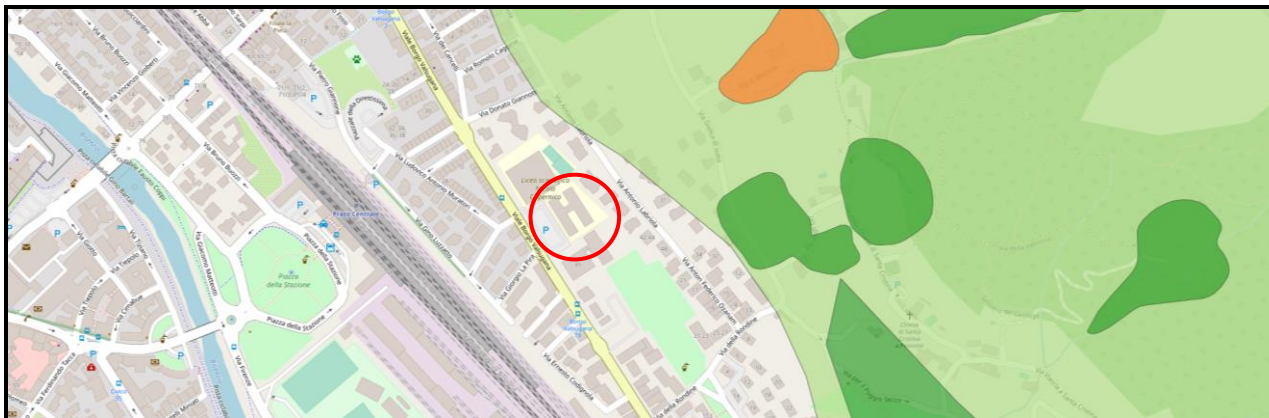
Estratto carta della pericolosità da alluvioni PGRA



Estratto carta dei battenti Tr200 PGRA



Estratto PAI



Nel PAI l'area ricade al di fuori delle aree soggette a pericolosità da fenomeni geomorfologici.

Non ricade in area soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi del RD 3264/1923, né all'interno di aree di rispetto di pozzi idropotabili; non sono stati individuati ulteriori vincoli significativi ai fini della presente indagine.

#### 4 INTERVENTO IN PROGETTO

L'intervento in progetto consiste nella demolizione dell'edificio esistente e costruzione di un nuovo plesso.

#### 5 CONDIZIONI DI FATTIBILITA'

L'analisi condotta sulle perimetrazioni del sito a tutte le scale della pianificazione ha consentito la ricostruzione preliminare dell'assetto vincolistico del sito. Nel seguito gli estratti degli art. 11, 12, 13 e 14 delle NTA del PO.

Si dettagliano le condizioni di fattibilità relative ai singoli aspetti di rischio per la categoria servizi pubblici e privati ad uso pubblico:

art. 11:

Tipi di intervento	Pericolosità										
	Geologica*			Idraulica*				Sismica*			
	G.2	G.3	G.4	I.1	I.2	I.3	I.4	S.1	S.2	S.3	S.4
		PF.3°	PF.4°		P1°	P2°	P3°				
NE, IP.2 e IP.3 nuova edificazione anche di pertinenze RCD ricostruzione di edifici o parti di essi	Fg.2	Fg.3	Fg.4	Fi.1	Fi.2	Fi.3	Fi.4	Fs.1	Fs.2	Fs.3	Fs.4

- PER GLI ASPETTI IDROLOGICO-IDRAULICI sono da prevedere limitazioni alla fattibilità, in quanto ricadente in area interessata da allagamenti per eventi di bassa ciclicità:
- è interessata da vincoli restrittivi e ricade all'interno di aree interessate da inondazioni trentennali (valutazioni quantitative del PS e PGRA)
  - sono previsti battenti bicentenari (PS) entro 50 cm
  - ricade in area a bassa magnitudo idraulica per Tr200
  - l'intervento non incrementa la pericolosità delle aree adiacenti per preesistenza del fabbricato
  - non si rendono quindi necessarie opere di compensazione
  - si rendono necessarie opere di messa in sicurezza del fabbricato. Nello specifico, secondo quanto deducibile dalle norme sotto citate, sarà necessario porre il solaio calpestabile a quota di sicurezza corrispondente al minimo ai 50 cm del battente oltre franco di 30 cm, con quota finale quindi > 60.80 slmm.

art. 13 comma 5:

5. Fattibilità limitata (Fi.4)

a) Le previsioni soggette a fattibilità idraulica limitata, qualora realizzabili ai sensi della L.R.n. 21/12, sono attuabili ai sensi del paragrafo 3.2.2.1 delle Direttive allegate al D.P.G.R. n.53/R/11 soltanto a seguito della realizzazione di opere strutturali per la messa in sicurezza idraulica, così come definite al precedente punto, accompagnate dalle necessarie opere di compensazione per il non aumento del rischio idraulico nelle aree circostanti, così come definite al punto 4.

LR 41/2018, art. 12 comma 2:

2. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportano incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

- PER GLI ASPETTI RIGUARDANTI LA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA non si prevedono condizioni di fattibilità in quanto:

- ricadente in area servita da reti tecnologiche
- posta fuori da vincoli limitanti.
- PER GLI ASPETTI GEOTECNICI E SISMICI è stata completata una campagna geognostica in sito, che consente la completa modellazione del sito e l'impostazione dei singoli aspetti progettuali, oltre che di effettuare le verifiche di supporto al progetto ai sensi delle NTC18:
  - non sono stati rilevati vincoli limitanti o che impongano particolari approfondimenti di indagine, salvo quanto ordinariamente prescritto per gli accertamenti sulla struttura sismo-stratigrafica locale
  - il la campagna geognostica è programmata in ottemperanza alle NTC/2008 e all'art. 7 del DPRGT 36/R/2009 ai sensi del quale l'intervento è attribuibile alla classe di indagine 4 "Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante prove sismiche in foro.... La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici...". Nello specifico la classe di indagine deriva dalla volumetria (comma 3) e dalla destinazione del fabbricato (comma 4), che impone una classe superiore rispetto a quanto valutabile dai soli dati dimensionali
  - è stata quindi completata a corredo dell'intervento una campagna geognostica articolata in sondaggi geognostici a carotaggio continuo, analisi di laboratorio geotecnico su campioni indisturbati, prova sismica in foro e prove penetrometriche statiche distribuite su tutta l'area di intervento, in modo da estendere i risultati delle prove dirette all'intero volume significativo.

#### Art. 12 comma 3:

##### *3. Fattibilità con normali vincoli (Fg.2)*

*Le previsioni soggette a fattibilità geologica con normali vincoli sono attuabili a seguito della effettuazione, a livello esecutivo, dei normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia, in particolare il D.P.G.R. n. 36/R/09 e il D.M. 17.01.2018 (NTC 2018), finalizzati anche alla verifica del non aggravio dei processi geomorfologici eventualmente presenti nell'area di intervento.*

#### Art. 14 comma 2:

##### *2. Fattibilità condizionata (Fs.3)*

*Le previsioni soggette a fattibilità sismica condizionata sono attuabili soltanto a seguito della realizzazione, in sede di piano attuativo o in sede di predisposizione del progetto edilizio, delle indagini geofisiche e geotecniche per le verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell'azione sismica, indicate per le aree caratterizzate da pericolosità sismica S.3 al punto 3.5 delle Direttive allegato al D.P.G.R. n.53/R/11.*

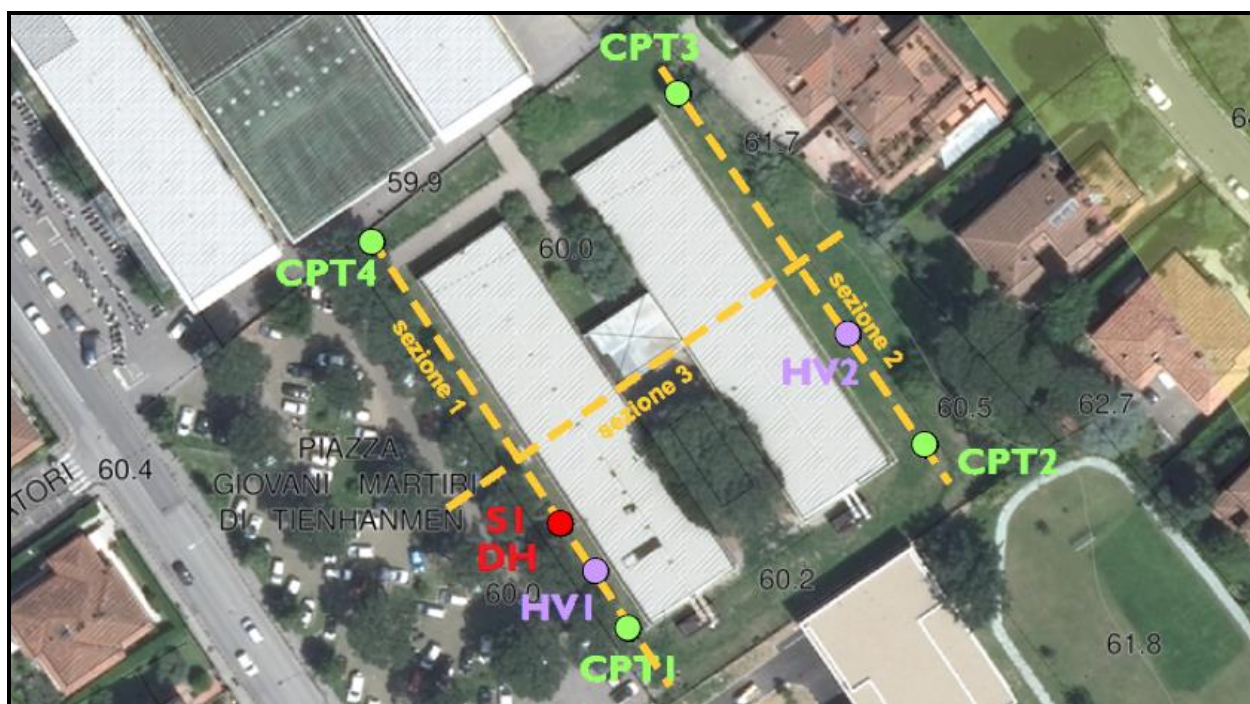
## 6 CONSIDERAZIONI SULLA DESTINAZIONE DELLE TERRE DI SCAVO E SULLA QUALITA' DELLE MATRICI AMBIENTALI

Non sono previsti movimenti di terra significativi. Non si hanno al momento dati certi sulla volumetria di scavo e sulla destinazione delle terre per ulteriori valutazioni.

Non sono previste variazioni di destinazioni d'uso che impongano la verifica della qualità delle matrici ambientali.

## 7 INDAGINE GEOGNOSTICA

A supporto della progettazione esecutiva, in considerazione della classe di indagine IV attribuibile all'intervento in base all'art. 7 del DPGR 36/R/2009 comma 3 e comma 4, sono state eseguite le indagini indicate nel § 5 e dettagliate nei seguenti punti. La profondità delle indagini stratigrafiche, sismiche e meccaniche è riferita al piano di campagna attuale, posto omogeneamente alla quota 60 m (quota media del piazzale esterno).



### 7.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

La perforazione a carotaggio continuo, la cui stratigrafia è descritta nel dettaglio nel report allegato a fine nota, ha evidenziato i seguenti elementi principali:

- la perforazione S1 attraversa al di sotto del suolo vegetale depositi limo-argillosi rimaneggiati fino a 1 m, poi consistenti con concrezioni carbonatiche in costante aumento fino a 9 m circa; segue il passaggio a depositi argillosi prevalenti di minore consistenza, sempre con concrezioni sparse e minute, fino ai 15 m di fondo carotaggio; le argille si configurano come depositi lacustri;
- segue perforazione a distruzione che attraversa ancora argille lacustri fino a circa 20 m, seguite da frammenti di calcare e quindi calcari marnosi compatti fino a 30 m; questi ultimi sono stati perforati a carotaggio e si mostrano con stratificazione a circa 15-20°, con due

famiglie di fratture, una parallela alla stessa e una ad alto angolo, entrambe pulite, lisce, prive di beanza o di riempimenti, sia sciolti che concrezionati. Una sottile intercalazione argillitica alla base della perforazione mostra la suddetta giacitura di strato.



## 7.2 PROVE DI LABORATORIO

Durante l'esecuzione delle perforazioni è stato estratto 1 campione indisturbato sul potenziale livello di fondazione. Sul campione sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

S1 C1 prof. 1.5-2.0 m

Descrizione	limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso marrone-giallastro con screziature nerastre, duro;	
Contenuto d'acqua W	17.3	%
Peso di volume naturale $\gamma_n$	19.62	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo $\gamma_s$	20.40	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume dei grani $\gamma_s$	26.56	kN/m <sup>3</sup>
Prova di taglio diretto CD:	parametri di picco	
	c'	2 kPa



$\phi'$	28	°
parametri a volume costante		
$c'$	0	kPa
$\phi'$	28	°

#### Prova di compressione a espansione laterale libera ELL

$q_u$	187	kPa
$c_u$	93	kPa

#### Prova di compressione edometrica

$E_{ed}$	a 50 kPa	7.7 MPa
$E_{ed}$	a 100 kPa	9.2 MPa
$E_{ed}$	a 200 kPa	10.4 MPa
Pressione di preconsolidazione 0.35 MPa		

### 7.3 PROVE PENETROMETRICHE

Sono disponibili in totale 4 prove penetrometriche statiche tutte spinte a rifiuto, fino a 12 m dal piano di riferimento, distribuite sul perimetro dell'area di indagine.

La prova statica è codificata come CPT (*Cone Penetration Test*), e consiste nella infissione nel terreno di una punta conica con diametro di 35.7 mm e apertura di 60° (secondo le specifiche delle norme ASTM 3441) ad una velocità costante di 20 mm/sec, regolata tramite un martinetto idraulico. I dati restituiti dalla prova consistono nella lettura per unità di avanzamento di resistenza registrata alla punta ( $R_p$  o  $Q_c$ ) e della resistenza laterale ( $R_l$ ) opposta alla penetrazione dal materiale intercettato durante l'avanzamento della prova.

I risultati, certificati in allegato nel dettaglio, consentono le seguenti osservazioni generali:

- le prove statiche mostrano un comportamento piuttosto omogeneo, con 1 m circa di terreno di bassa resistenza (suolo vegetale), la presenza di una bancata molto monotona fino a fondo foro a prevalenza sottile, comportamento coesivo, con medi valori di  $Q_c$  (valori di fondo intorno a 2 MPa); l'incremento delle resistenze puntuali con comportamento ancora coesivo e misto tra i 4 e gli 8 m, a superare i 4 MPa, è legato, come illustrato dai risultati del carotaggio, all'incremento della frazione clastica, che a circa 8 m torna poi a decrescere a vantaggio della matrice argillosa, con valori caratteristici di  $Q_c$  di 4.

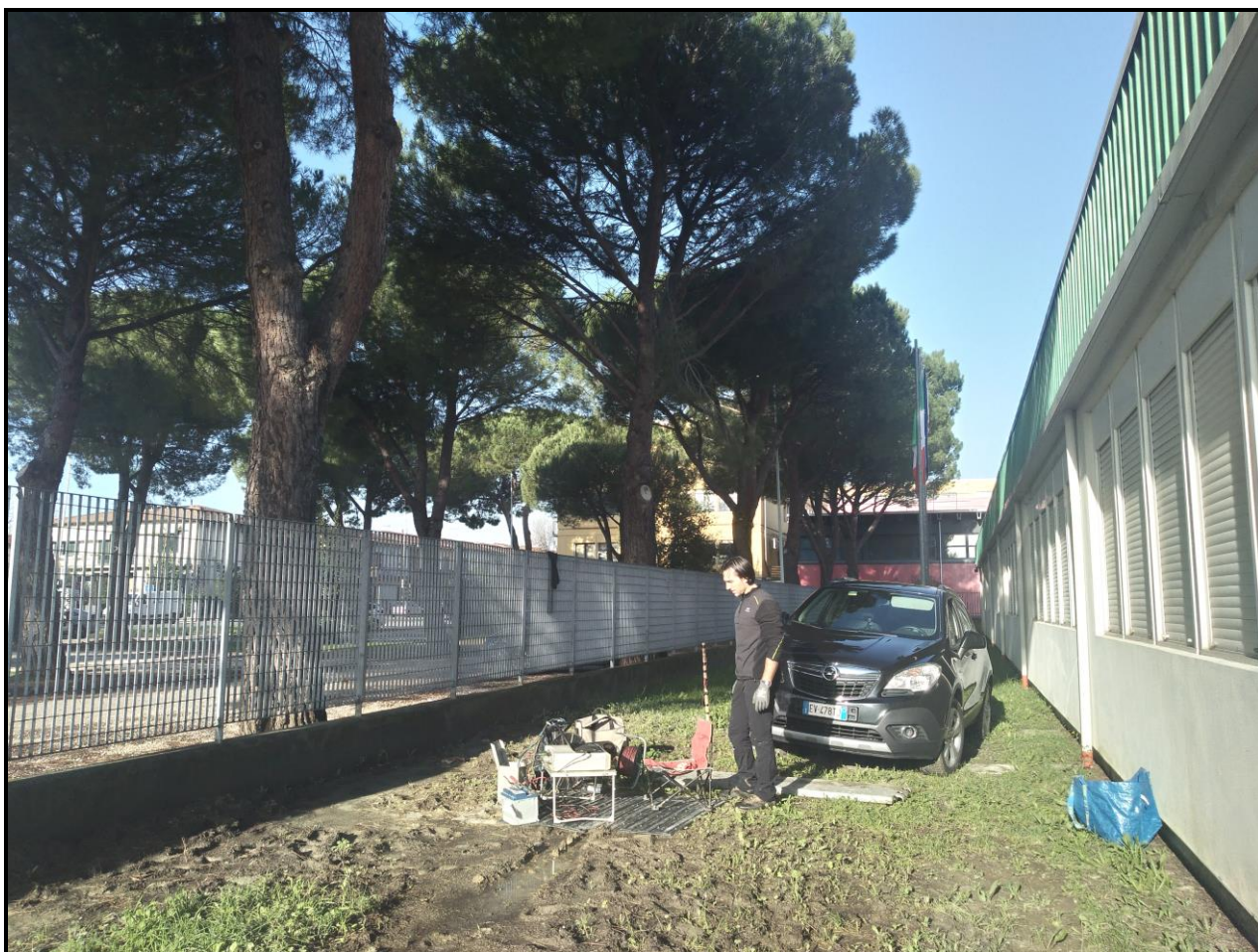
### 7.4 RILIEVO FREATIMETRICO

E' stato rilevato un livello di falda nel piezometro installato nel foro CPT1, in dicembre 2019, a circa 1 m di profondità. In gennaio 2020, dopo diversi giorni di tempo stabile, la falda scende a 1.75 m; questi riferimenti possono essere assunti verosimilmente come livelli di massima e media.

## 7.5 INDAGINE SISMICA: DH

E' stata realizzata una prova sismica finalizzata alla determinazione del profilo sismo-stratigrafico del sottosuolo in termini di  $V_{s_n}$ , consistente di una prova in foro con metodologia Down-Hole. La prova effettuata consente di valutare le velocità delle onde di compressione e di taglio a partire da misure effettuate ogni metro di profondità all'interno del foro di sondaggio opportunamente completato con tubazione in PVC pesante e cementazione.

L'interpretazione dei dati acquisiti in sito ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali.



Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio opportunamente rivestito (figura 1).

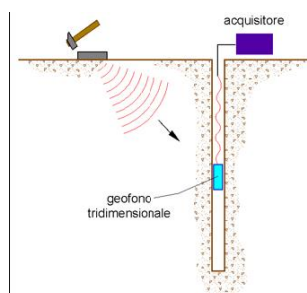


Figura 1 – Schema down hole ad un solo ricevitore

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono di:

- 1) una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- 2) uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- 3) un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- 4) un trasduttore (trigger) per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante rivestimento o fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente  $\phi < 15$  cm). I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC pesante da piezometri  $\phi$  80 mm, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e talvolta bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso. Prima di iniziare l'indagine è opportuno assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni. La sorgente consiste in una piastra (di alluminio, acciaio, legno, ...) per l'energizzazione delle onde  $V_p$  che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 3,0 m; alla stessa distanza è posta la trave di battuta per l'energizzazione delle onde  $V_s$ , orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente (mazza di battuta od esplosivo) è agganciato il trasduttore di velocità o l'interruttore meccanico utilizzato come trigger. A questo punto il ricevitore viene assicurato alla parete del tubo di rivestimento in PVC mediante il dispositivo ad aria compressa integrato nel geofono tridimensionale, e le sorgenti vengono colpite rispettivamente in senso verticale (per generare onde di compressione P) e lateralmente (generando onde di taglio SH); al momento dell'energizzazione, con massa battente da almeno 5 kg, parte la registrazione del segnale di trigger e dei ricevitori. Eseguite le registrazioni, la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

Per poter interpretare la prova down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto ( $t$ ) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se  $d$  è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 2),  $r$  la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori,  $z$  la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti ( $t_{corr}$ ) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

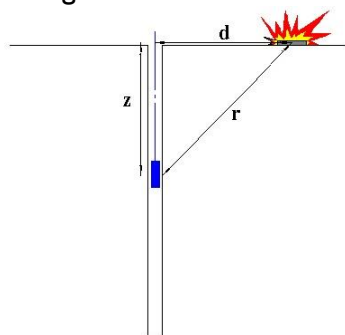


Figura 2 – Schema di down hole con metodo diretto

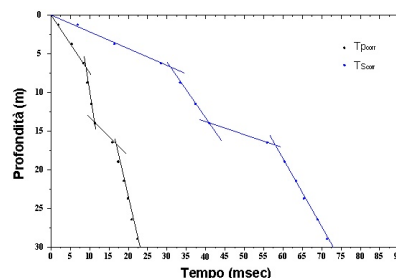


Figura 3 – Grafico delle dromocrone

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico  $t_{corr}$ - $z$  in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 3).

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$\nu = (0,5 (V_p/V_s)^2 - 1) / ((V_p/V_s)^2 - 1)$$

2) modulo di Young medio:

$$E = V_s^2 \gamma ((3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2))$$

3) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$K = \gamma (V_p^2 - 4/3 V_s^2).$$

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

. numero di canali: 24	200 msec (3060 punti)
. sampler interval: 0,296 msec	400 msec (6121 punti)
. A/D conversion: 16 bit	1000 msec
. input impedance: 1KOhm	. sampling: 130 micro/sec
. Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)	. filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
. saturation tension: +/- 2,3 V	. digital filter low pass: 1000-50
. saturation level: 100 dB	. digital filter high pass: 0-250
. distorsion: 0,01%	. frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
. sampler:	. dynamic range: 93 dB
25 msec (191 punti)	. noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
50 msec (383 punti)	. crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
100 msec (1530 punti)	. power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 2002" vers. 7.0.

L'attrezzatura è completata da geofono down-hole tridimensionale con "packer" di ancoraggio, mazza di battuta da 8 Kg, piastra per le onde P e trave di battuta per le onde Sh.

Le energizzazioni sono state eseguite a 3.0 m dall'asse del foro, con rilievo delle onde sismiche P e Sh. Il canale 1 del sismografo è stato utilizzato per l'acquisizione delle onde P, con tempo di acquisizione 200 msec, mentre i canali 2 e 3 sono stati utilizzati per l'acquisizione delle onde Sh collegandosi ai due sensori ortogonali del geofono tridimensionale, con tempo di acquisizione 100 msec.

L'acquisizione è iniziata da - 30 m da p.c., fino alla quota di -1 m da p.c.

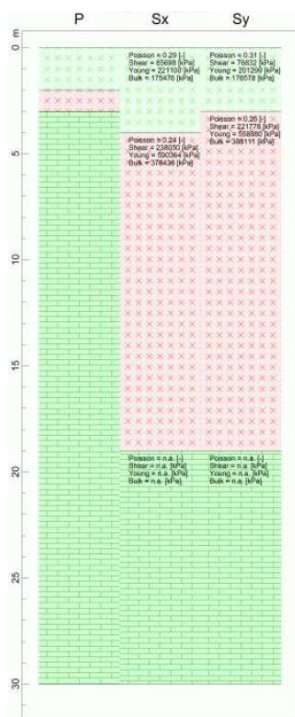
Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software Intersism 2.1 della geo&soft international. Tale programma è in grado di operare direttamente con i dati della strumentazione Ambrogeo (\*.dat \*.sgy) per la definizione dei tempi di primo arrivo ed il successivo tracciamento delle dromocrone (travel-time curves).

Il calcolo è stato eseguito con il metodo dell'intercetta, che nel caso specifico si è dimostrato efficace e idoneo. Negli elaborati in allegato sono quindi riportati i diagrammi relativi ai dataset di rilievo con relativo picking, alle dromocrone (primi arrivi) relative alle onde P ed onde S, e alla ricostruzione sismo-stratigrafica che ne deriva. Si ricorda che la stratigrafia sismica può non corrispondere esattamente con quella geologica e geotecnica, dato che essa considera maggiormente

le caratteristiche elastiche e di addensamento dei terreni piuttosto che la stratigrafia caratteristica. In sintesi segue l'elaborato che rappresenta il risultato dell'interpretazione e i dati ottenuti.

Le acquisizioni mostrano dei dataset abbastanza chiari, con l'eccezione della parte inferiore del foro, dove le onde S si mostrano disturbate; questo in relazione alla difficoltà di trasferire una sollecitazione sismica, con particolare riferimento alle sollecitazioni di taglio, da un depositi argilloso e tenero, lento, a un bedrock molto rigido; tuttavia l'andamento generale è agevolmente ricostruibile.

Dai dati riportati nelle tavole e nei tabulati allegati si evidenziano valori delle velocità delle onde Sh molto basse (200 m/s) per uno spessore di 3-4 m, basse (340 m/s) per i successivi 15 m circa, e alte (1216 m/s) negli ultimi 11 m. Ne emerge una successione caratterizzata da una copertura di bassa velocità con  $V_{seq}$  di 300 m/s assimilabile a suolo C e spessore <30 m, poggiate su bedrock sismico con  $V_s > 800$  m/s e netto contrasto di impedenza sismica tale da influire sulla classificazione di suolo e di comportare fenomeni di risonanza del suolo.



VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	2	422
2	3	642
3	30	1619

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	207	0.29	85698.0	221100	175476
2	19	345	0.24	238050..	590363	378437
3	30	1158	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	3	196	0.31	76832.0	201299	176578
2	19	333	0.26	221778..	558880	388111
3	30	1275	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

VELOCITA' MEDIE VS30

Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	414.9
orizzontale Sy	416.8

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine (da p. campagna) si ha:

- $V_{s30}$  media da p.c. 415 m/s
- Spessore copertura 19 m <30
- $V_{seq}$  copertura 301 m/s
- $V_{sbed}$  bedrock 1216 m/s
- $V_{sbed}/V_{seq}$  4
- Contrasto di impedenza molto alto

Con i dati ottenuti dall'indagine si ottiene, sia dal piano di campagna che da alcuni metri al di sotto di esso, un profilo sismo-stratigrafico perfettamente rispondente alla definizione di suolo E di cui alle NTC18: "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”.

### 7.6 PROVA SISMICA HVSR

Sono state eseguite 2 prove sismiche passive e stazione singola, elaborate poi in termini di HVSR (rapporto di Nakamura), e finalizzate alla ricerca di superfici risonanti nel sottosuolo potenzialmente indicative di contrasti di impedenza sismica.

Le prove sono ubicate al piano di riferimento delle indagini, la prima a valle prossima al carotaggio e la successiva a monte dell'edificio.

La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (rumore sismico); questa sfrutta il fatto che il “rumore”, pur non recando l'informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura.

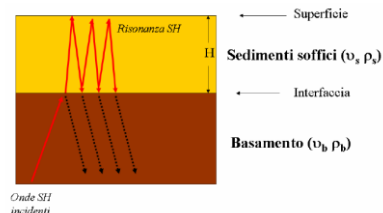
La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate. I tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. nel campo del rumore sono rappresentate sia onde di volume (fronte d'onda sferico) sia onde di superficie (fronte d'onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell'impedenza acustica si ha il fenomeno della risonanza, che deriva dall'intrappolamento di energia sismica (essenzialmente delle fasi SH) all'interno delle coperture ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione “caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti” delle onde.

L'equazione del moto di risposta è caratterizzata da massimi alle frequenze:

$$f = n \frac{V_s}{4H} \quad n=1,3,5,\dots$$



dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.),  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato. Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un tromografo, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).

I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri orizzontale/ verticale (H/V). Nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon normalizzatore e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente, relativo all'area in studio.

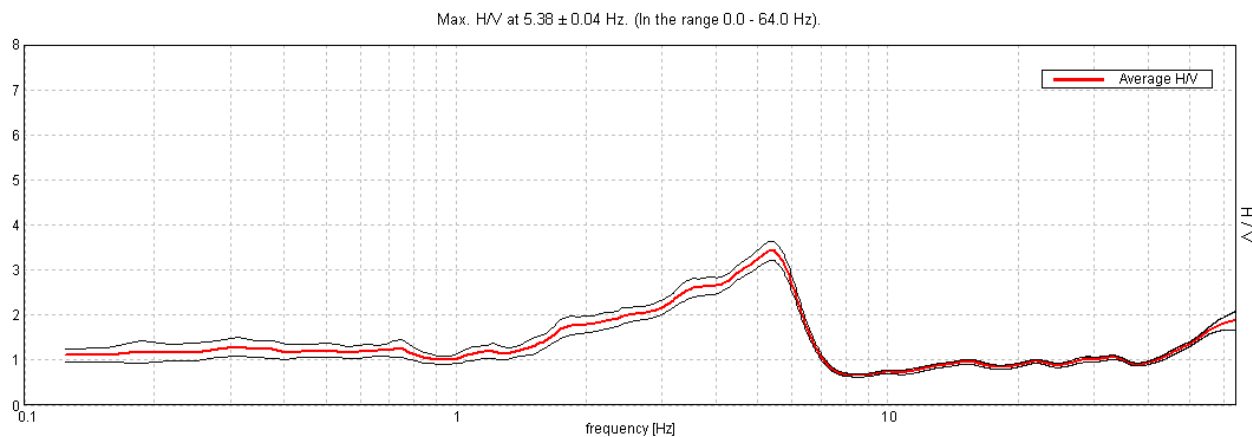
La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di *risonanza*, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi di passaggi stratigrafici caratterizzati da

un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

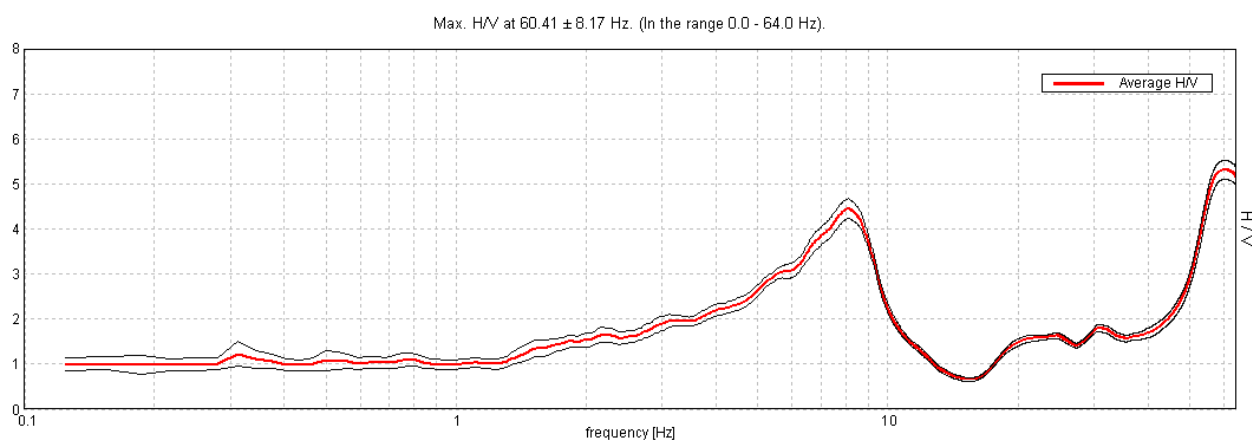
Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad *artefatti* e *transienti*, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.

L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno smoothing (nel nostro caso triangolare al 10%) e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi. Tutti i dettagli dell'analisi e della elaborazione oltre alla classificazione secondo i criteri SESAME sono contenuti nella tavola allegata.

#### HV1 – lato valle



#### HV2 – lato monte



Nel caso specifico è possibile osservare in entrambe le curve, al netto delle anomalie riscontrabili alle alte frequenze, legate alla componente antropica e fuori dal campo di interesse ingegneristico, un unico picco molto netto, con un chiaro carattere stratigrafico segnalato dalla buona simmetria, ottima plausibilità fisica, e robustezza statistica; l'entità del rapporto varia in ampiezza tra 3.5 e 4.5, e la frequenza da 5.4 a 8 Hz.

Il picco è riferibile a una interfaccia ad elevato contrasto, che i dati di velocità delle coperture misurate nella prova in foro pongono tra i 9 (monte) e i 14 m (valle) dal p.c., e verosimilmente rappresenta la profondità del bedrock; la discrepanza tra la frequenza teorica di vibrazione calcolata in base ai dati della prova DH in 4 Hz, e la frequenza reale di 5.4 misurata nello stesso sito è verosimilmente legata a eterogeneità nei valori di velocità, visto che la profondità di interfaccia con il bedrock nel sito è accertata a

a 20 m. Il dato di monte invece, con un'ampiezza del picco più elevata e una frequenza superiore indica verosimilmente una minore profondità del bedrock

Dall'insieme dei dati in qui commentati si deduce che sussistono contrasti di impedenza sismica a bassa profondità, tali da indurre fenomeni di risonanza e da influire anche sulla classificazione di suolo.

Si conferma dunque quanto dedotto dalla prova sismica in foro in merito all'attribuzione della categoria di suolo.

## 8 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

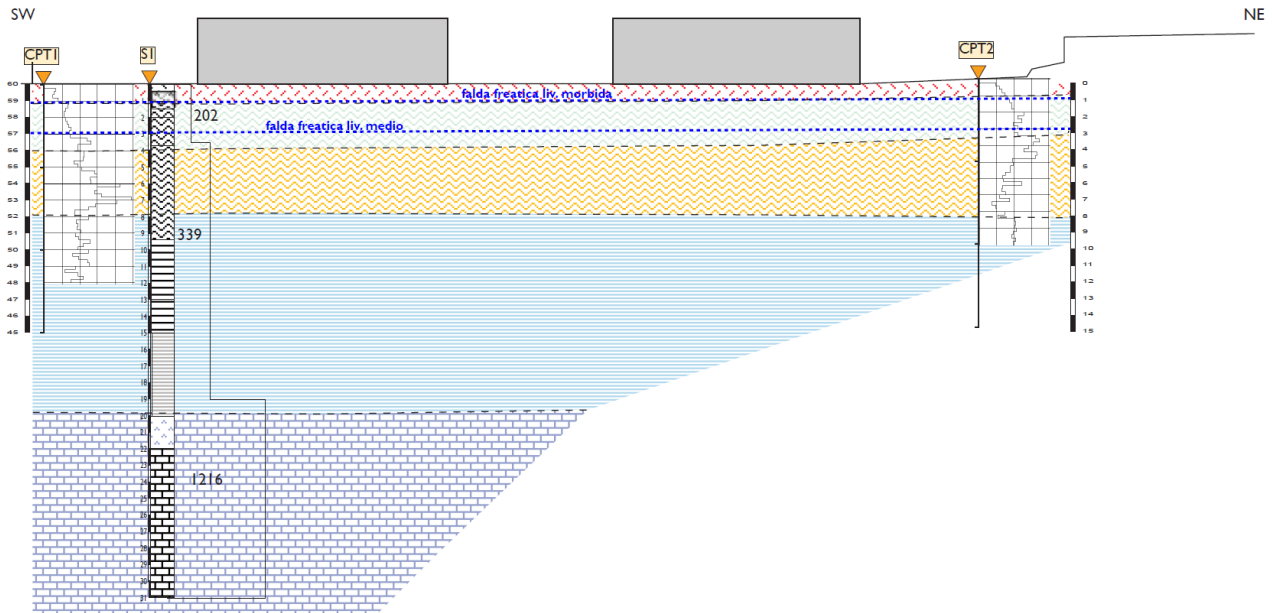
### 8.1 STRATIGRAFIA

L'indagine in sito ha consentito la discriminazione dei seguenti orizzonti omogenei (profondità da quota del piano esterno, circa 60 m slmm):

- livello 0: suolo rimaneggiato e riporti, umidità variabile, spessore 1 m, consistenza scarsa,  $V_s$  - m/s, inadatto per la posa di fondazioni;
- livello 1: limi argillosi consistenti, umido o saturo, profondità da 1 a 2-4 m,  $Q_c$  2 Mpa,  $V_s$  200 m/s, spessore 1-3 m;
- livello 2: limi argillosi consistenti con frazione ghiaiosa, saturi, profondità da 2-4 a 7.5-8 m,  $Q_c > 4$  Mpa,  $V_s$  340 m/s, spessore 4-6 m
- livello 3: argille e limi mediamente o moderatamente consistenti con frazione ghiaiosa sparsa, saturo, profondità da 7.5-8 a 20 m,  $Q_c$  4 Mpa,  $V_s$  340 m/s, spessore 12-12.5 m
- livello 4: bedrock calcareo-marnoso, compatto, fratture spaziate e pulite, profondità da 20 a  $\gg 30$  m,  $V_s$  1216 m/s, spessore  $\gg 10$  m.

I livelli sottostanti con caratteristiche meccaniche e sismiche diverse risultano irrilevanti ai fini della presente trattazione.





## 8.2 PARAMETRIZZAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Sulla base dei risultati delle indagini in sito descritte nel precedente capitolo si sono attribuiti ai livelli omogenei individuati i parametri meccanici caratteristici tabulati di seguito.

La disponibilità di indagini di tipo differente e l'assunzione dei valori relativi ai dati "di fondo" consente di considerare tali valori come caratteristici dei singoli livelli geotecnici. Gli spessori dei singoli livelli sono meglio identificati nelle sezioni geologiche interpretativa allegate.

Riferimenti da PC piazzale

parametri puntuali							cond. naturali		cond. non drenate			cond. drenate			litotipo
strato	prof. tetto strato	prof. base strato	spessore	c' da taglio CD	cu coesione non drenata da ELL	Qc media	E <sub>ed</sub> modulo di compress. edom. a 100/200 kPa	γ peso di volume nat.	γ <sub>sat</sub> peso di volume saturo	φ <sub>u</sub> angolo di attrito interno totale	cu coesione totale	γ' peso di volume efficace	φ' angolo di attrito interno efficace	c' coesione efficace	
		m	m	kPa/°	kPa	MPa/-	MPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa	
0	0	1	1	-	-	-	-	18	19	-	-	18	-	-	riporti e suolo rimaneggiato
1	1	2-4	1-3		93	2	9.2/10.4	19.6	20.4	0	80	10	28	0-2	dep. alluv. OC LIMO-ARGILLOSI
2	2-4	7.5-8	4-6	x	x	>4	17	20	20.5	0	150	10.5	30	0	dep. lacustri OC LIMO-ARGILLOSI
3	7.5-8	20	12-12.5	x	x	4	11	19	20	0	100	10	30	0	dep. lacustri NC argillosi
4	20	>30	>10	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	Calcarei

(x dati non disponibili, - dati non significativi)

## 9 COMPORTAMENTO SISMICO

## 9.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il comune di Prato è classificato sismico nell'OPCM 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successivo OPCM 3519/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", cui segue la proposta di classificazione regionale DPGR 421/2014 che attribuisce il comune alla zona 3.

La classificazione del profilo di suolo, valutata tramite l'esito dell'indagine geofisica descritta, è attribuita in merito alla velocità di propagazione delle onde sismiche nei primi 30 metri di suolo al di sotto del piano di fondazione, in questo caso consideriamo il piano di campagna.

Le risultanze della prova stessa indicano un valore di  $V_{s30}$  a partire dal piano di campagna corrispondente a circa 400 m/s con netto contrasto di rigidità sismica a circa 20 m, il che permette di assegnare la struttura sismo-stratigrafica in studio, sia da p.c. che da alcuni metri al di sotto dello stesso, con riferimento alla tabella 3.2.II delle NTC alla categoria di suolo E.

## 9.2 AZIONI SISMICHE

Alle azioni sismiche contribuiscono i parametri statici, che dipendono essenzialmente dalla sorgente del terremoto (accelerazione di picco orizzontale al suolo  $a_o$ , intensità macrosismica  $I$ ) ed i parametri dinamici, che dipendono dalla posizione e dalle caratteristiche geologiche del sito (fattori di amplificazione  $S$  e  $F_o$ ) e dal periodo dello spettro di risposta (periodi di oscillazione massima del suolo).

Il primo aspetto da considerare riguarda la definizione della vita di riferimento della struttura  $V_r$ , intesa come prodotto tra  $V_n$  (vita nominale) e  $c_u$  (classe d'uso per la valutazione della sicurezza).

Pur rimandando allo strutturista la valutazione della vita riferimento, si valuta preliminarmente nel caso specifico, in quanto edificio con funzione rilevante soggetto ad affollamento significativo (tipo di costruzione 2, classe d'uso IV):

$$V_r = V_n * c_u = 50 * 2 = 100 \text{ anni.}$$

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I delle NTC.

L'accelerazione spettrale orizzontale  $S_e(T)$  è data dalla seguente relazione:

$$S_e(T) = a_g * S * \eta * F_o$$

dove:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito

$\eta$  = fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione  $\eta = 10/(5 + \xi) \geq 0.55$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione

$F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2

$S$  = coefficiente che tiene conto della categoria di suolo di fondazione ( $S_s$ ) e delle condizioni topografiche ( $S_T$ ) attraverso la relazione  $S = S_s * S_T$

Il coefficiente  $S_s$  deriva dalla tab 3.2 V delle NTC, il coefficiente  $S_T$  deriva dalla tab. 3.2.IV. Nel caso specifico, in considerazione di una categoria di suolo di fondazione di tipo E e di un'area di fondovalle risulta:

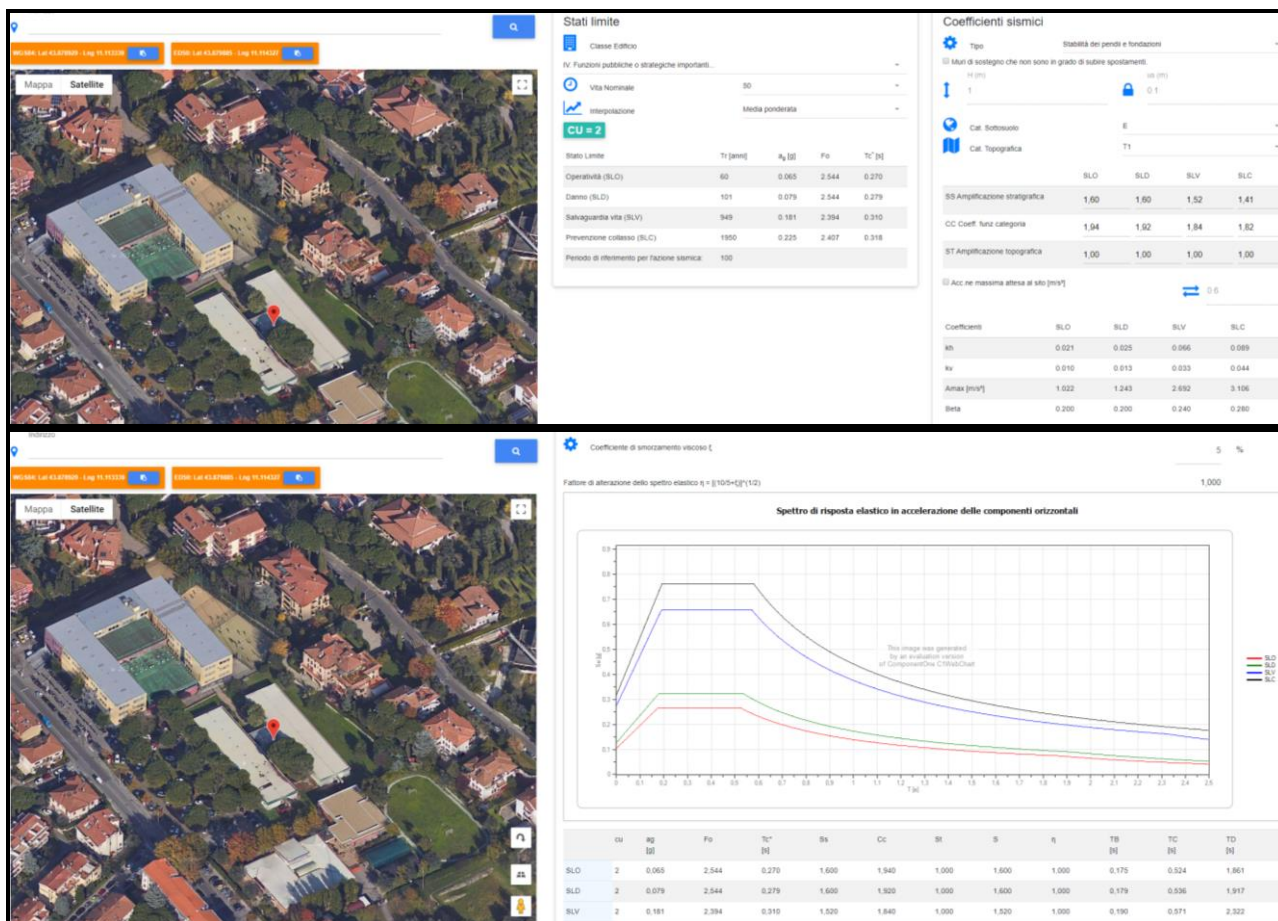
$S_t$  1.0  
 $S_s$  1.6

**S = 1.6**

L'immagine successiva illustra la schermata del programma *on line* della GeoStru che consente di ottenere i parametri di pericolosità sismica locale a partire dai vertici del reticolo di riferimento tabulati dall'INGV.

Coordinate WGS84:

lat. 43.878929, long. 11.113339



### 9.3 ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento sismico nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre sottoposte all'accelerazione sismica, che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare.

Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente. Per tali motivazioni, soltanto i depositi sabbiosi fini monogranulari, saturi e non addensati risultano soggetti a questo tipo di rischio.

Dall'analisi dei dati litotecnici descritti risulta la presenza di una falda superficiale, tale da garantire un grado di imbibizione costante sotto i 3 m circa, mentre non risultano a queste profondità depositi incoerenti monogranulari fini, tali da comportare problematiche significative in questo senso.

Si valuta dai dati stratigrafici che le possibilità di liquefazione sono da considerare molto modeste, per la netta dominanza di argille nei livelli sotto falda, e pertanto con riferimento al comma 4 del § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018se ne omettono nel seguito le verifiche numeriche.

## 10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE


L'indagine geologica e geognostica nel sito di intervento, basata su indagini adeguate all'entità dell'intervento, ha consentito di fornire un quadro dell'assetto litotecnico, sismostratigrafico e idrogeologico locale adeguato per la progettazione strutturale.

L'area è risultata interessata da sedimenti prevalenza coesiva, in parte leggermente preconsolidati, per circa 20 m, di media resistenza, poggianti su bedrock rigido a profondità tale da influire sulla categoria di suolo. I litotipi di copertura che compongono il substrato sono risultati idonei anche per il ricorso a fondazioni dirette, a partire da 1 m dal piano interrato, per modesti carichi.

Sono emerse condizioni limitanti riguardo alla fattibilità dell'intervento in relazione alle problematiche idrauliche, sia riguardo alle indicazioni del PS e PO vigente che riguardo alla LR 41/2018.

Quarrata, 13 gennaio 2020

Geol. Benedetta Pulverosi





## REPORT SONDAGGI

Committente:

Geol. Benedetta Polverosi

Località: Istituto N.Copernico  
Viale Borgo Valsugana – Prato

Data Indagine: 28/11-04/12/2019

Codice lavoro: 191128w

## SONDAGGI GEOGNOSTICI

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: [info@gaiaservizi.com](mailto:info@gaiaservizi.com)

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 04/12/2019

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Sondaggio S1 - Postazione



Figura 2: Sondaggio S1 - Cassa 1



Figura 3: Sondaggio S1 - Cassa 2

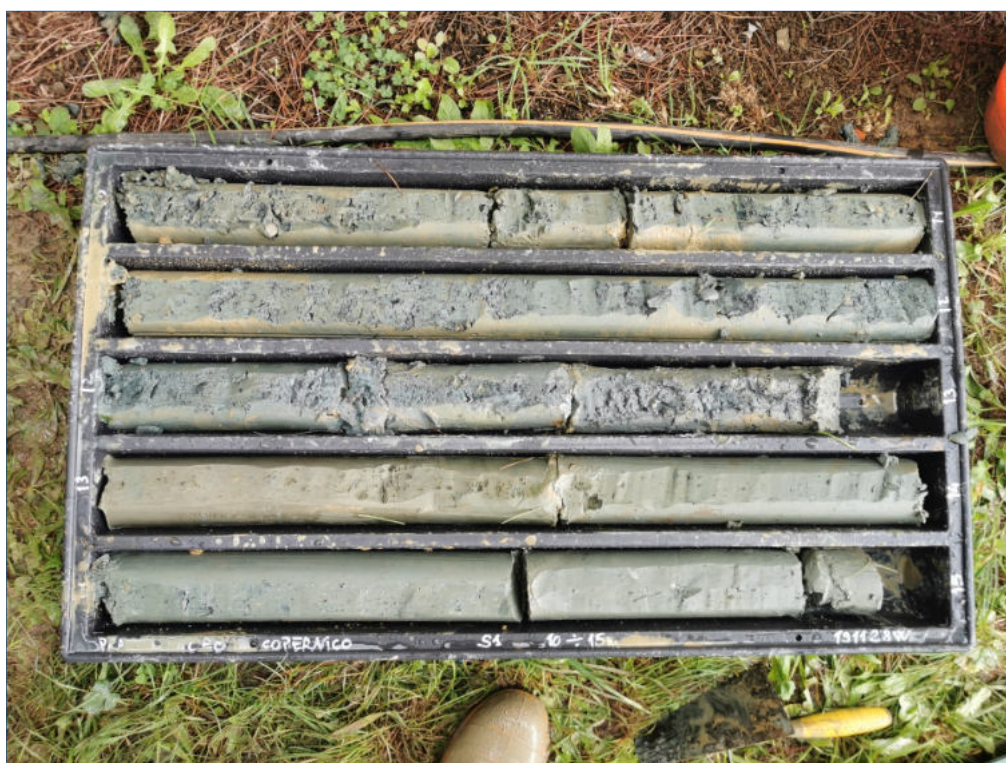


Figura 4: Sondaggio S1 - Cassa 3



Figura 5: Sondaggio S1 - Cassa 4



Figura 6: Sondaggio S1 - Cassa 5



Il sondaggio S1 è stato eseguito tra il 28/11 ed il 04/12/2019 con sonda MAIT T/14; il sondaggio ha raggiunto la profondità di 30 metri dal piano di campagna, ed è stato condotto a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 metri, a distruzione di nucleo da 15 a 23 metri, e nuovamente a carotaggio continuo da tale profondità fino a fondo foro.

Durante l'esecuzione del sondaggio è stato prelevato n.1 campione indisturbato in fustella Shelby, inviato a laboratorio certificato per le analisi, alla seguente profondità:

S1-C11: da 1,50 metri a 2,00 metri di profondità

Durante l'esecuzione del sondaggio S1 sono state inoltre eseguite n.2 prove S.P.T. in foro, che hanno fornito i seguenti risultati:

S1-SPT 1 – da 4,70 metri a 5,15 metri di profondità – n.colpi: 6-11-11

S1-SPT 2 – da 9,00 metri a 9,45 metri di profondità – n.colpi: 6-14-20

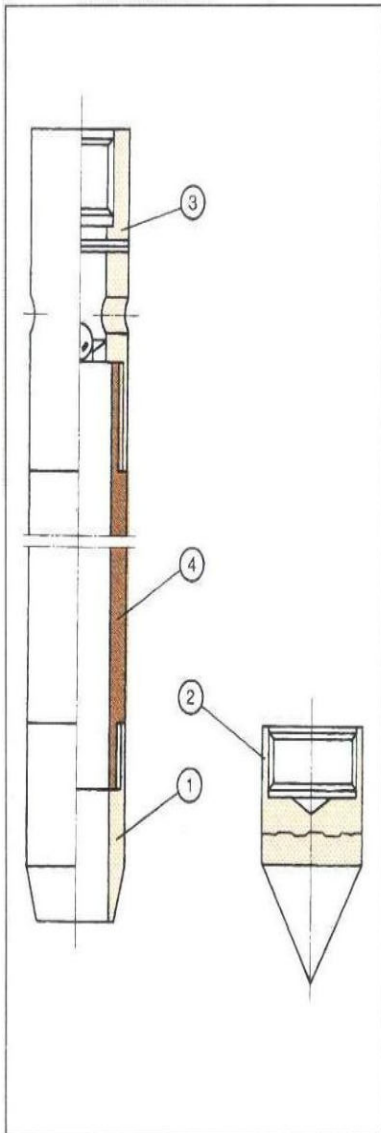
Il sondaggio è stato infine attrezzato con tubazione in PVC per esecuzione di indagine sismica in foro down-hole.



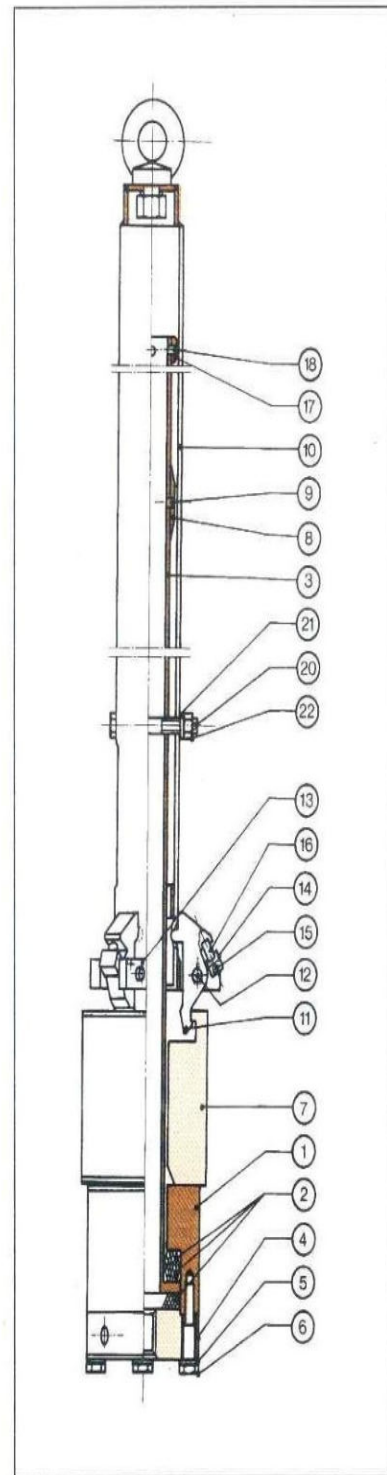
## TECHNICAL SPECIFICATIONS

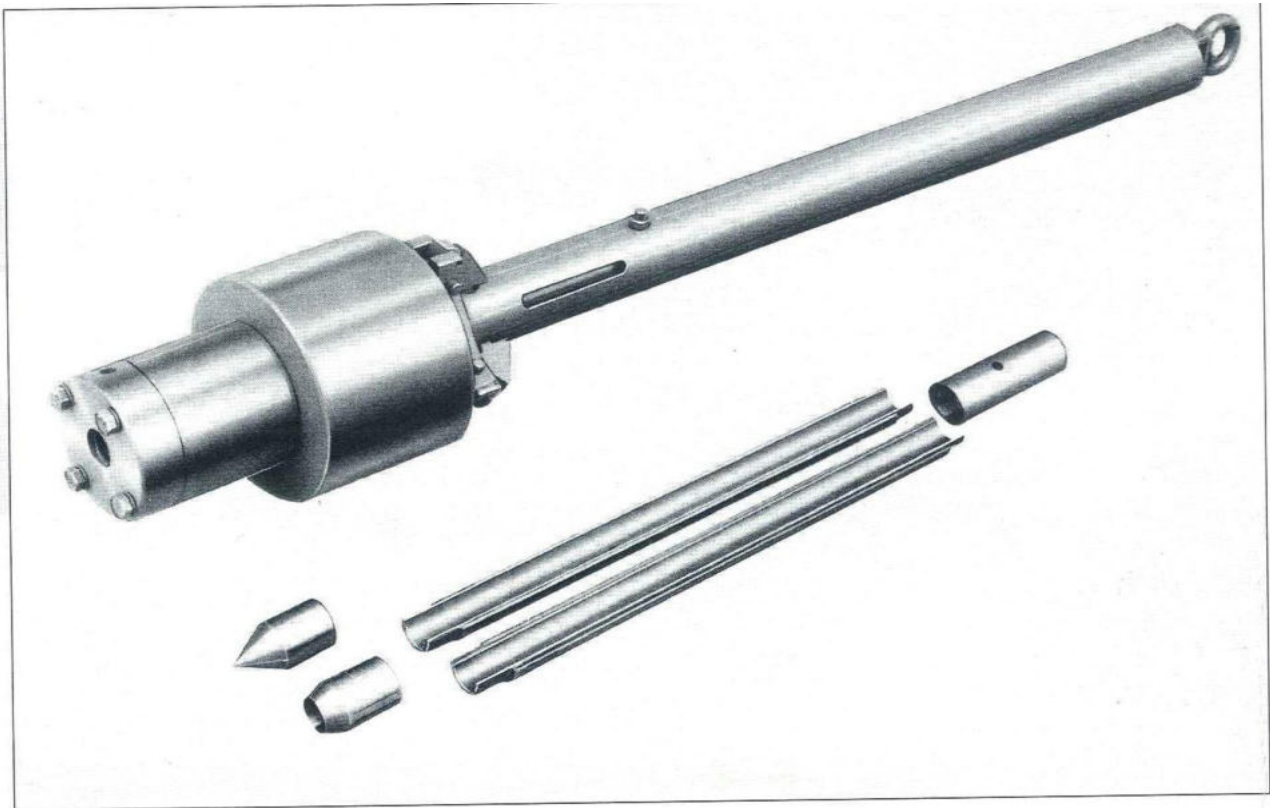
### Parti di ricambio - Parts

Pos. Item	Descrizione Part Name	Att. aste Rod conn.
-	Campionatore - Split sampler	50
1	Scarpa - Shoe	-
2	Punta conica - Point	-
3	Testa - Head	50
4	Tubo in due metà - Split tube	-



Pos. Item	Descrizione - Part Name
-	Martino Kg 118 - Drop hammer Kg 118
1	Incudine - Anvil
2	Guarnizione - Gasket
3	Tubo guida - Tube
4	Flangia per aste - Rod flange
5	Rosetta - Washer
6	Vite - Screw
7	Mazza battente - hammer
8	Camma - Cam
9	Spina elastica - Pin
10	Tubo di manovra - Tube
11	Dente - Tooth
12	Perno - Pivot
13	Coppiglia - Split pin
14	Tassello - Plug
15	Spina elastica - Pin
16	Piolo elastico - Peg
17	Anello guida - Guide ring
18	Spina elastica - Pin
20	Vite - Screw
21	Rosetta - Washer
22	Dado - Nut





Questa prova diffusa da Terzaghi e Peck consiste nel misurare la resistenza del terreno alla penetrazione di un campionatore standard per una profondità di 30 cm sotto i colpi di un peso di 63,5 Kg che cade da un'altezza costante di 75 cm.

Il campionatore divisibile in due metà è collegato alle aste di trivellazione e viene abbassato sul fondo del foro dopo che questo sia stato debitamente spurgato ed il livello dell'eventuale falda si sia ristabilizzato.

Il martino viene abbassato sulla testa di battuta delle aste fino a che il campionatore penetri di circa 15 cm (in modo da evitare interferenze con zone disturbate); da questo punto incomincia il test e vengono registrati i colpi necessari a produrre la penetrazione di 30 cm distinti in due tratti di 15 cm.


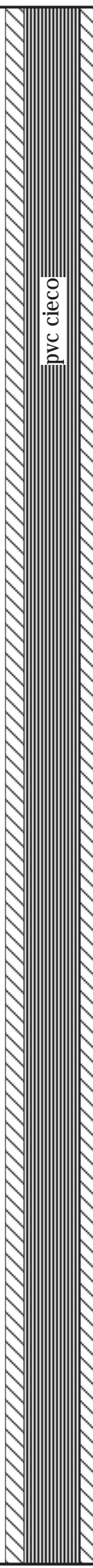
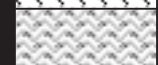






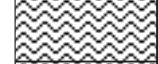








*This procedure developed by Terzaghi and Peck gives the measurement of the penetration resistance of soil, using a standard sampler driven for 1 ft. with a 140 lb, hammer dropping 30 inches.*



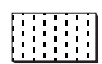

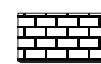

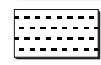
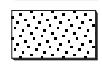


*The split-spoon sampler connected to the drill rods, is lowered into the hole after the hole has been cleaned out and the water level has settled.*

*The automatic hammer falls on the driving rod head so that the tube is driven 6 inches into the layer (to avoid inference zones) and the spoon is the driven 1 foot. The number of blows is counted separately for each stretch of 6 inches.*

**Il nostro Martino SPT ha un' efficienza rispetto al valore teorico del 80%.**

cantiere LICEO NICOLA' COPERNICO localita' PRATO data inizio 28/11/19 data fine 3/12/19  
 sondaggio n. 1 metodo perfor. carotaggio continuo - carotiere semplice diametro f (mm) 101/127  
 liv. falda (m da p.c.) -1 m quota p.c. (m slm) 60.0 redattore stratigrafia b. polverosi

FORMAZ.	SPT	N colpi	PROF (m)	CAMPIONI	PROF (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	ACQUA	CONDI ZIONA MENTO	
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI RECENTI PREVAL. COESIVI MODERATAM. SOVRACONSOLIDATI	SPT1	N <sub>15</sub> : 6 11 11 N <sub>spt</sub> : 22	4.7 4.85 5.0 5.15	C1	0.4		suolo vegetale	acqua solo per estrazione		
					1.0	1				limo argilloso con clasti e frammenti di laterizi, rimaneggiato
					1.5					limo argilloso-sabbioso nocciola, secco e consistente
					2.0	2				C1
					3.0	3				limo argilloso consistente con scarsa frazione sabbiosa, clasti e residui carboniosi minuti, sparsi
					3.7	4				
					5.0	5				
					6.0	6				
					7.0	7				bancata omogenea limo-argillosa consistente, nocciola, con scarsa frazione sabbiosa, clasti bruni molto alterati e residui carboniosi minuti, in aumento verso il basso
					8.0	8				
					9.0	9				
					9.4	10				
					11.0	11				argilla grigia leggermente meno consistente del livello superiore, clasti cm sparsi, marnosi e resti carboniosi; progressivamente meno consistente e più ricca in clasti verso il basso
					12.0	12				
					13.0	13				
14.0	14		argilla grigia mediamente consistente, scarsi clasti minuti							
15.0	15									
	SPT2	N <sub>15</sub> : 6 14 20 N <sub>spt</sub> : 34	9.4					acqua di circolaz.		

-  suolo superficiale riporti
-  limi argillosi
-  limi sabbiosi
-  ghiaie e ciottolami
-  roccia
-  argille
-  limi
-  sabbie
-  detriti
-  altro

NOTE .....

cantiere LICEO NICOLA' COPERNICO	località PRATO	data inizio 28/11/19	data fine 3/12/19
sondaggio n. 1	metodo perfor. carotaggio continuo - carotiere semplice	diametro f (mm) 101/127	
liv. falda (m da p.c.) -1 m	quota p.c. (m slm) 60.0	redattore stratigrafia	b. polverosi

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



segue perforazione a distruzione:  
 da 15 a 20 argille lacustri  
 da 20 a 22 calcare fratturato e argilla  
 da 22 a 30 calcari marnosi



# geoplanning

SERVIZI PER IL TERRITORIO

Prove Geotecniche di laboratorio

Commessa: 3360

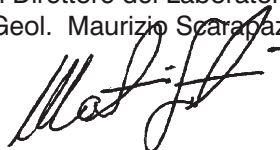
Lavoro: 001/20

Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Liceo "Copernico". Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Documento approvato da:  
il Direttore del Laboratorio  
(Geol. Maurizio Scarapazzi)



Laboratorio qualificato  
n° 103



*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
SETTORE A

Prove su terre, di carico su piastra, di densità in sito  
Decreto n° 553 del 25 ottobre 2019

ai sensi dell'art. 59 D.P.R. 380/2001, Circolare II.TT. 7618/2010/STC



*Ministero dell'Istruzione  
dell'Università e della Ricerca*

**LABORATORIO ALTAMENTE QUALIFICATO**

Articolo 14 del Decreto n° 593 del 8 agosto 2000  
Decreto Dirigenziale n° 1956/Ric. del 20 novembre 2003  
Gazzetta Ufficiale n° 285 del 9 dicembre 2003

## SIMBOLOGIA

$\gamma$	=	peso di volume	(kN/m <sup>3</sup> )	$W_n$	=	contenuto naturale d'acqua	(%)
$\gamma_n$	=	peso di volume naturale	(kN/m <sup>3</sup> )	$W_i$	=	contenuto d'acqua iniziale	(%)
$\gamma_{dry}$	=	peso di volume secco	(kN/m <sup>3</sup> )	$W_f$	=	contenuto d'acqua finale	(%)
$\gamma_s$	=	peso di volume dei grani	(kN/m <sup>3</sup> )	$W_{LL}$	=	contenuto d'acqua al LL	(%)
$\gamma_{sat}$	=	peso di volume saturo	(kN/m <sup>3</sup> )	$W^*$	=	contenuto d'acqua	(%)
$H_0$	=	altezza iniziale	(cm)	$n_0$	=	porosità iniziale	
$H_{dry}$	=	altezza del secco	(cm)	$e$	=	indice dei vuoti	
$V_0$	=	volume iniziale	(cm <sup>3</sup> )	$e_0$	=	indice dei vuoti iniziale	
$a$	=	area	(cm <sup>2</sup> )	$S_r$	=	grado di saturazione	(%)
$\Delta h$	=	cedimento	(mm)	$i$	=	gradiente idraulico	
$d$	=	deformazione	(mm)	$i_0$	=	gradiente idraulico iniziale	(cm)
$\phi$	=	diametro	(mm)	$\sigma_v$	=	carico verticale	(kPa)
$h$	=	ore		$\sigma_3$	=	pressione di cella	(kPa)
$n$	=	porosità		$\sigma'_{cons}$	=	tens. effic. media consolidaz.	(kPa)
LL	=	limite liquido	(%)	A	=	indice di attività	
LP	=	limite plastico	(%)	IG	=	indice di gruppo	
IP	=	indice di plasticità	(%)	E'	=	modulo di compressibilità	(kPa)
LR	=	limite di ritiro	(%)	$m_v$	=	coefficiente di compressibilità	(kPa <sup>-1</sup> )
IC	=	indice di consistenza		$c_v$	=	coefficiente di consolidazione	(cm <sup>2</sup> /sec)
IL	=	indice di liquidità		k	=	coefficiente di permeabilità	(m/sec)
$I_r$	=	Indice di ritiro		Md	=	modulo di deformazione	(N/mm <sup>2</sup> )
$R_r$	=	Rapporto di ritiro		M'd	=	mod. deform. (2° ciclo carico)	(N/mm <sup>2</sup> )

## PROVE

Lim.	=	Limiti	TxUU*	=	Triassiale UU
Gran.	=	Granulometria	ELL*	=	Espansione Laterale Libera
TD*	=	Taglio Diretto	K	=	Permeabilità
TDRév.*	=	Taglio Diretto reverse	Rig.	=	Rigonfiamento
TDLL*	=	Taglio Diretto al LL	CS*	=	Compressione Semplice
ED	=	Edometrica	Proctor	=	Compattazione
TxCD*	=	Triassiale CD	CBR	=	C.B.R.
TxCU*	=	Triassiale CU	S.Org.	=	Sostanza Organica

N.D. = Non Determinabile

N.C. = Non Calcolabile

N.E. = Non Eseguitabile

M.I.\*\* = Misura Indicativa



Zone imbibite d'acqua (rammollimenti)



Livelli limosi



Livelli sabbiosi



Livelli argillosi

\* I numeri riportati accanto alla prova indicano il relativo provino

\*\* Misura eseguita con strumentazione non tarabile e/o non tarata



Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Certificato di prova: 12302/a  
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3360/1

Lavoro di laboratorio: 001/20

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità di prelievo:  
da m 01.50 a m 02.00

## DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

### CARATTERISTICHE DEL CAMPIONAMENTO

Tipo di perforazione (dichiarata):	<b>non dichiarata</b>	Forma del campione:	<b>cilindrica</b>
Tipo di campionatore (dichiarato):	<b>non dichiarato</b>	Diametro della carota $\phi$ :	<b>85 mm</b>
Contenitore:	<b>fustella metallica</b>	Lunghezza della carota:	<b>470 mm</b>
Diametro esterno $\phi$ del contenitore:	<b>89 mm</b>	Data di prelievo del campione:	--
Lunghezza del contenitore:	<b>620 mm</b>	Classe di Qualità (dichiarata):	<b>non dichiarata</b>
Data di consegna del campione:	13/12/19	Data di apertura del campione:	16/12/19
Data di apertura Commessa:	13/12/19	Stoccaggio: in camera ad umidità e temperatura controllate	
Data di inizio prova:	16/12/19	Data di fine prova:	16/12/19

SCHEMA DEL CAMPIONE	LUNGH.	POCKET PENETR.	VANE TEST	PROVE ESEGUITE	DESCRIZIONE
	cm	kPa (M.I.)	kPa (M.I.)		
ALTO	10	> 450	N.E.	ED $W_1$ TD1 $\gamma_n$ TD2 TD3 $W_2$ $W_3$ ELL1	Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso marrone-giallastro con screziature nerastre, duro, a struttura caotica, non reattivo ad HCl. Sono presenti inclusi ghiaiosi millimetrici. Si rinvencono apparati radicali.
20	> 450	N.E.	$\gamma_s$		
30	> 450	N.E.			
40					
50					
60					
70	BASSO				

Note: la fustella era chiusa con nastro adesivo alle estremità, presentava forma normale con le superfici laterali esterna ed interna sufficientemente lisce e prive di protuberanze visivamente apprezzabili. Il filo della scarpa, di forma normale, era affilato. Il campione era isolato con paraffina (8 mm in alto e 4 mm in basso).

 il Tecnico Sperimentatore  
 (Dott. Geol. Francesca Tropeano)

Francesca Tropeano

 il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi)

Maurizio Scarapazzi

Roma, 08/01/20



**geoplanning** Laboratorio  
SERVIZI PER IL TERRITORIO Geotecnico

Via Gianò della Bella, 43/45 - 00162 Roma \* Tel. 06 44 69 550  
laboratorio@geoplanning.it http://www.geoplanning.it



Laboratorio autorizzato dal MIT ai sensi del Decreto C.S.LL.PP./STC n° 553 del 25/10/19, art. 59 D.P.R. 380/2001, Circ. II.TT. 7618/STC/2010 relativamente al "Settore A" (Prove di laboratorio sui terreni, Prove di carico su piastra, Prove di densità in sito)

Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Certificato di prova: 12302/b  
(foglio 1 di 1)

Verbale di Accettazione: 3360/1

Lavoro di laboratorio: 001/20

Profondità di prelievo:  
da m 01.50 a m 02.00

## CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data di inizio prova:	16/12/19	Data di fine prova:	17/12/19
	Determinazione $W_1$	Determinazione $W_2$	Determinazione $W_3$
Peso lordo umido (g)	54,12	65,02	74,95
Peso lordo secco (g)	49,28	58,52	67,01
Tara (g)	21,13	20,74	21,64
Umidità relativa W (%)	17,2	17,2	17,5
UMIDITA' NATURALE MEDIA $W_n$	17,3	%	DEVIAZIONE STANDARD 0,17

Note:

Roma, 08/01/20

il Tecnico Sperimentatore  
(Dott. Geol. Francesca Tropeano)  
*Francesca Tropeano*

il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Geol. Maurizio Scatapazzi)  
*Maurizio Scatapazzi*

## PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Data di inizio prova:	16/12/19	Data di fine prova:	16/12/19
Peso umido del terreno (g)	79,63	Volume (cm <sup>3</sup> )	39,81
PESO DI VOLUME NATURALE $\gamma_n$	19,62	kN/m <sup>3</sup>	Determinazione eseguita tramite: fustella tarata

Note:

Roma, 08/01/20

il Tecnico Sperimentatore  
(Dott. Geol. Francesca Tropeano)  
*Francesca Tropeano*

il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Geol. Maurizio Scatapazzi)  
*Maurizio Scatapazzi*



Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Certificato di prova: **12302/c**  
(foglio 1 di 1)Verbale di Accettazione: **3360/1**Lavoro di laboratorio: **001/20**

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità di prelievo:  
da m **01.50** a m **02.00**

## PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Data di inizio prova:	16/12/19	Data di fine prova:	23/12/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

Determinazione n° 1	Quantità misurate	Determinazione n° 2
90,30	Tara picnometro (g)	82,54
110,91	Picnometro + campione secco (g)	103,07
225,37	Picnometro + campione + acqua (g)	216,10
20,0	Temperatura di prova (°C)	20,1
212,39	Picnometro + acqua (g)	203,14
26,51	P. di vol. dei grani misurato (kN/m <sup>3</sup> )	26,61

PESO DI VOLUME DEI GRANI $\gamma_s$	<b>26,56</b> kN/m <sup>3</sup>	DEVIATION STANDARD	<b>0,066</b>
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------

Note: il peso specifico assoluto a 20° C è pari a 26,6 (2,712).

Roma, 08/01/20

 il Tecnico Sperimentatore  
 (Dott. Geol. Francesca Tropeano)  
*Francesca Tropeano*

 il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi)  
*Maurizio Scarapazzi*

## CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

INDICE DEI VUOTI	e	<b>0,590</b>	GRADO DI SATURAZIONE	S <sub>r</sub>	<b>80</b> %
POROSITA'	n	<b>0,371</b>	PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_{dry}$	<b>16,73</b> kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOL. SATURO	$\gamma_{sat}$	<b>20,40</b> kN/m <sup>3</sup>	PESO DI VOL. IMMERSO	$\gamma'$	<b>9,81</b> kN/m <sup>3</sup>

Note:

 il Tecnico Sperimentatore  
 (Dott. Geol. Francesca Tropeano)  
*Francesca Tropeano*

 il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi)  
*Maurizio Scarapazzi*



Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Certificato di prova: 12302/d  
(foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: 3360/1

Lavoro di laboratorio: 001/20

Profondità di prelievo:  
da m 01.50 a m 02.00

## PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Data di inizio prova:	16/12/19	Data di fine prova:	07/01/20
-----------------------	----------	---------------------	----------

### CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Diametro	$\phi$	5,033	cm	Peso di vol. dei grani	$\gamma_s$	26,56	kN/m <sup>3</sup>
Altezza iniziale	$H_0$	2,000	cm	Grado di saturazione	$S_r$	81	%
Area	$a$	19,903	cm <sup>2</sup>	Cont. d'acqua finale	$W_f$	18,8	%
Volume iniziale	$V_0$	39,806	cm <sup>3</sup>	Porosità iniziale	$n_0$	0,373	
Cont. d'acqua iniziale	$W_i$	17,7	%	Altezza del secco	$H_{dry}$	1,253	cm
Peso di volume	$\gamma$	19,62	kN/m <sup>3</sup>	Indice dei vuoti iniziale	$e_0$	0,596	

Pressione $\sigma$ (kPa)	Tempo $t$ (h)	Cedimento cumulativo $d$ (mm)	Indice dei vuoti $e$ (--)	Modulo di compressibilità $E'$ (kPa)	Coefficiente di compressibilità $m_v$ (kPa <sup>-1</sup> )	Coefficiente di consolidazione $c_v$ (cm <sup>2</sup> /sec)	Coefficiente di permeabilità $k$ (m/sec)
0	0	0	0,596				
49	24	0,128	0,586	7.656	1,31E-04		
98	24	0,234	0,577	9.186	1,09E-04		
196	24	0,421	0,562	10.359	9,65E-05	1,03E-02	9,9E-10
392	24	0,677	0,542	14.990	6,67E-05	4,85E-03	3,2E-10
785	24	1,167	0,503	15.498	6,45E-05	6,74E-03	4,4E-10
1570	24	1,918	0,443	19.686	5,08E-05		
392	12	1,710	0,460				
98	12	1,497	0,477				
49	24	1,444	0,481				

Roma, 08/01/20

il Tecnico Sperimentatore  
(Dott. Geol. Francesca Tropeano)  
*Francesca Tropeano*

il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi)  
*Maurizio Scarapazzi*



**Laboratorio Geotecnico**

Via Giano della Bella, 43/45 - 00162 Roma \* Tel. 06 44 69 550  
laboratorio@geoplanning.it http://www.geoplanning.it



Laboratorio autorizzato dal MIT ai sensi del Decreto C.S.LL.PP./STC n° 553 del 25/10/19, art. 59 D.P.R. 380/2001, Circ. II.TT. 7618/STC/2010 relativamente al "Settore A" (Prove di laboratorio sui terreni, Prove di carico su piastra, Prove di densità in sito)

Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Certificato di prova: **12302/d**  
(foglio 2 di 4)

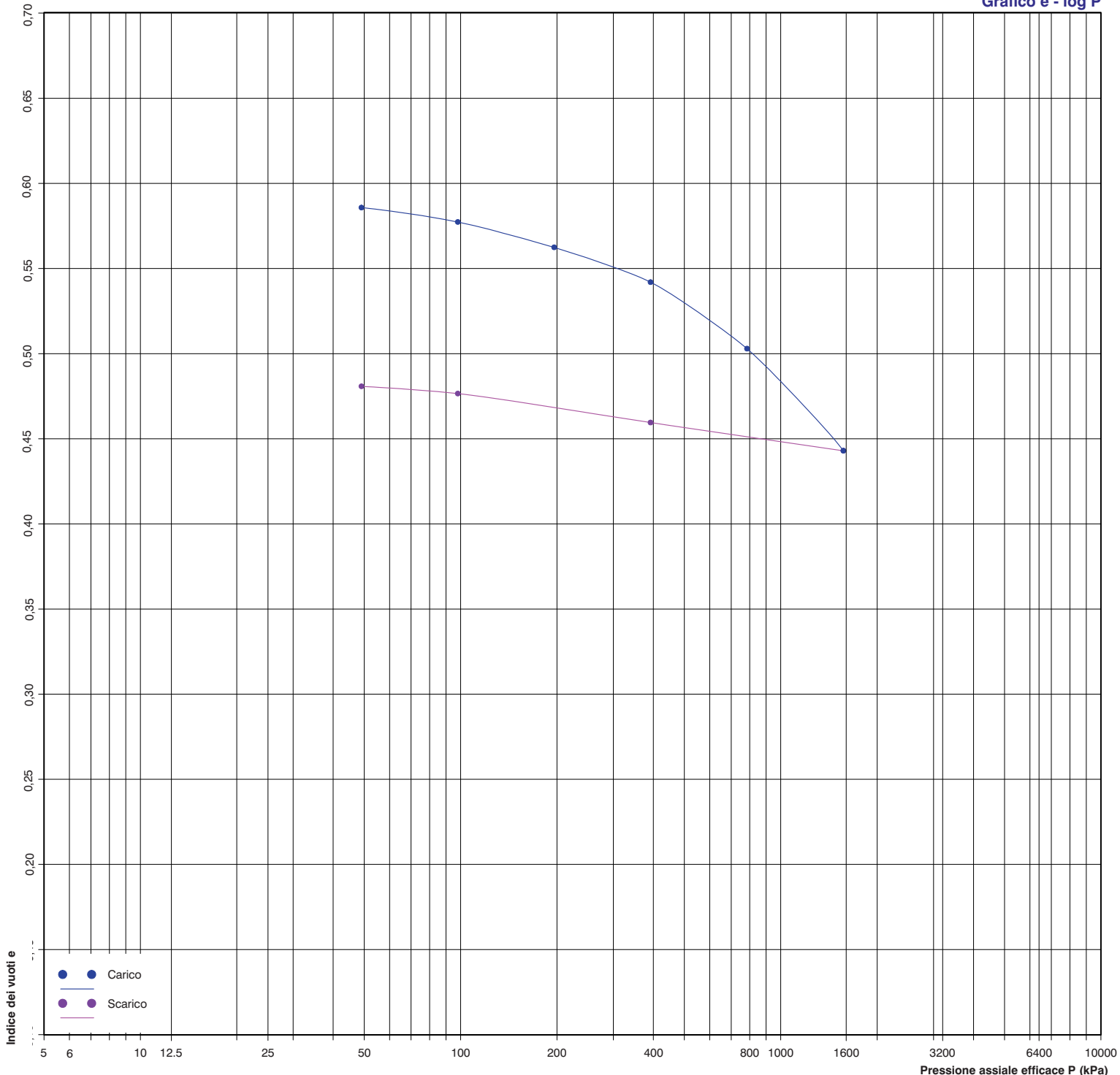
Verbale di Accettazione: **3360/1**  
Lavoro di laboratorio: **001/20**

Profondità di prelievo:  
da m **01.50** a m **02.00**

# PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico e - log P



Note:



**Laboratorio Geotecnico**

Via Giano della Bella, 43/45 - 00162 Roma \* Tel. 06 44 69 550  
laboratorio@geoplanning.it http://www.geoplanning.it



Laboratorio autorizzato dal MIT ai sensi del Decreto C.S.LL.PP./STC n° 553 del 25/10/19, art. 59 D.P.R. 380/2001, Circ. II.TT. 7618/STC/2010 relativamente al "Settore A" (Prove di laboratorio sui terreni, Prove di carico su piastra, Prove di densità in sito)

Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Certificato di prova: 12302/d  
(foglio 3 di 4)

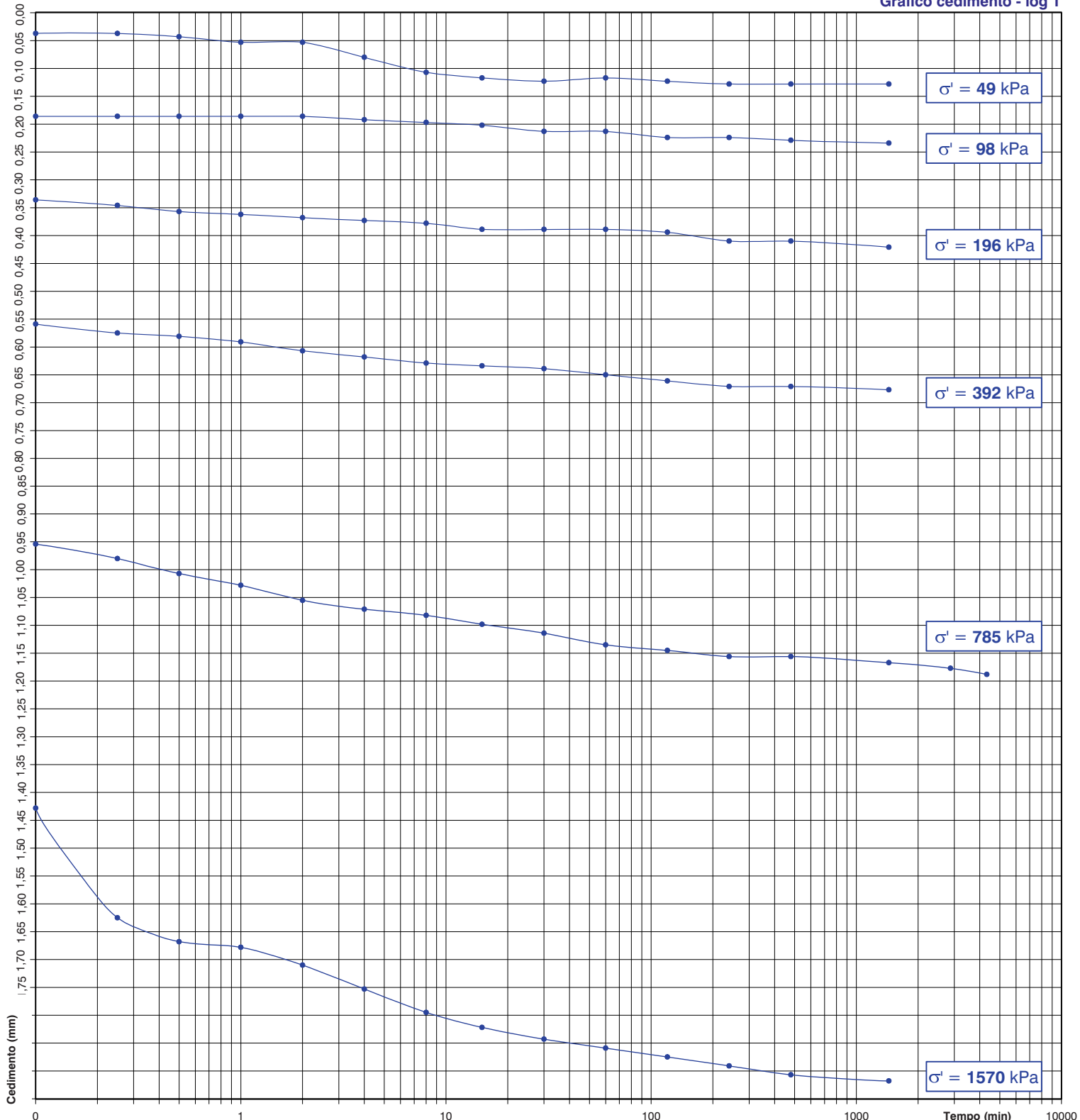
Verbale di Accettazione: 3360/1  
Lavoro di laboratorio: 001/20

Profondità di prelievo:  
da m 01.50 a m 02.00

# PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Grafico cedimento - log T



Note: il Cv è stato determinato con il metodo di Taylor.



Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Certificato di prova: **12302/d**  
(foglio 4 di 4)Verbale di Accettazione: **3360/1**Lavoro di laboratorio: **001/20**

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità di prelievo:  
da m **01.50** a m **02.00**

## PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-5)

### MISURAZIONI ACQUISITE

Pressione (kPa)	49	98	196	392	785	1570	392	98	49									
Data (gg/mese)	16/12	17/12	18/12	19/12	20/12	21/12	3/1	3/1	7/1									
Tempi	Cedimenti (mm)																	
0"	0,000	0,128	0,234	0,421	0,677	1,188	1,918	1,710	1,497									
6"	0,037	0,186	0,336	0,559	0,954	1,428												
15"	0,037	0,186	0,346	0,575	0,980	1,625												
30"	0,043	0,186	0,357	0,581	1,007	1,668												
1'	0,053	0,186	0,362	0,591	1,028	1,678												
2'	0,053	0,186	0,368	0,607	1,055	1,710												
4'	0,080	0,192	0,373	0,618	1,071	1,753												
8'	0,107	0,197	0,378	0,629	1,082	1,795												
15'	0,117	0,202	0,389	0,634	1,098	1,822												
30'	0,123	0,213	0,389	0,639	1,114	1,843												
60'	0,117	0,213	0,389	0,650	1,135	1,859												
120'	0,123	0,224	0,394	0,661	1,145	1,875												
240'	0,128	0,224	0,410	0,671	1,156	1,891												
480'	0,128	0,229	0,410	0,671	1,156	1,907												
1440'	0,128	0,234	0,421	0,677	1,167	1,918	1,710	1,497	1,444									
2880'					1,177													
4320'					1,188													

Note: le deformazioni relative a 392 e 98 kPa ottenute durante la fase di scarico sono state registrate dopo 12 ore (720') dall'imposizione delle pressioni. Tra il 22/12/19 ed il 03/01/20 è stato impedito sia la trasmissione del carico sul provino, sia eventuali suoi rigonfiamenti (carico bloccato).



Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

 Certificato di prova: 12302/e  
 (foglio 1 di 4)

Verbale di Accettazione: 3360/1

Lavoro di laboratorio: 001/20

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

 Profondità di prelievo:  
 da m 01.50 a m 02.00

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Data di inizio prova:	16/12/19	Data di fine prova:	20/12/19
-----------------------	----------	---------------------	----------

### CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

Provino		1	2	3
Altezza	cm	2,011	2,012	1,997
Lato	cm	6,027	6,021	6,034
Volume	cm <sup>3</sup>	73,05	72,94	72,71
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>	19,33	19,72	19,03
Contenuto d'acqua	%	17,7	17,5	18,0
Peso di volume dei grani	kN/m <sup>3</sup>	26,56	26,56	26,56
Indice dei vuoti		0,619	0,585	0,653
Grado di saturazione	%	78	81	75

### FASE DI CONSOLIDAZIONE

Provino		1	2	3
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Durata	h	24	24	24
Cedimento	mm	1,32	1,59	1,87

### FASE DI TAGLIO

Provino		1	2	3
Velocità di deformazione	mm/min	0,0042	0,0042	0,0042
Carico verticale efficace	kPa	98	196	294
Contenuto finale d'acqua	%	20,2	21,2	15,9

### NOTE

Roma, 01/08/20

 il Tecnico Sperimentatore  
 (Dott. Geol. Francesca Tropeano)  
*Francesca Tropeano*

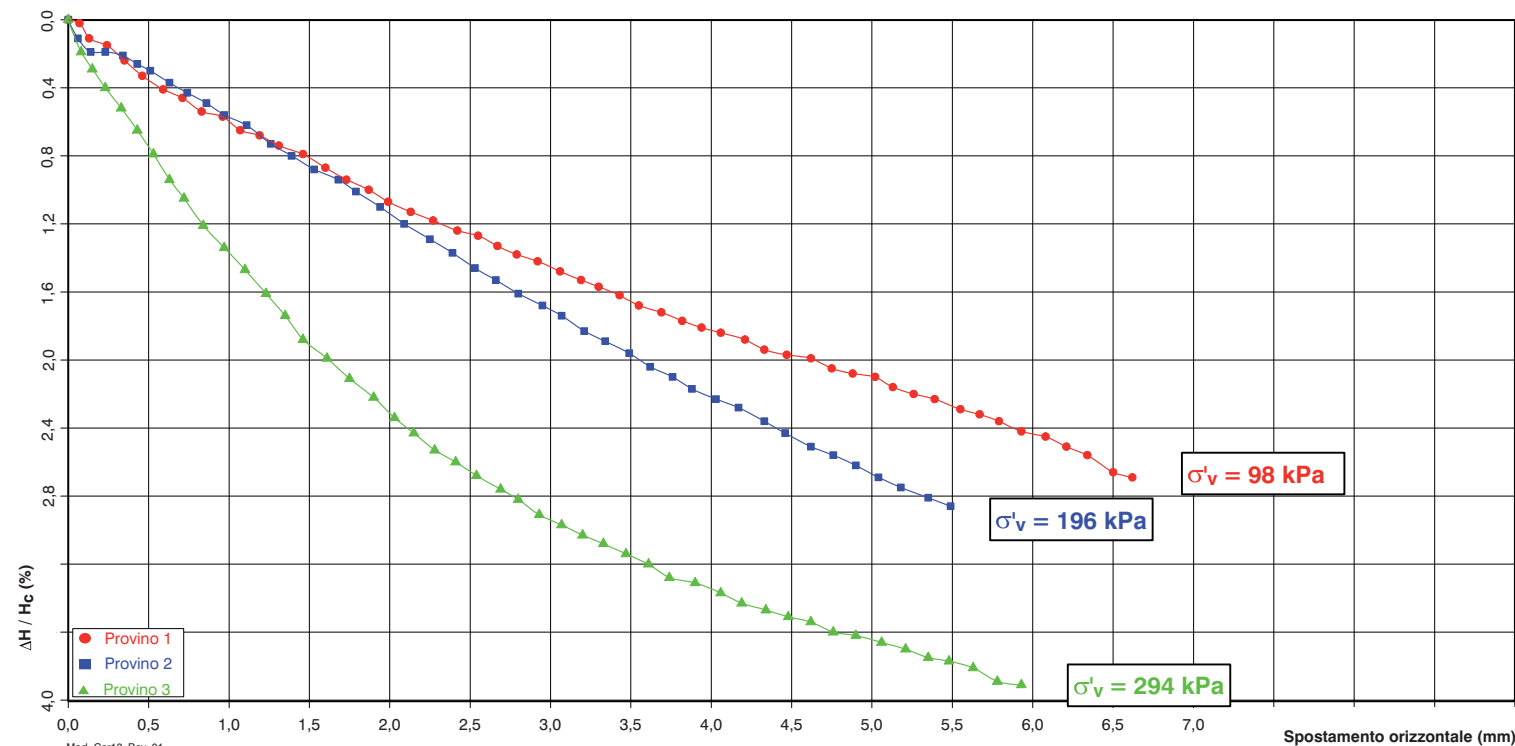
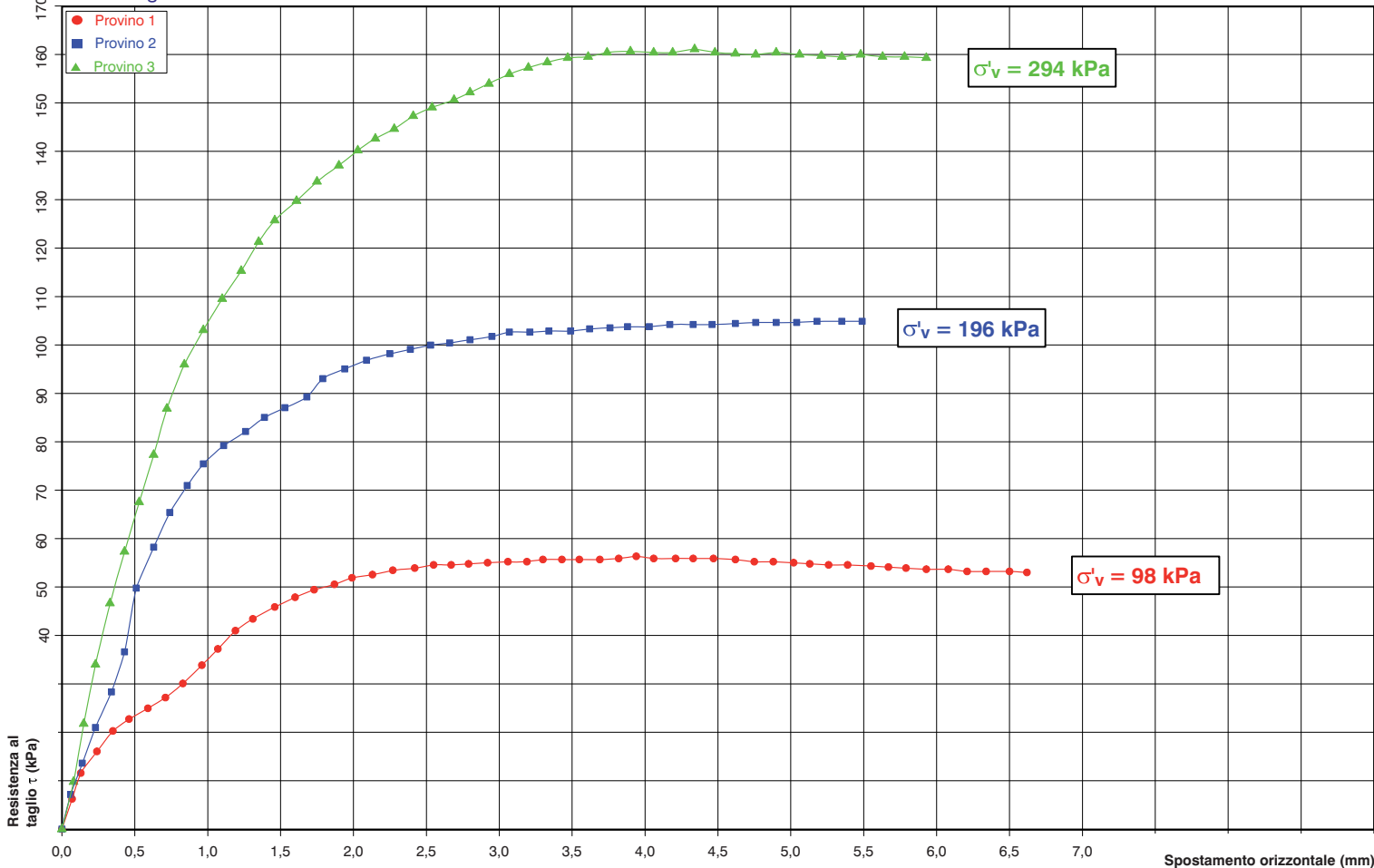
 il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi)  
*Maurizio Scarapazzi*



# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Fase di taglio







Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Certificato di prova: 12302/e  
(foglio 3 di 4)

Verbale di Accettazione: 3360/1

Lavoro di laboratorio: 001/20

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità di prelievo:  
da m 01.50 a m 02.00

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

### MISURAZIONI ACQUISITE

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)	Spostamento orizzontale (mm)	Deformazione verticale (%)	Sollecitazione di taglio (kPa)
0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,07	0,02	6	0,06	0,11	7	0,08	0,19	10
0,13	0,11	12	0,14	0,19	14	0,15	0,29	22
0,24	0,15	16	0,23	0,19	21	0,23	0,40	34
0,35	0,24	20	0,34	0,21	28	0,33	0,52	47
0,46	0,33	23	0,43	0,26	37	0,43	0,65	57
0,59	0,41	25	0,51	0,30	50	0,53	0,79	68
0,71	0,46	27	0,63	0,37	58	0,63	0,94	77
0,83	0,54	30	0,74	0,43	65	0,72	1,05	87
0,96	0,57	34	0,86	0,49	71	0,84	1,21	96
1,07	0,65	37	0,97	0,56	75	0,97	1,34	103
1,19	0,68	41	1,11	0,62	79	1,10	1,47	110
1,31	0,74	43	1,26	0,73	82	1,23	1,61	115
1,46	0,79	46	1,39	0,80	85	1,35	1,74	121
1,60	0,87	48	1,53	0,88	87	1,46	1,88	126
1,73	0,94	49	1,68	0,94	89	1,61	1,99	130
1,87	1,00	51	1,79	1,01	93	1,75	2,11	134
1,99	1,07	52	1,94	1,10	95	1,90	2,22	137
2,13	1,13	53	2,09	1,20	97	2,03	2,34	140
2,27	1,18	53	2,25	1,29	98	2,15	2,43	143
2,42	1,24	54	2,39	1,37	99	2,28	2,53	145
2,55	1,27	55	2,53	1,46	100	2,41	2,60	147
2,67	1,33	55	2,66	1,53	100	2,54	2,68	149
2,79	1,38	55	2,80	1,61	101	2,69	2,76	151
2,92	1,42	55	2,95	1,68	102	2,80	2,82	152
3,06	1,48	55	3,07	1,74	103	2,93	2,91	154
3,19	1,53	55	3,21	1,83	103	3,07	2,97	156
3,30	1,57	56	3,34	1,89	103	3,20	3,03	157
3,43	1,62	56	3,49	1,96	103	3,33	3,08	158
3,55	1,68	56	3,62	2,04	103	3,47	3,14	159





Committente: Geol. Benedetta Polverosi

Richiedente: Geol. Benedetta Polverosi

Cantiere: Via Borgovalsugana, 63 - Prato (PO)

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

 Certificato di prova: **12302/f**  
 (foglio 1 di 2)

 Verbale di Accettazione: **3360/1**  
 Lavoro di laboratorio: **001/20**

 Profondità di prelievo:  
 da m **01.50** a m **02.00**

# PROVA DI ESPANSIONE LATERALE LIBERA

(UNI CEN ISO/TS 17892-7)

Data di inizio prova:

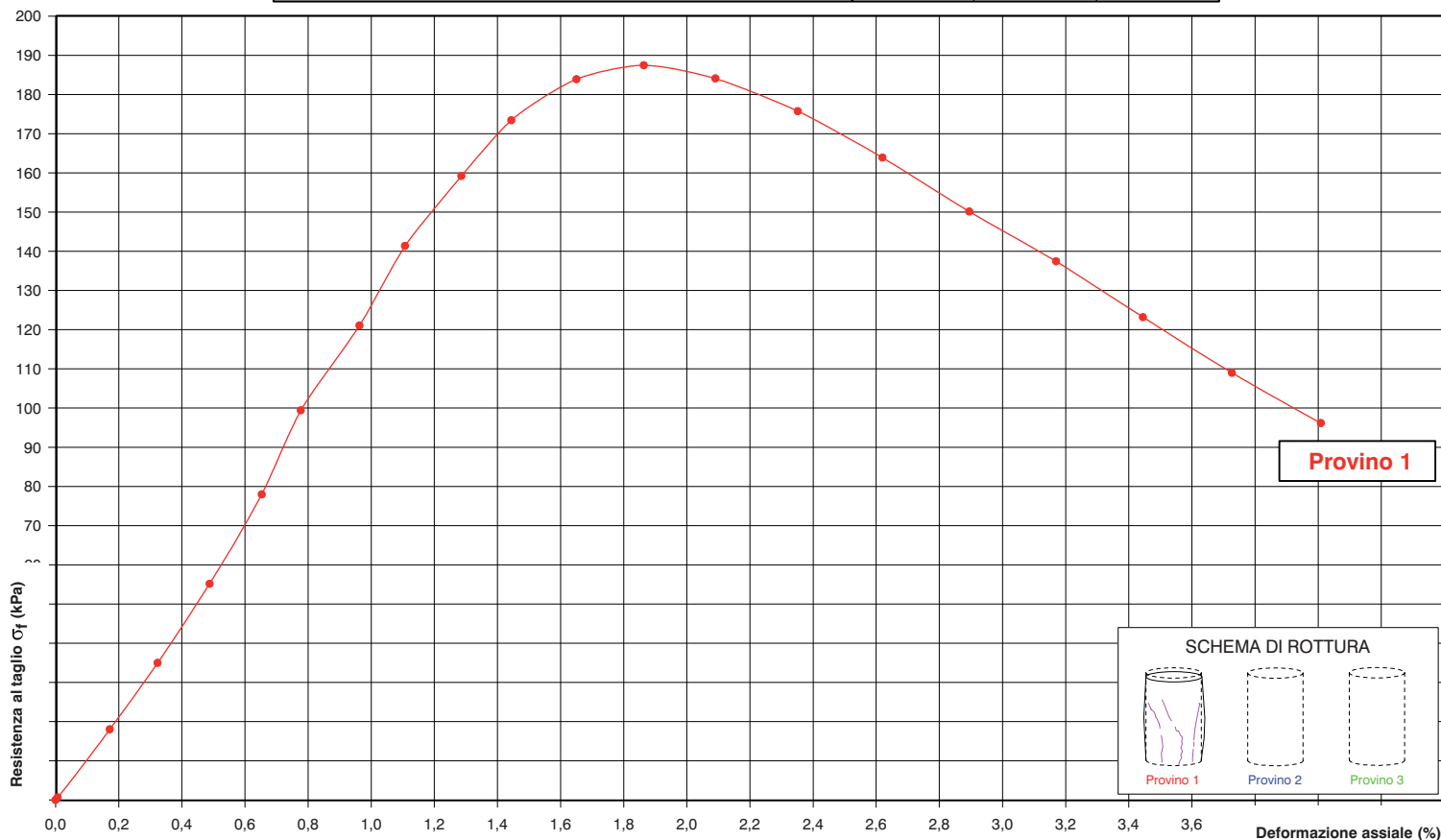
16/12/19

Data di fine prova:

17/12/19

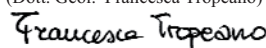
## CARATTERISTICHE DEI PROVINI

Provino		1	2	3
Diametro	cm	3,80	--	--
Altezza	H <sub>0</sub> cm	7,61	--	--
Contenuto d'acqua	W <sub>i</sub> %	18,0	--	--
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>	19,59	--	--
Peso di volume dei grani	kN/m <sup>3</sup>	26,56	--	--
Indice dei vuoti	e	0,602	--	--
Grado di saturazione	S <sub>r</sub>	81	--	--
Velocità di deformazione	mm/min	0,96	--	--
Deformazione assiale a rottura	%	1,86	--	--
Resistenza a rottura	kPa	187	--	--

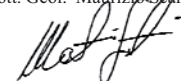


Roma, 08/01/20

 il Tecnico Sperimentatore  
 (Dott. Geol. Francesca Tropeano)



 il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Geol. Maurizio Scarpazzi)





## NORME DI RIFERIMENTO, RACCOMANDAZIONI E RIFERIMENTI TECNICI PER LE PROVE DI LABORATORIO

### Descrizione e classificazione dei terreni

- Racc. A.G.I. (1963) : “Nomenclatura geotecnica e classifica delle terre”;  
 A.S.T.M. D 2487 : “Classification of the soil for engineering purposes”;  
 A.S.T.M. D 2488 : “Standard practise for description and identification of soils”.

### Determinazione del contenuto d’acqua allo stato naturale

- UNI CEN ISO/TS 17892-1 : “Determinazione del contenuto in acqua”  
 C.N.R. U.N.I. 10008 : “Prove su materiali stradali. Umidità di una terra”;  
 A.S.T.M. D 2216-92 : “Laboratory determination of water (moisture) content of soil”.

### Determinazione del peso dell’unità di volume allo stato naturale

- UNI CEN ISO/TS 17892-2 : “Determinazione della massa volumica dei terreni”  
 Racc. A.G.I. (1994) : Determinazione del peso dell’unità di volume relativo alle prove specifiche;

### Determinazione del peso specifico assoluto dei granuli

- UNI CEN ISO/TS 17892-3 : “Determinazione della massa volumica dei granuli solidi”;  
 A.S.T.M. D 854 : “Standard method for specific gravity of soils”;  
 A.S.T.M. D 4718 : “Correction of unit weight and water content for soils containing oversize particles”.

### Determinazione dei Limiti di consistenza

- UNI CEN ISO/TS 17892-12 : “Determinazione dei limiti di Atterberg”;  
 A.S.T.M. D 4318 : “Liquid limit, plastic limit and plastic index of soils”;  
 BISHOP & GLOSSOP : “Determinazione del limite di adesività”;  
 BISHOP & GLOSSOP : “Serie di prove indici su impasto di argilla”.  
 A.S.T.M. D 4943 : “Shrinkage factors of soils by the wax method”;  
 B.S. 1377, Part 2 : “Classification tests”.

### Analisi granulometrica

- UNI CEN ISO/TS 17892-4 : “Determinazione della distribuzione granulometrica”;  
 Racc. A.G.I. (1994) : “Analisi granulometrica di una terra”;  
 A.S.T.M. D 422 : “Particle size analysis of soils”;  
 A.S.T.M. D 1140 : “Amount of material in soils finer than No.200 sieve”;  
 A.S.T.M. D 421 : “Dry preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants”;  
 A.S.T.M. D 2217 : “Wet preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants”;

### Prova di consolidazione monodimensionale (edometrica)

- UNI CEN ISO/TS 17892-5 : “Prova edometrica ad incrementi di carico”;  
 Racc. A.G.I. (1994) : “Prove edometriche”;  
 A.S.T.M. D 2435 : “One-dimensional consolidation properties of soil”;  
 A.S.T.M. D 4186 : “One-dimensional consolidation properties of soils using controlled-strain loading”.

### Prova di rigonfiamento

- UNI CEN ISO/TS 17892-5 : “Prova edometrica ad incrementi di carico”;  
 A.S.T.M. D 4546 : “One dimensional swell or settlement potential of cohesive soils”;  
 GIBBS & HOLTZ (1956) : “Prova di rigonfiamento libero”;  
 HUDER & AMBERG (1970) : “Quellung im Mergel, Opalin uston und Anhydrit

### Prova di permeabilità

- UNI CEN ISO/TS 17892-11 : “Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile”;  
 A.S.T.M. D 2434 : “Permeability of granular soils (costant head)”.

### Prova di taglio con scissometro

- A.S.T.M. D 4648 : “Laboratory miniature Vane test for saturated fine-grained clayey”.

### Prova di compressione ad espansione laterale libera

- UNI CEN ISO/TS 17892-7 : “Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine”;  
 Racc. A.G.I. (1994) : “Prove di compressione triassiale su terre coesive”;  
 A.S.T.M. D 2166 : “Unconfined compressive strenght of cohesive soil”.

Prove triassiali

UNI CEN ISO/TS 17892-9	:	“Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi”;
UNI CEN ISO/TS 17892-8	:	“Prova triassiale non consolidata non drenata”;
Racc. A.G.I. (1994)	:	“Prove di compressione triassiale su terre coesive”;
A.S.T.M. D 2850	:	“Unconsolidated, undrained compressive strength of cohesive soils in triaxial compression”;
A.S.T.M. D 7181	:	“Method for consolidated drained triaxial compression test for soils”;
A.S.T.M. D 4767	:	“Consolidated undrained triaxial compression test for cohesive soils”.

Prova di taglio diretto

UNI CEN ISO/TS 17892-10	:	“Prove di taglio diretto”;
Racc. A.G.I. (1994)	:	“Prove di taglio diretto”;
A.S.T.M. D 3080	:	“Direct shear test of soil under consolidated drained conditions”.

Prova di taglio per la definizione della resistenza residua

UNI CEN ISO/TS 17892-10	:	“Prove di taglio diretto”;
Racc. A.G.I. (1994)	:	“Prove di taglio diretto”;
A.S.T.M. D 3080	:	“Direct shear test of soil under consolidated drained conditions”.
A.S.T.M. D 6467	:	“Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils”.

Prova Proctor

C.N.R. B.U. A. XII N.69	:	“Norme sui materiali stradali. Prove di costipamento di una terra”;
ASTM D1557	:	“Test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (56,000 ft-lbf/ft <sup>3</sup> (2,700 kN-m/m <sup>3</sup> ))”;
A.S.T.M. D 698	:	“Test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (12,400 ft-lbf/ft <sup>3</sup> (600 kN-m/m <sup>3</sup> ))”;
AASHTO T180	:	“Moisture-density relations of soil”;
AASHTO T99	:	“Moisture-density relations of soil”.

Prova C.B.R.

C.N.R. U.N.I. 10009	:	“Prove sui materiali stradali. Indice di portanza CBR di una terra”;
A.S.T.M. D 1883	:	“Bearing ratio of laboratory compacted soils”.

Determinazione del contenuto in sostanze organiche

A.S.T.M. D 2974	:	“Standard tests methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soil”;
-----------------	---	--

Determinazione del tenore in carbonati

B.S. 1377		
U.N.I. 9943/2	:	“Determinazione del contenuto in carbonati”;
A.S.T.M. D 4373	:	“Calcium carbonate content of soil”.

Determinazione del grado di reazione (pH)

D.M. 13/09/99	:	“Ministero Politiche Agricole, Cap. III”;
---------------	---	---

Determinazione del Contenuto Iniziale in Calce (CIC)

ASTM D6276	:	“Standard test method for using pH for estimate the soil-lime proportion requirement for soil stabilization”;
------------	---	---

Determinazione della densità in sito

C.N.R. B.U. n° 22		
A.S.T.M. D 1556	:	“Density of soil in place by the sand cone method”.

Prova di carico su piastra

C.N.R. B.U. n° 146		
A.S.T.M. D 1195	:	“Repetitive static plate load test of soils”;
A.S.T.M. D 1196	:	“Nonrepetitive static plate load test of soils”;
N.S. SNV 70317	:	“Prova con piastra”.

NOTA: QUALORA VENGA RICHIESTA L'ESECUZIONE DI UNA PROVA DI CUI NON ESISTE UNA NORMATIVA NAZIONALE OD INTERNAZIONALE, FARÀ FEDE LA PROCEDURA INTERNA DI RIFERIMENTO.

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polversoi  
 - lavoro :  
 - località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato  
 - note :

- data : 28/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,60	----	6,20	85,0	121,0	85,0	2,60	33,0
0,40	12,0	21,0	12,0	0,87	14,0	6,40	60,0	99,0	60,0	2,80	21,0
0,60	10,0	23,0	10,0	1,00	10,0	6,60	57,0	99,0	57,0	2,60	22,0
0,80	9,0	24,0	9,0	1,20	7,0	6,80	65,0	104,0	65,0	2,20	30,0
<b>1,00</b>	15,0	33,0	15,0	0,40	37,0	<b>7,00</b>	99,0	132,0	99,0	2,93	34,0
1,20	27,0	33,0	27,0	1,33	20,0	7,20	82,0	126,0	82,0	3,40	24,0
1,40	26,0	46,0	26,0	1,67	16,0	7,40	58,0	109,0	58,0	1,33	43,0
1,60	24,0	49,0	24,0	2,07	12,0	7,60	50,0	70,0	50,0	2,07	24,0
1,80	22,0	53,0	22,0	1,07	21,0	7,80	34,0	65,0	34,0	1,60	21,0
<b>2,00</b>	22,0	38,0	22,0	1,67	13,0	<b>8,00</b>	34,0	58,0	34,0	1,27	27,0
2,20	24,0	49,0	24,0	1,80	13,0	8,20	50,0	69,0	50,0	1,87	27,0
2,40	25,0	52,0	25,0	1,87	13,0	8,40	36,0	64,0	36,0	1,00	36,0
2,60	27,0	55,0	27,0	1,80	15,0	8,60	38,0	53,0	38,0	1,20	32,0
2,80	30,0	57,0	30,0	2,67	11,0	8,80	37,0	55,0	37,0	1,40	26,0
<b>3,00</b>	28,0	68,0	28,0	1,87	15,0	<b>9,00</b>	41,0	62,0	41,0	1,53	27,0
3,20	29,0	57,0	29,0	2,67	11,0	9,20	35,0	58,0	35,0	1,40	25,0
3,40	48,0	88,0	48,0	1,73	28,0	9,40	39,0	60,0	39,0	5,87	7,0
3,60	53,0	79,0	53,0	2,53	21,0	9,60	52,0	140,0	52,0	4,13	13,0
3,80	38,0	76,0	38,0	2,00	19,0	9,80	44,0	106,0	44,0	1,40	31,0
<b>4,00</b>	38,0	68,0	38,0	2,00	19,0	<b>10,00</b>	38,0	59,0	38,0	1,20	32,0
4,20	45,0	75,0	45,0	2,33	19,0	10,20	50,0	68,0	50,0	2,20	23,0
4,40	45,0	80,0	45,0	2,67	17,0	10,40	32,0	65,0	32,0	2,40	13,0
4,60	44,0	84,0	44,0	1,80	24,0	10,60	39,0	75,0	39,0	1,60	24,0
4,80	33,0	60,0	33,0	1,67	20,0	10,80	49,0	73,0	49,0	1,40	35,0
<b>5,00</b>	38,0	63,0	38,0	1,80	21,0	<b>11,00</b>	51,0	72,0	51,0	1,47	35,0
5,20	42,0	69,0	42,0	1,67	25,0	11,20	35,0	57,0	35,0	1,47	24,0
5,40	57,0	82,0	57,0	2,80	20,0	11,40	23,0	45,0	23,0	1,07	22,0
5,60	60,0	102,0	60,0	3,40	18,0	11,60	38,0	54,0	38,0	1,07	36,0
5,80	52,0	103,0	52,0	3,07	17,0	11,80	44,0	60,0	44,0	2,33	19,0
<b>6,00</b>	53,0	99,0	53,0	2,40	22,0	<b>12,00</b>	30,0	65,0	30,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

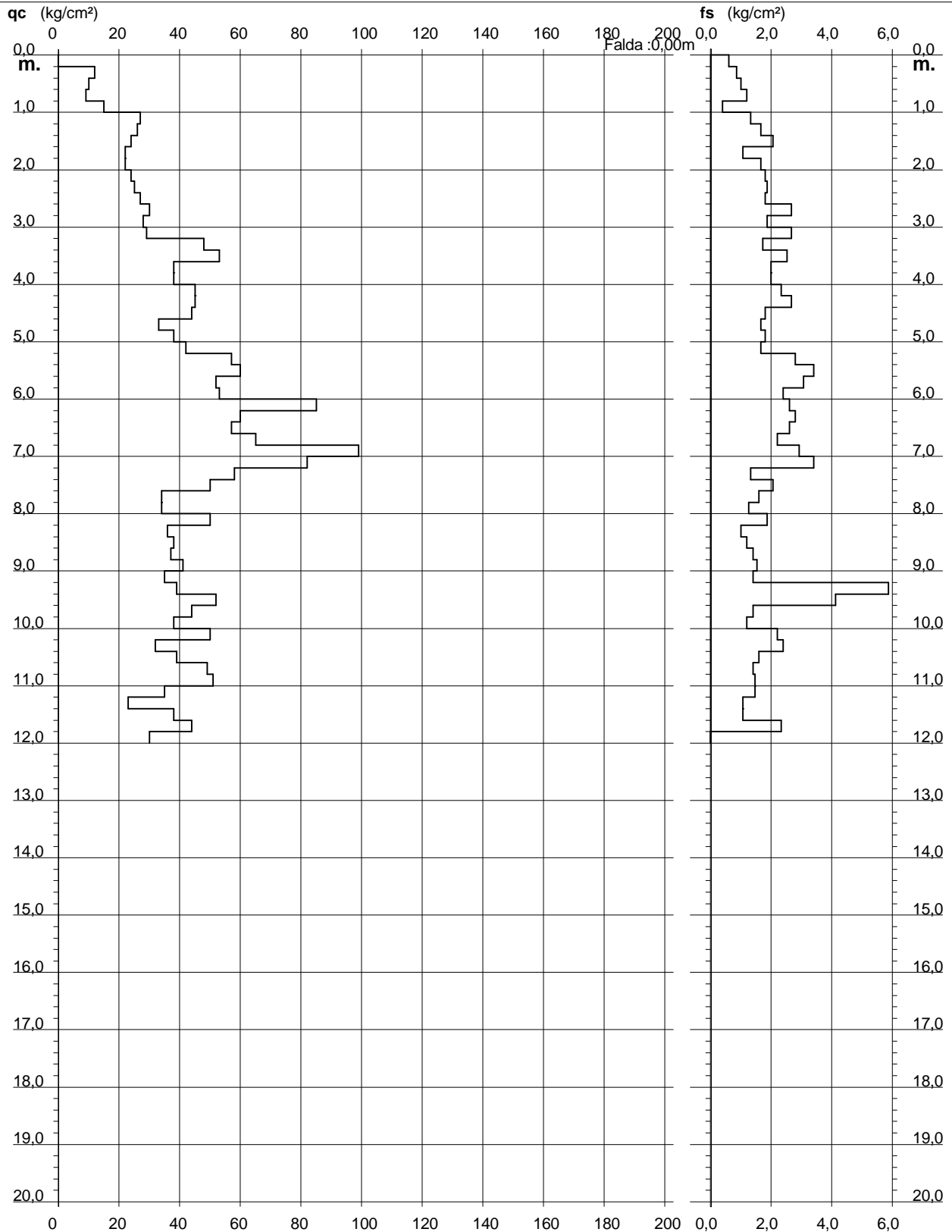
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 1

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polversoi  
- lavoro :  
- località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato

- data : 28/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



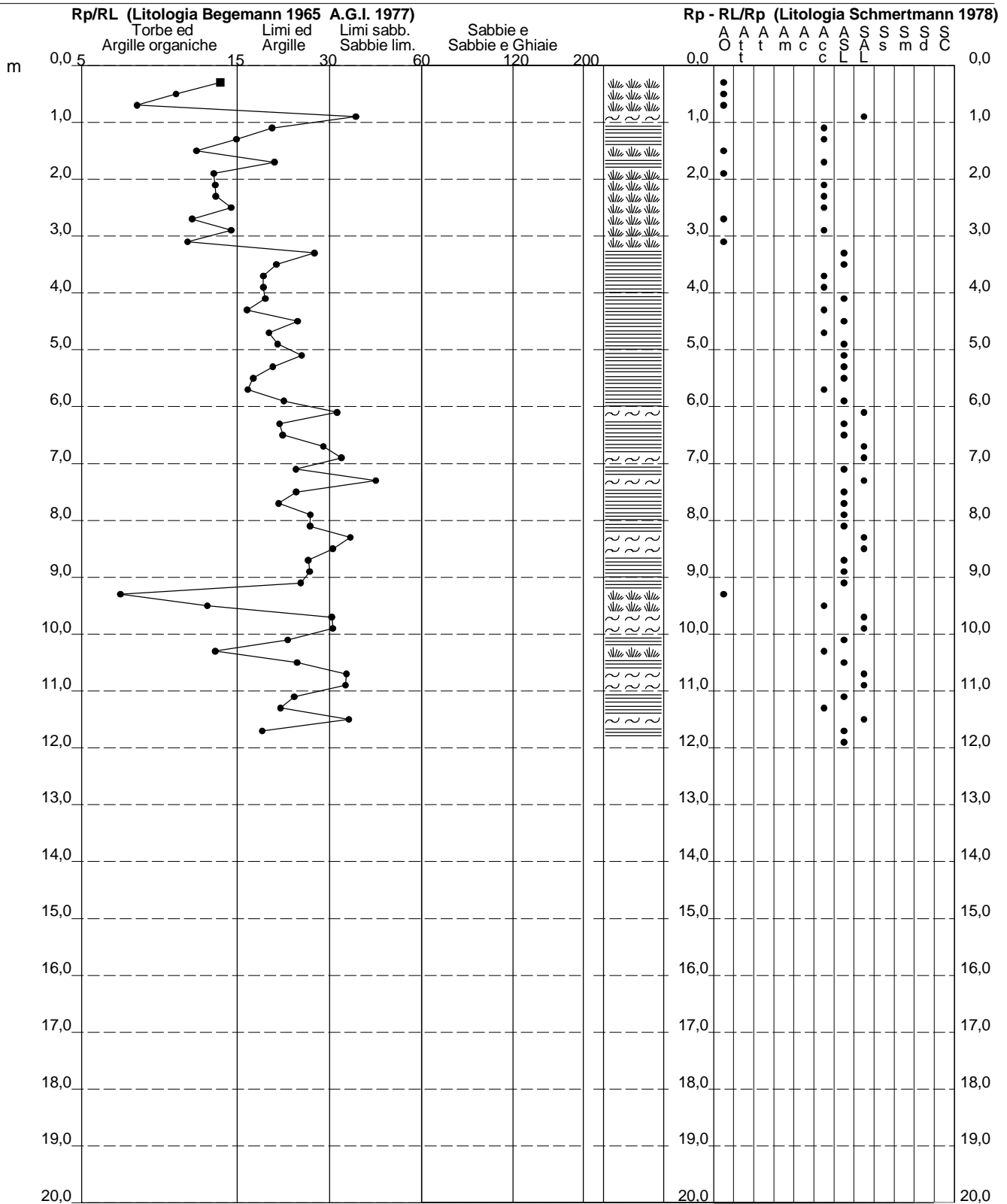


# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polversoi  
 - lavoro :  
 - località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato  
 - note :

- data : 28/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polversoi  
 - lavoro :  
 - località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato  
 - note :

- data : 28/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	0,87	----	5,20	39,0	75,0	39,0	1,80	22,0
0,40	19,0	32,0	19,0	1,67	11,0	5,40	36,0	63,0	36,0	1,27	28,0
0,60	23,0	48,0	23,0	2,00	12,0	5,60	36,0	55,0	36,0	1,53	23,0
0,80	26,0	56,0	26,0	2,20	12,0	5,80	30,0	53,0	30,0	1,40	21,0
<b>1,00</b>	29,0	62,0	29,0	2,07	14,0	<b>6,00</b>	27,0	48,0	27,0	1,13	24,0
1,20	32,0	63,0	32,0	2,13	15,0	6,20	28,0	45,0	28,0	1,07	26,0
1,40	35,0	67,0	35,0	2,40	15,0	6,40	49,0	65,0	49,0	1,27	39,0
1,60	37,0	73,0	37,0	2,73	14,0	6,60	27,0	46,0	27,0	1,07	25,0
1,80	37,0	78,0	37,0	2,27	16,0	6,80	26,0	42,0	26,0	1,27	21,0
<b>2,00</b>	40,0	74,0	40,0	2,20	18,0	<b>7,00</b>	30,0	49,0	30,0	2,40	12,0
2,20	51,0	84,0	51,0	2,73	19,0	7,20	23,0	59,0	23,0	0,93	25,0
2,40	44,0	85,0	44,0	2,53	17,0	7,40	35,0	49,0	35,0	1,47	24,0
2,60	49,0	87,0	49,0	2,27	22,0	7,60	14,0	36,0	14,0	1,00	14,0
2,80	39,0	73,0	39,0	1,73	22,0	7,80	19,0	34,0	19,0	1,00	19,0
<b>3,00</b>	44,0	70,0	44,0	1,73	25,0	<b>8,00</b>	20,0	35,0	20,0	1,20	17,0
3,20	40,0	66,0	40,0	3,13	13,0	8,20	29,0	47,0	29,0	1,40	21,0
3,40	44,0	91,0	44,0	2,67	16,0	8,40	21,0	42,0	21,0	1,40	15,0
3,60	65,0	105,0	65,0	2,07	31,0	8,60	41,0	62,0	41,0	2,20	19,0
3,80	69,0	100,0	69,0	1,20	57,0	8,80	42,0	75,0	42,0	2,33	18,0
<b>4,00</b>	62,0	80,0	62,0	2,87	22,0	<b>9,00</b>	41,0	76,0	41,0	1,73	24,0
4,20	57,0	100,0	57,0	2,73	21,0	9,20	43,0	69,0	43,0	1,53	28,0
4,40	51,0	92,0	51,0	2,60	20,0	9,40	39,0	62,0	39,0	1,80	22,0
4,60	66,0	105,0	66,0	2,20	30,0	9,60	37,0	64,0	37,0	2,60	14,0
4,80	65,0	98,0	65,0	2,67	24,0	9,80	42,0	81,0	42,0	2,53	17,0
<b>5,00</b>	38,0	78,0	38,0	2,40	16,0	<b>10,00</b>	39,0	77,0	39,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

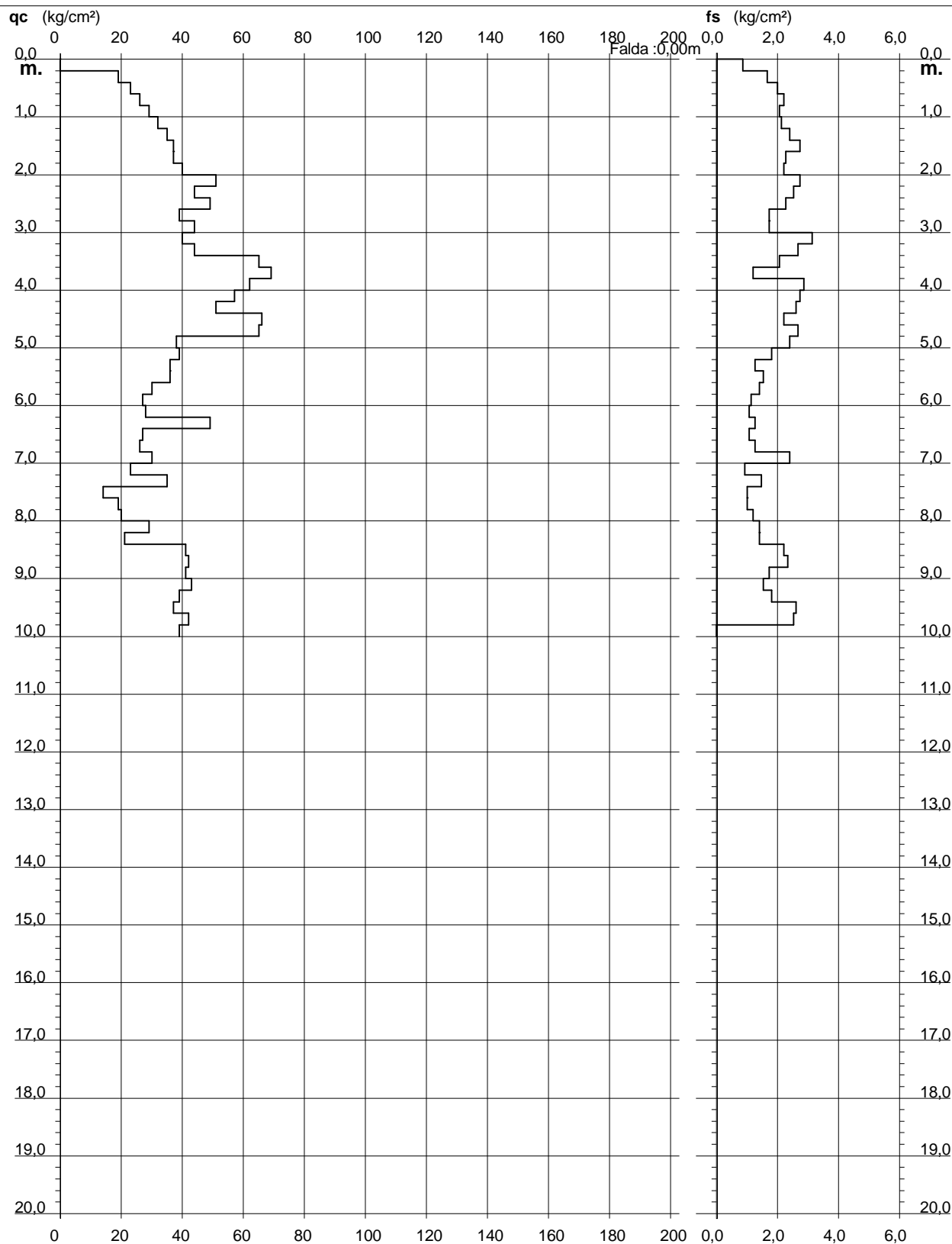
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 2

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polversoi  
- lavoro :  
- località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato

- data : 28/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



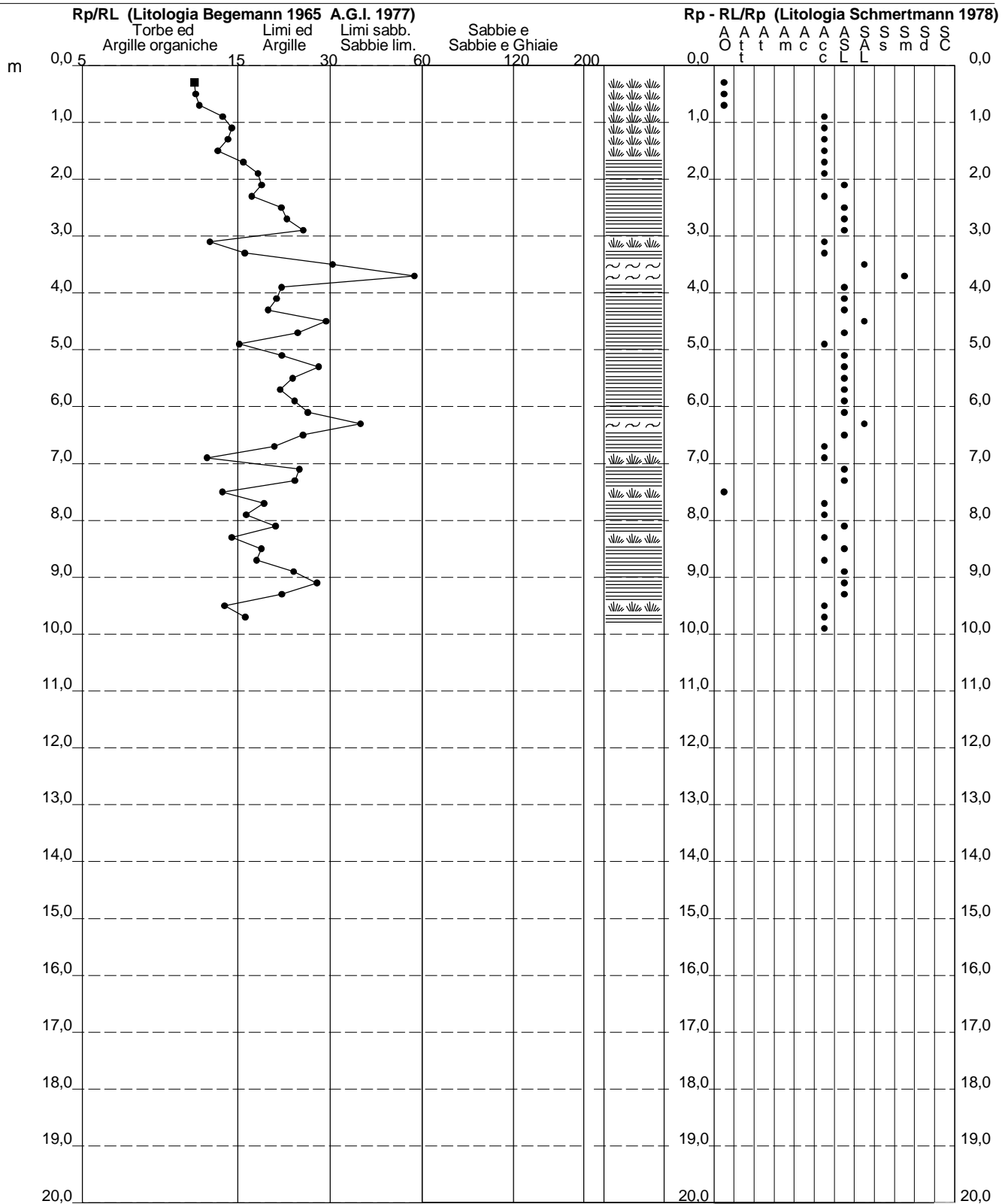
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 2**

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polversoi  
 - lavoro :  
 - località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato  
 - note :

- data : 28/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 3**

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polverosi  
 - lavoro : Ampliamento Liceo Copernico  
 - località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato  
 - note :

- data : 28/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	0,53	----	4,20	44,0	61,0	44,0	0,80	55,0
0,40	19,0	27,0	19,0	1,20	16,0	4,40	46,0	58,0	46,0	2,67	17,0
0,60	21,0	39,0	21,0	1,33	16,0	4,60	43,0	83,0	43,0	1,60	27,0
0,80	20,0	40,0	20,0	1,67	12,0	4,80	36,0	60,0	36,0	1,67	22,0
<b>1,00</b>	25,0	50,0	25,0	2,20	11,0	<b>5,00</b>	35,0	60,0	35,0	1,73	20,0
1,20	29,0	62,0	29,0	2,13	14,0	5,20	30,0	56,0	30,0	1,33	22,0
1,40	33,0	65,0	33,0	2,27	15,0	5,40	33,0	53,0	33,0	1,60	21,0
1,60	31,0	65,0	31,0	2,20	14,0	5,60	35,0	59,0	35,0	1,60	22,0
1,80	34,0	67,0	34,0	2,20	15,0	5,80	38,0	62,0	38,0	1,73	22,0
<b>2,00</b>	36,0	69,0	36,0	1,73	21,0	<b>6,00</b>	36,0	62,0	36,0	1,80	20,0
2,20	70,0	96,0	70,0	2,60	27,0	6,20	44,0	71,0	44,0	1,73	25,0
2,40	46,0	85,0	46,0	2,87	16,0	6,40	40,0	66,0	40,0	3,20	12,0
2,60	42,0	85,0	42,0	3,07	14,0	6,60	83,0	131,0	83,0	2,80	30,0
2,80	45,0	91,0	45,0	2,13	21,0	6,80	80,0	122,0	80,0	4,47	18,0
<b>3,00</b>	44,0	76,0	44,0	1,87	24,0	<b>7,00</b>	60,0	127,0	60,0	5,00	12,0
3,20	37,0	65,0	37,0	2,27	16,0	7,20	98,0	173,0	98,0	1,13	86,0
3,40	31,0	65,0	31,0	0,93	33,0	7,40	154,0	171,0	154,0	5,00	31,0
3,60	54,0	68,0	54,0	0,93	58,0	7,60	140,0	215,0	140,0	4,67	30,0
3,80	43,0	57,0	43,0	1,53	28,0	7,80	121,0	191,0	121,0	2,13	57,0
<b>4,00</b>	24,0	47,0	24,0	1,13	21,0	<b>8,00</b>	169,0	201,0	169,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

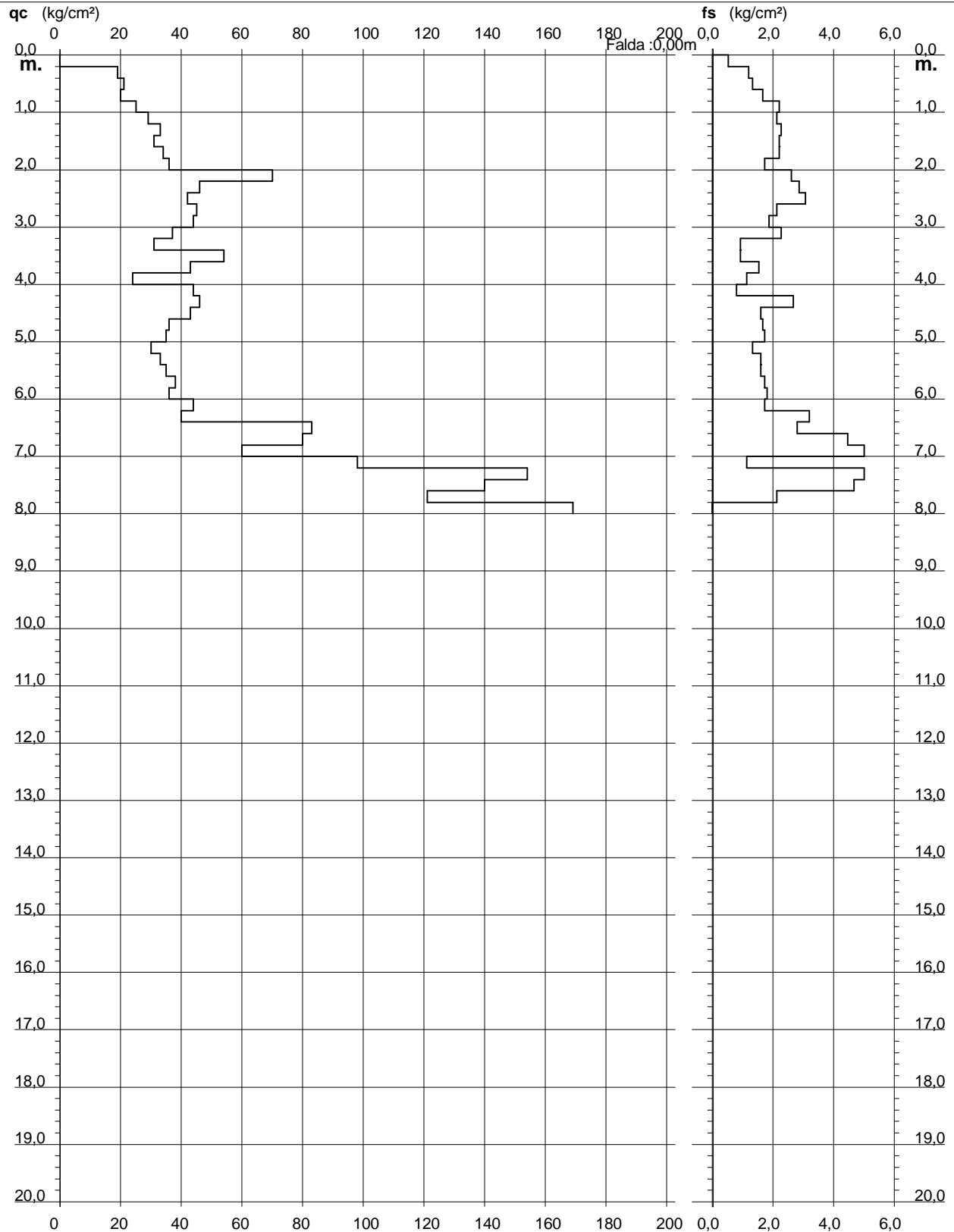
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 3

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polverosi  
- lavoro : Ampliamento Liceo Copernico  
- località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato

- data : 28/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100





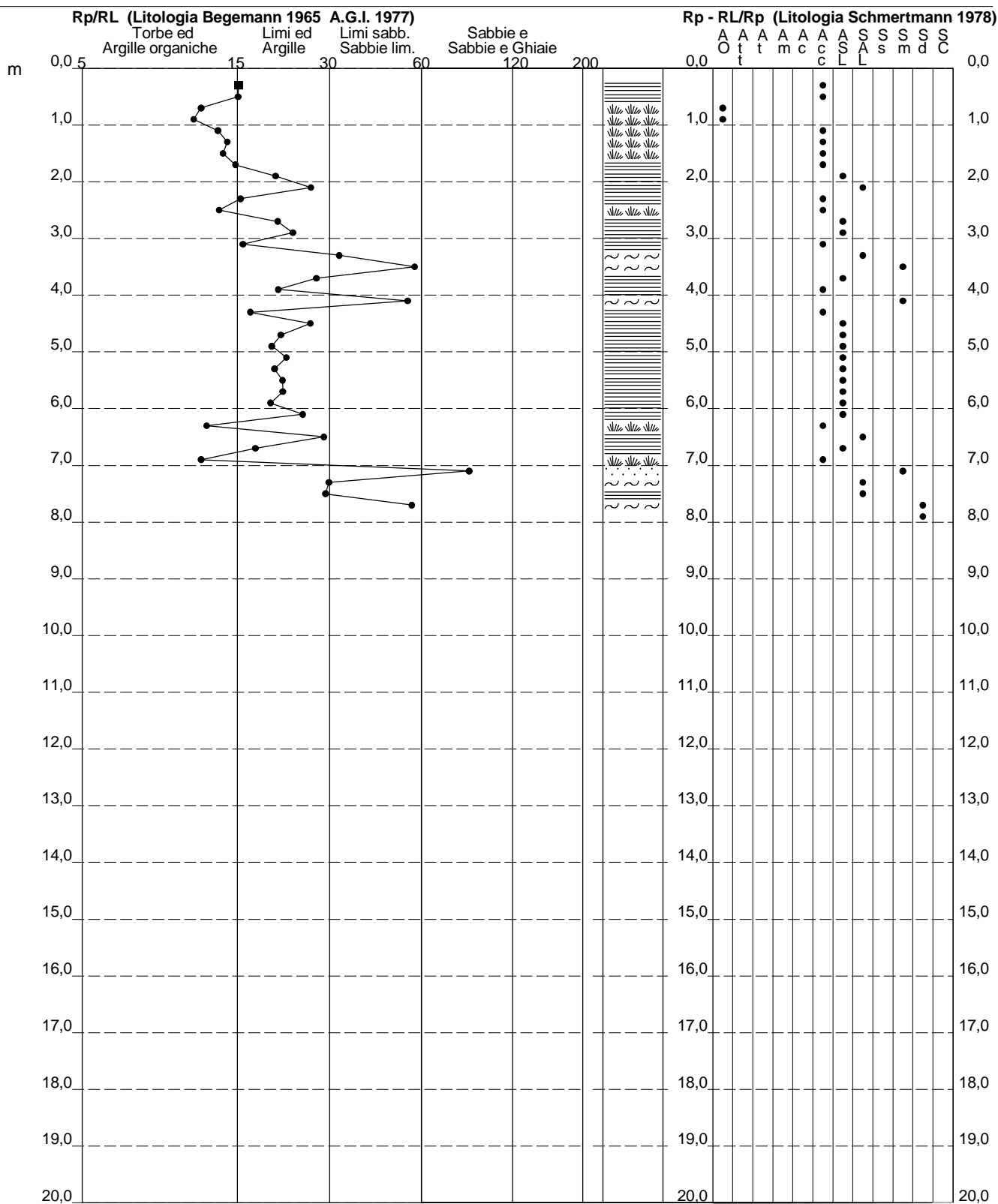
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 3**

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polverosi  
 - lavoro : Ampliamento Liceo Copernico  
 - località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato  
 - note :

- data : 28/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 4**

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polverosi  
 - lavoro :  
 - località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato  
 - note :

- data : 28/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	0,80	----	5,20	37,0	68,0	37,0	1,80	21,0
0,40	18,0	30,0	18,0	1,13	16,0	5,40	36,0	63,0	36,0	2,13	17,0
0,60	10,0	27,0	10,0	0,53	19,0	5,60	42,0	74,0	42,0	2,33	18,0
0,80	15,0	23,0	15,0	0,60	25,0	5,80	48,0	83,0	48,0	2,33	21,0
<b>1,00</b>	9,0	18,0	9,0	0,80	11,0	<b>6,00</b>	52,0	87,0	52,0	2,67	19,0
1,20	10,0	22,0	10,0	0,53	19,0	6,20	51,0	91,0	51,0	2,07	25,0
1,40	16,0	24,0	16,0	0,87	18,0	6,40	53,0	84,0	53,0	2,20	24,0
1,60	22,0	35,0	22,0	1,00	22,0	6,60	60,0	93,0	60,0	2,27	26,0
1,80	26,0	41,0	26,0	1,80	14,0	6,80	65,0	99,0	65,0	1,60	41,0
<b>2,00</b>	21,0	48,0	21,0	1,53	14,0	<b>7,00</b>	78,0	102,0	78,0	1,80	43,0
2,20	23,0	46,0	23,0	1,60	14,0	7,20	86,0	113,0	86,0	1,87	46,0
2,40	21,0	45,0	21,0	1,53	14,0	7,40	65,0	93,0	65,0	2,27	29,0
2,60	27,0	50,0	27,0	0,93	29,0	7,60	65,0	99,0	65,0	2,20	30,0
2,80	29,0	43,0	29,0	0,93	31,0	7,80	54,0	87,0	54,0	1,80	30,0
<b>3,00</b>	28,0	42,0	28,0	1,40	20,0	<b>8,00</b>	67,0	94,0	67,0	1,13	59,0
3,20	22,0	43,0	22,0	1,13	19,0	8,20	35,0	52,0	35,0	2,53	14,0
3,40	24,0	41,0	24,0	1,53	16,0	8,40	43,0	81,0	43,0	2,93	15,0
3,60	28,0	51,0	28,0	1,60	17,0	8,60	58,0	102,0	58,0	2,20	26,0
3,80	29,0	53,0	29,0	1,40	21,0	8,80	36,0	69,0	36,0	2,00	18,0
<b>4,00</b>	27,0	48,0	27,0	1,67	16,0	<b>9,00</b>	43,0	73,0	43,0	2,33	18,0
4,20	35,0	60,0	35,0	2,40	15,0	9,20	42,0	77,0	42,0	2,33	18,0
4,40	45,0	81,0	45,0	1,67	27,0	9,40	49,0	84,0	49,0	2,40	20,0
4,60	36,0	61,0	36,0	1,87	19,0	9,60	39,0	75,0	39,0	2,80	14,0
4,80	35,0	63,0	35,0	1,67	21,0	9,80	37,0	79,0	37,0	2,73	14,0
<b>5,00</b>	34,0	59,0	34,0	2,07	16,0	<b>10,00</b>	43,0	84,0	43,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

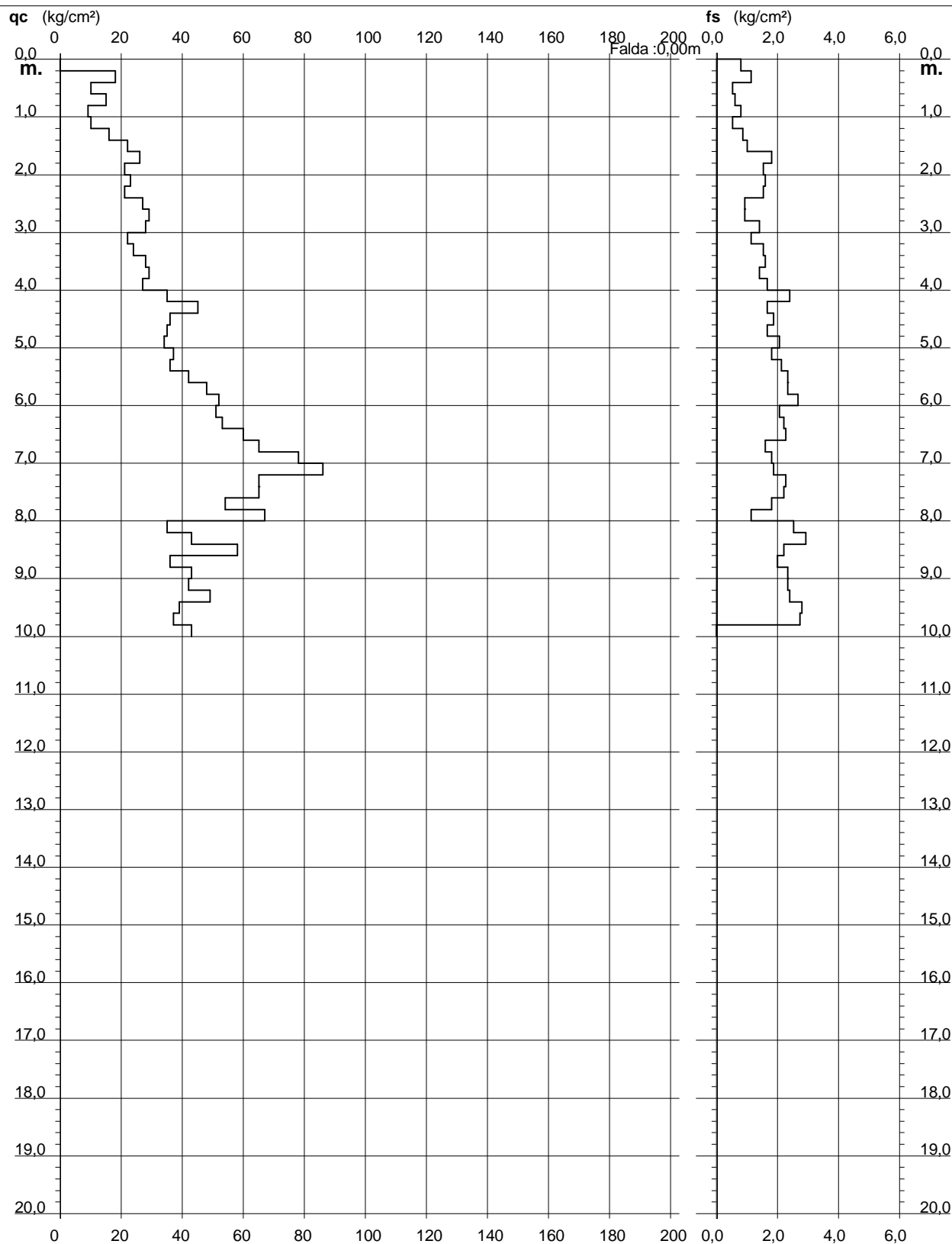
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 4

2.01PG05-185

- committente : Dott.ssa Polverosi  
- lavoro :  
- località : Via Borgo Valsugana 63 - Prato

- data : 28/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100







## ANALISI SISMICA DOWN-HOLE

Istituto Copernico

via Borgovalsugana - Prato

## DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO

Distanza = 3.00 [m]

## PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	1.00	8.19	17.16	16.90	2.59	5.43	5.34
2	2.00	8.45	19.11	18.59	4.69	10.60	10.31
3	3.00	8.71	20.93	21.06	6.16	14.80	14.89
4	4.00	9.10	23.79	22.88	7.28	19.03	18.30
5	5.00	9.10	26.13	25.35	7.80	22.41	21.74
6	6.00	9.10	28.47	27.04	8.14	25.46	24.19
7	7.00	9.49	30.81	30.68	8.72	28.32	28.20
8	8.00	9.75	32.63	32.50	9.13	30.55	30.43
9	9.00	10.53	35.10	35.36	9.99	33.30	33.55
10	10.00	11.31	38.09	37.96	10.83	36.48	36.36
11	11.00	11.83	40.56	40.43	11.41	39.13	39.01
12	12.00	11.83	43.03	43.29	11.48	41.75	42.00
13	13.00	12.87	46.02	45.37	12.54	44.84	44.21
14	14.00	13.13	49.53	48.49	12.84	48.43	47.41
15	15.00	13.39	51.87	52.52	13.13	50.86	51.50
16	16.00	14.17	55.77	56.42	13.93	54.81	55.45
17	17.00	15.21	58.11	58.63	14.98	57.23	57.74
18	18.00	15.99	60.84	61.75	15.77	60.01	60.91
19	19.00	16.25	62.60	63.11	16.05	61.83	62.34
20	20.00	17.42	64.09	64.50	17.23	63.38	63.79
21	21.00	17.94	65.65	65.90	17.76	64.99	65.24
22	22.00	18.59	66.43	66.41	18.42	65.82	65.80
23	23.00	18.85	67.60	67.55	18.69	67.03	66.98
24	24.00	19.76	68.25	68.19	19.61	67.72	67.66
25	25.00	20.41	69.16	69.08	20.26	68.67	68.58
26	26.00	20.80	69.55	69.46	20.66	69.09	69.00
27	27.00	20.93	70.20	70.09	20.80	69.77	69.66
28	28.00	21.84	70.59	70.47	21.72	70.19	70.07
29	29.00	21.97	71.11	71.11	21.85	70.73	70.73
30	30.00	22.88	71.89	71.87	22.77	71.53	71.51

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	2	422
2	3	642
3	30	1619

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	207	0.29	85698.0	221100	175476
2	19	345	0.24	238050..	590363	378437
3	30	1158	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	3	196	0.31	76832.0	201299	176578
2	19	333	0.26	221778..	558880	388111
3	30	1275	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

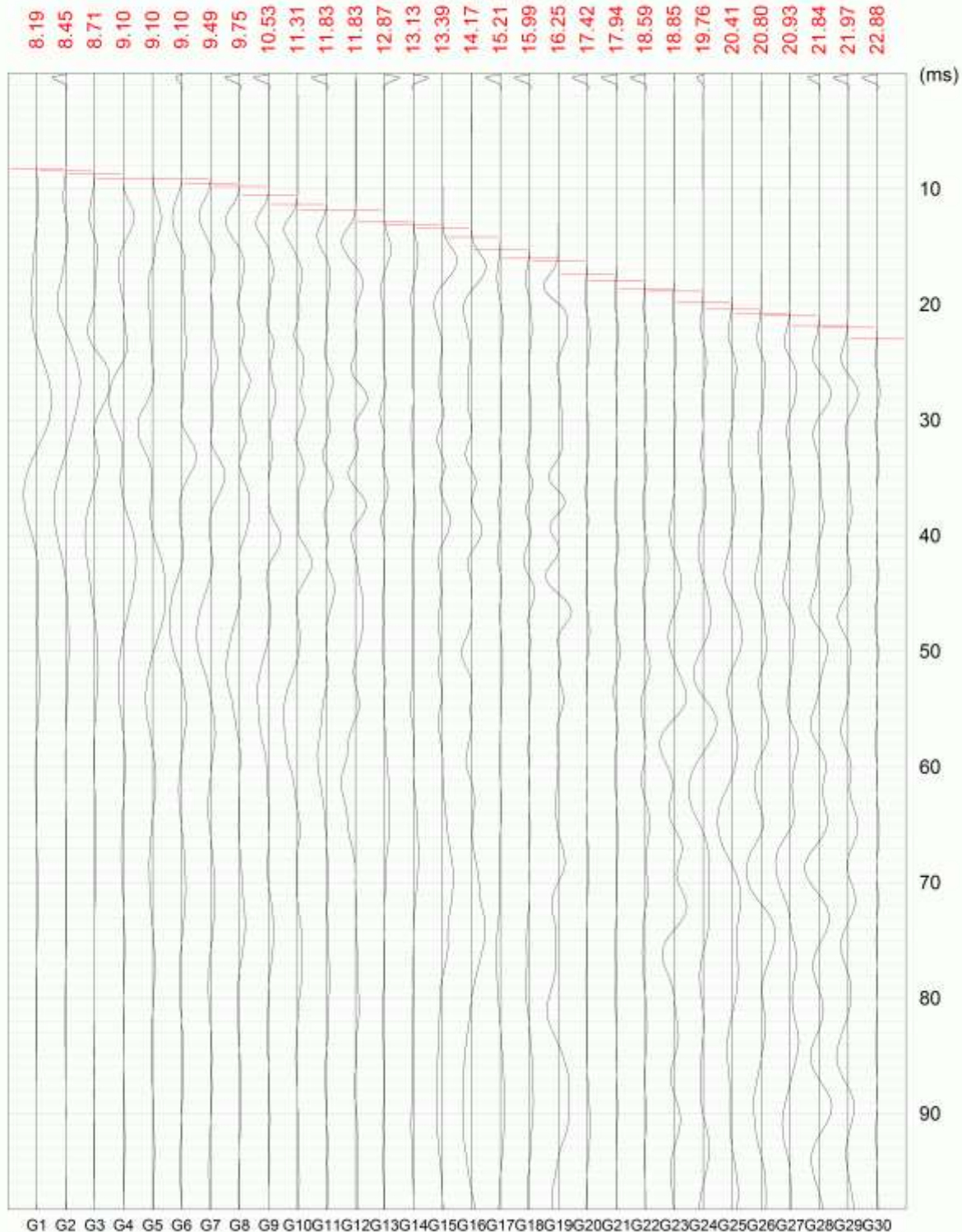
VELOCITA' MEDIE VS30

Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	414.9
orizzontale Sy	416.8



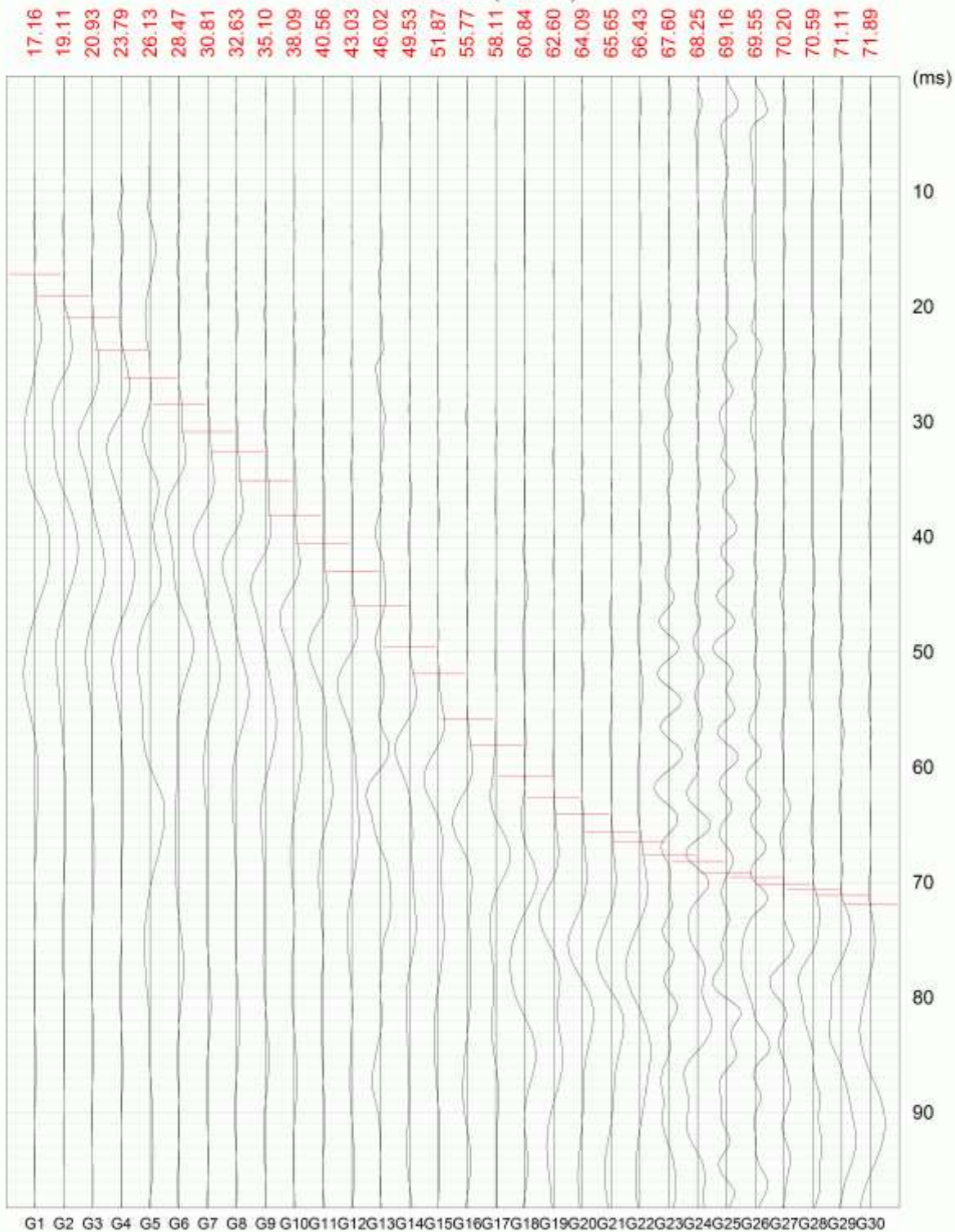
prova sismica Down-Hole  
 Istituto Copernico  
 via Borgovalsugana - Prato

Geofoni verticali (onde P)

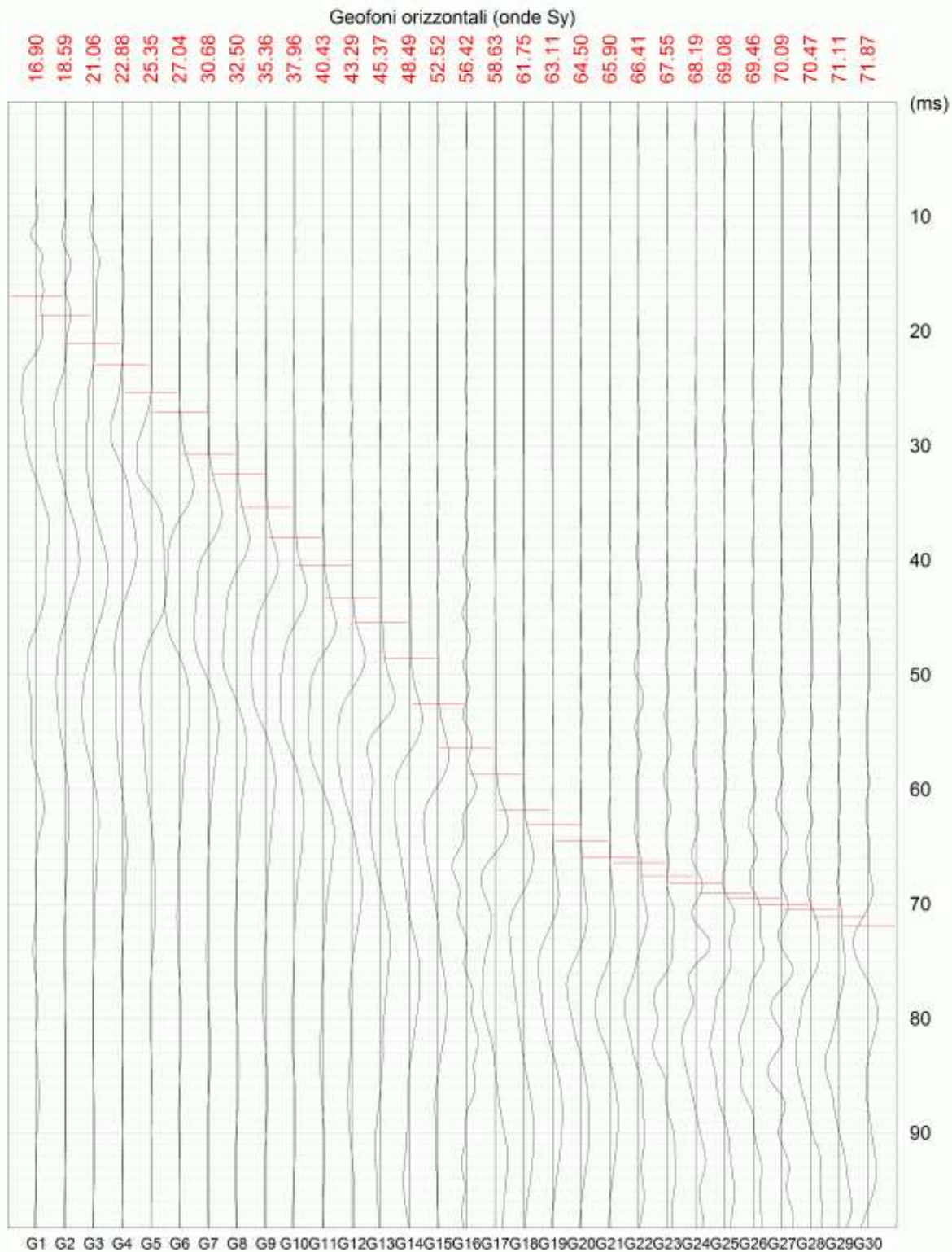


prova sismica Down-Hole  
 Istituto Copernico  
 via Borgovalsugana - Prato

Geofoni orizzontali (onde Sx)

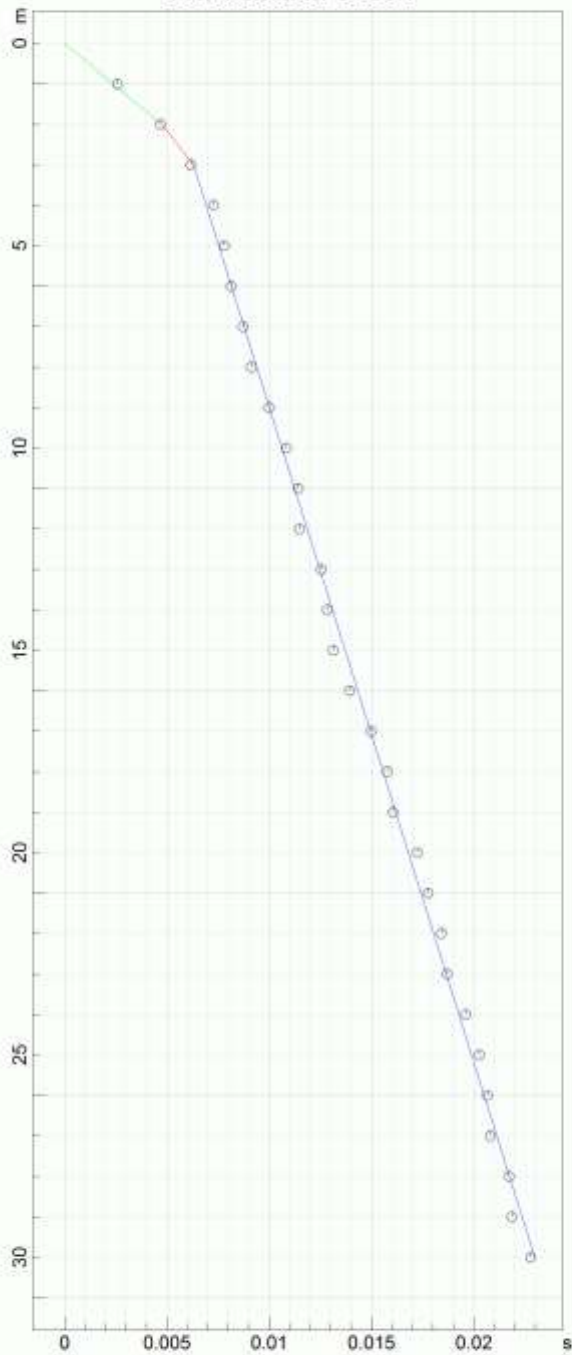


prova sismica Down-Hole  
 Istituto Copernico  
 via Borgovalsugana - Prato

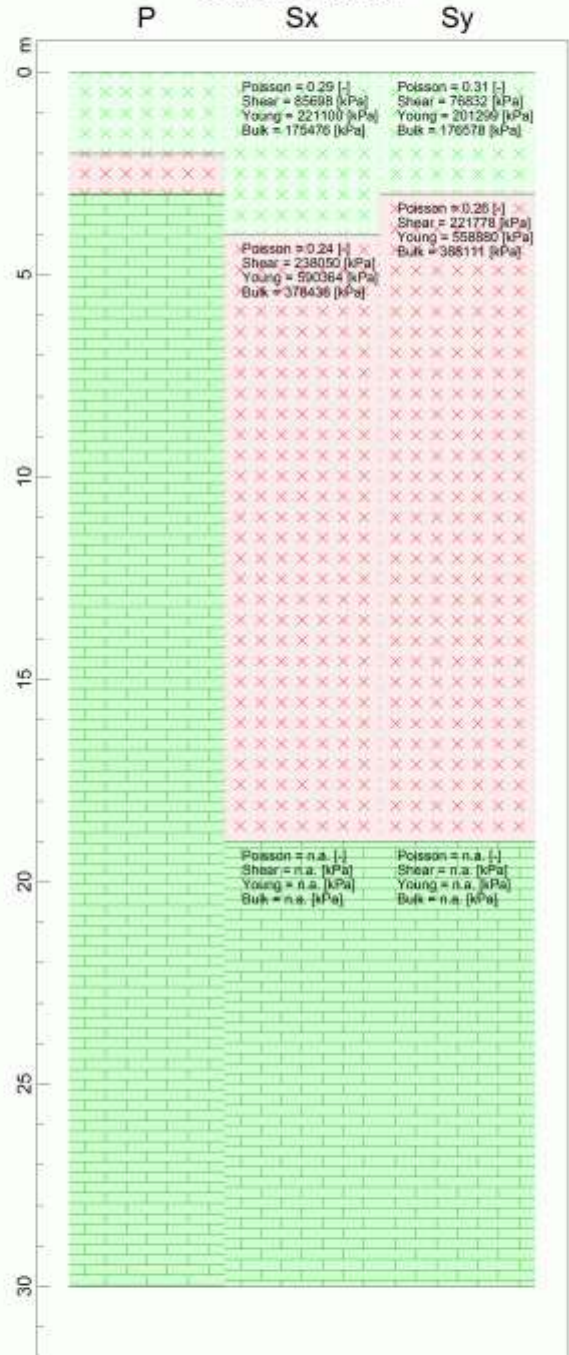


prova sismica Down-Hole  
 Istituto Copernico  
 via Borgovalsugana - Prato

Dromocrona onde P



Sezioni verticali



P	422 m/s
Sx	207 m/s
Sy	196 m/s

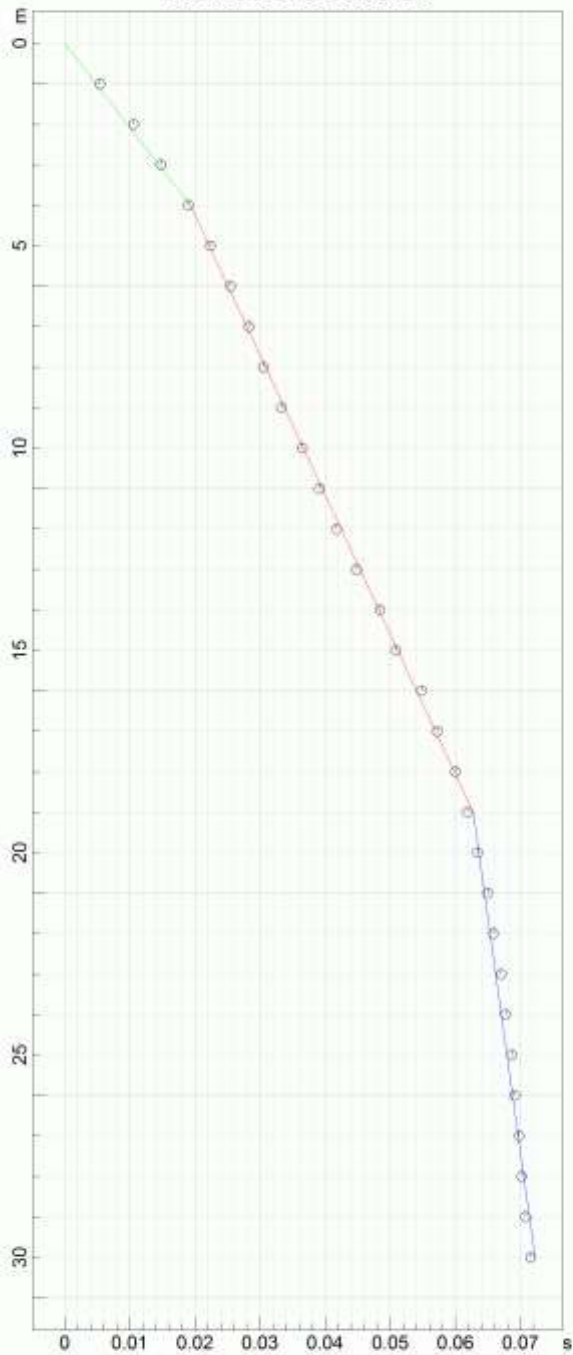
P	642 m/s
Sx	345 m/s
Sy	333 m/s

P	1619 m/s
Sx	1158 m/s
Sy	1275 m/s

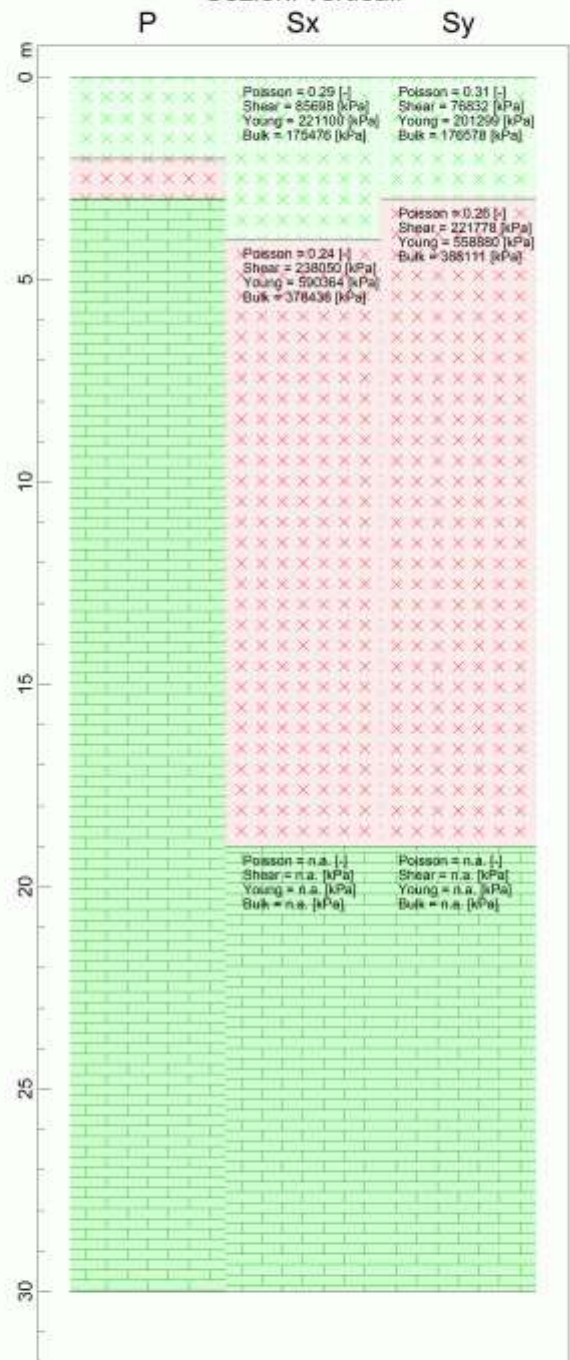
**Vs30**  
 414.9 m/s  
 416.8 m/s

prova sismica Down-Hole  
 Istituto Copernico  
 via Borgovalsugana - Prato

Dromocrona onde Sx



Sezioni verticali



P	422 m/s
Sx	207 m/s
Sy	196 m/s

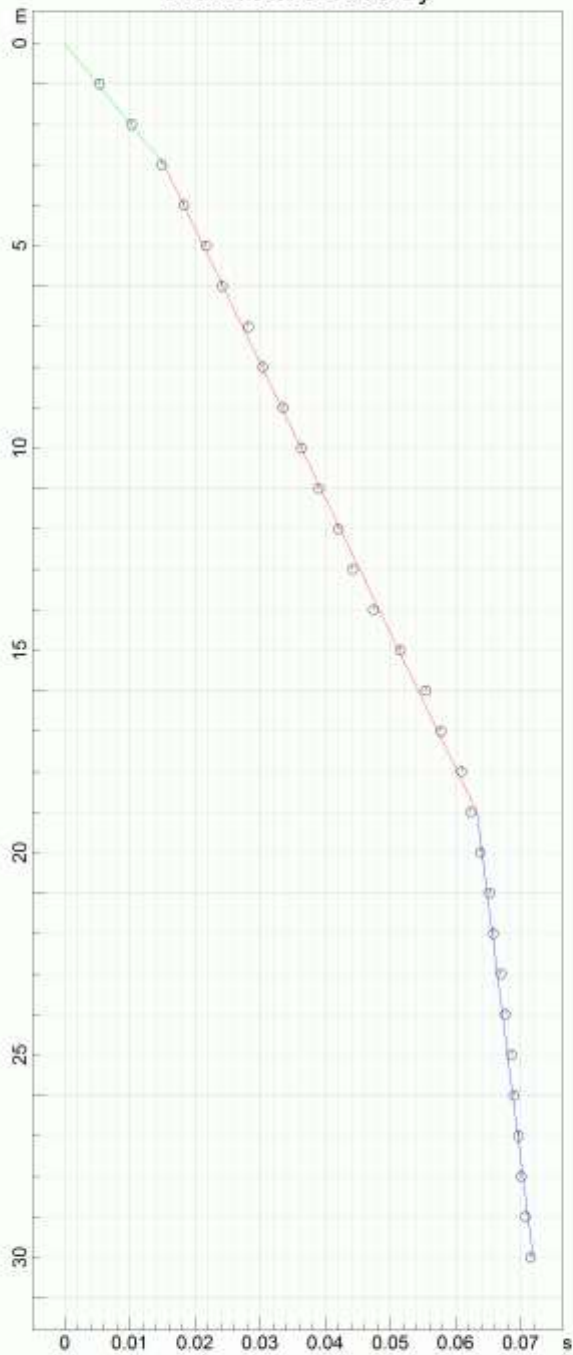
P	642 m/s
Sx	345 m/s
Sy	333 m/s

P	1619 m/s
Sx	1158 m/s
Sy	1275 m/s

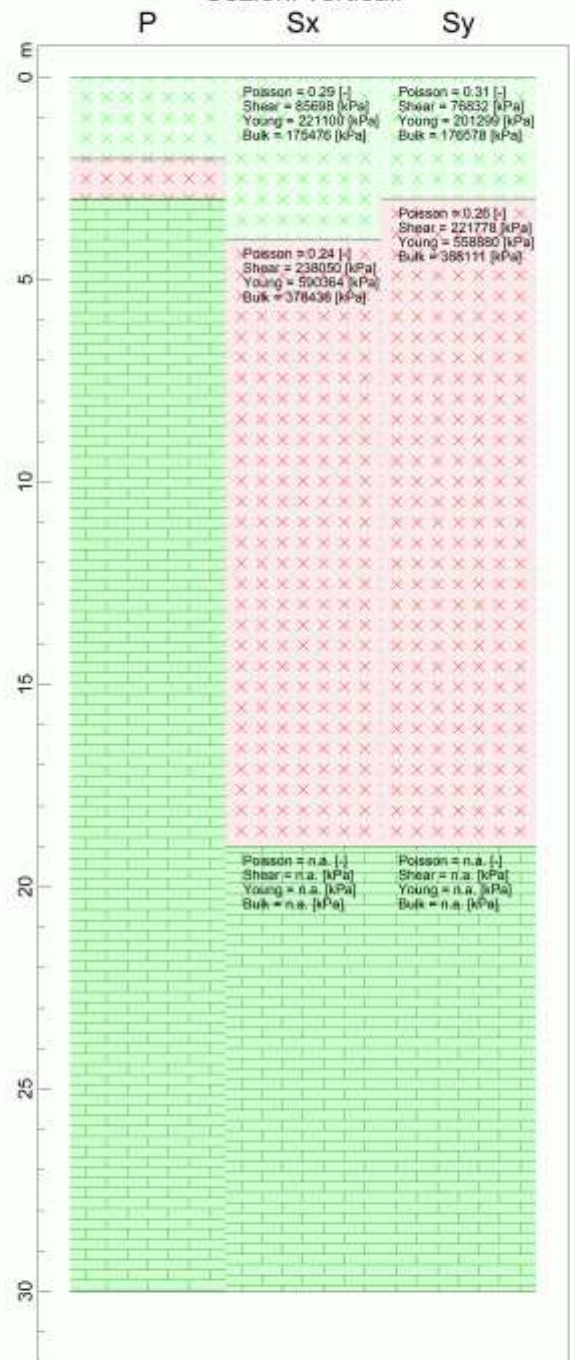
**Vs30**  
 414.9 m/s  
 416.8 m/s

prova sismica Down-Hole  
 Istituto Copernico  
 via Borgovalsugana - Prato

Dromocrona onde Sy



Sezioni verticali



P	422 m/s
Sx	207 m/s
Sy	196 m/s

P	642 m/s
Sx	345 m/s
Sy	333 m/s

P	1619 m/s
Sx	1158 m/s
Sy	1275 m/s

**Vs30**  
 414.9 m/s  
 416.8 m/s

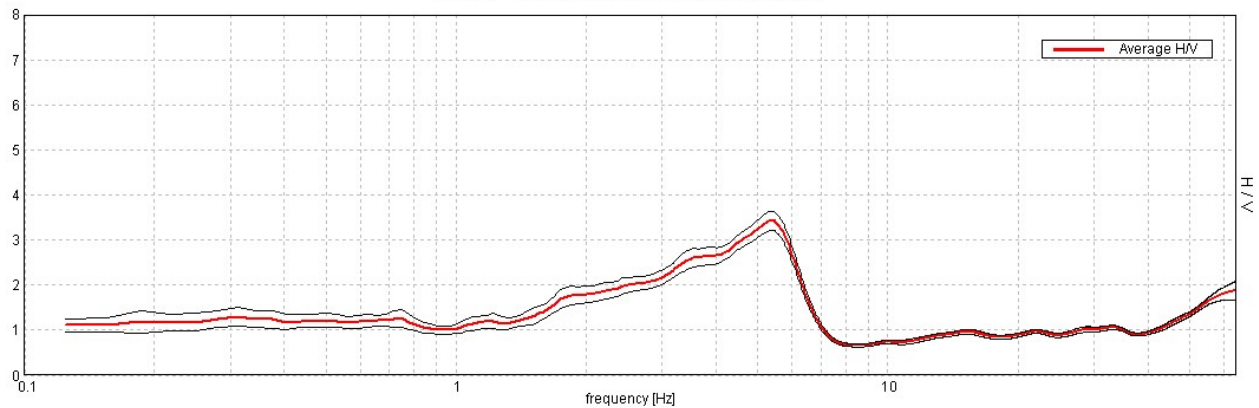
**LICEO COPERNICO, PRATO, postazione di VALLE**

Instrument: TRZ-0158/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 13/01/20 09:10:46 End recording: 13/01/20 09:32:09  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

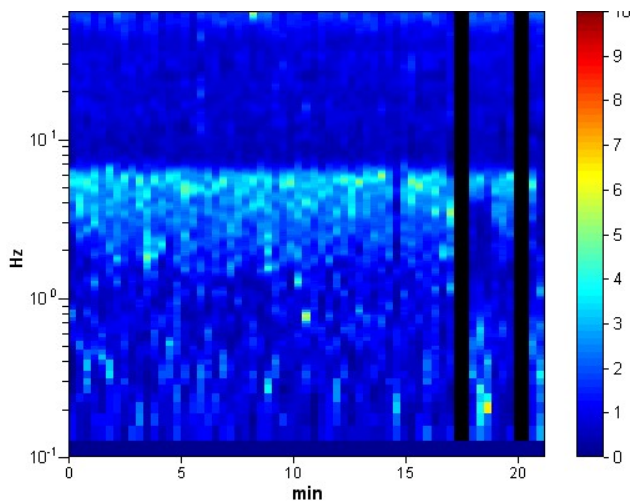
Trace length: 0h21'12". Analyzed 94% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

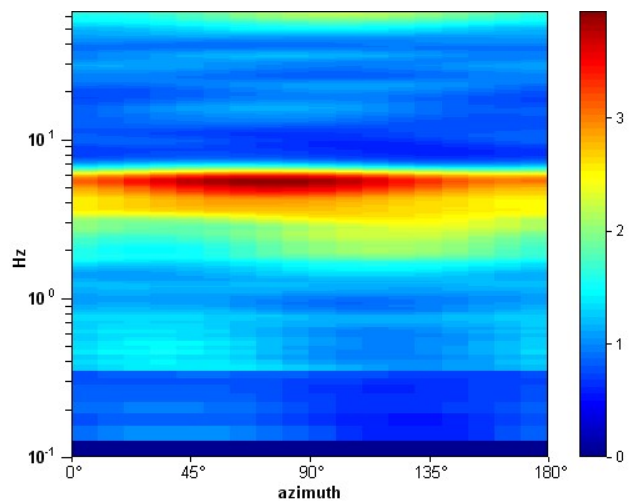
Max. H/V at  $5.38 \pm 0.04$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



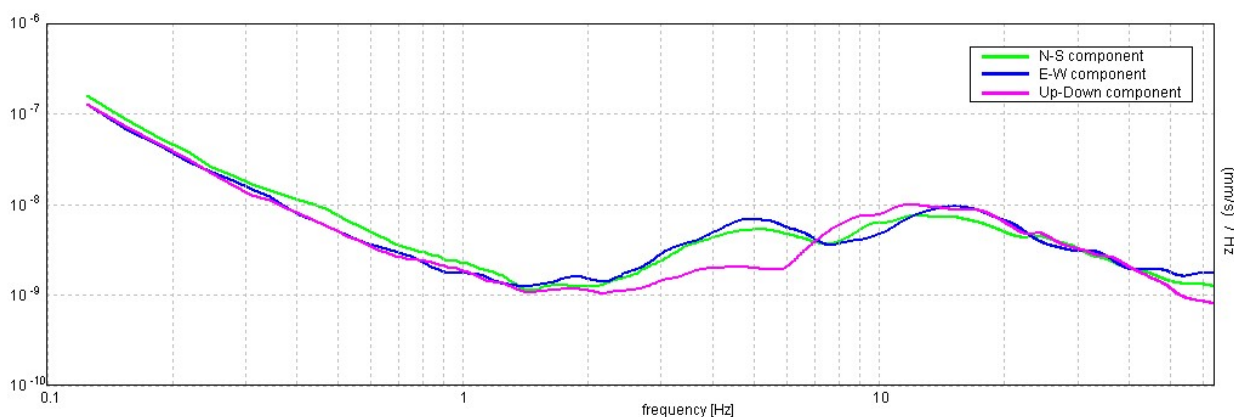
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

<b>Max. H/V at 5.38 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).</b>					
<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$	5.38 > 0.50	<b>OK</b>			
$n_c(f_0) > 200$	6342.5 > 200	<b>OK</b>			
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 259 times	<b>OK</b>			
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.75 Hz	<b>OK</b>			
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	6.531 Hz	<b>OK</b>			
$A_0 > 2$	3.43 > 2	<b>OK</b>			
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00764  < 0.05$	<b>OK</b>			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.04109 < 0.26875	<b>OK</b>			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2127 < 1.58	<b>OK</b>			
$L_w$	window length				
$n_w$	number of windows used in the analysis				
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles				
$f$	current frequency				
$f_0$	H/V peak frequency				
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency				
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$				
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$				
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve				
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



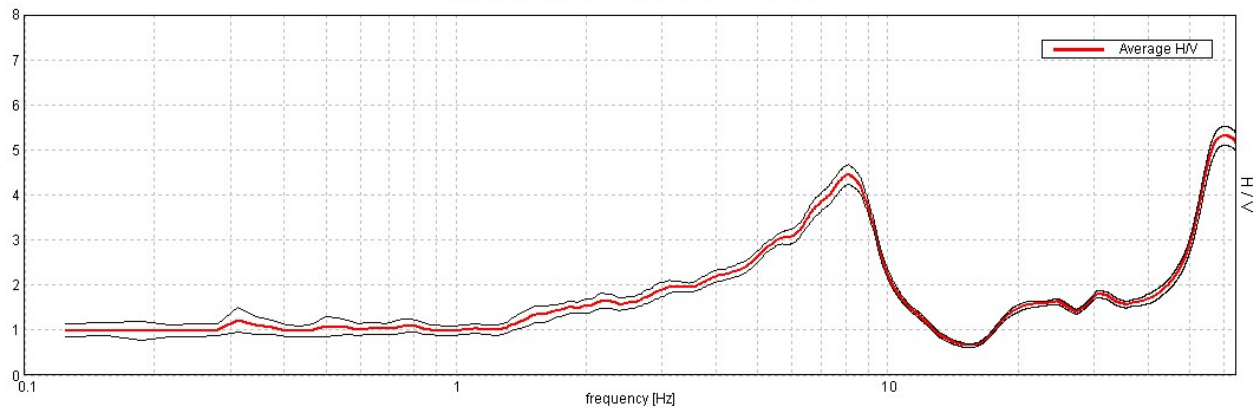
**LICEO COPERNICO, PRATO, postazione di MONTE**

Instrument: TRZ-0158/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 13/01/20 09:34:46 End recording: 13/01/20 09:50:40  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available

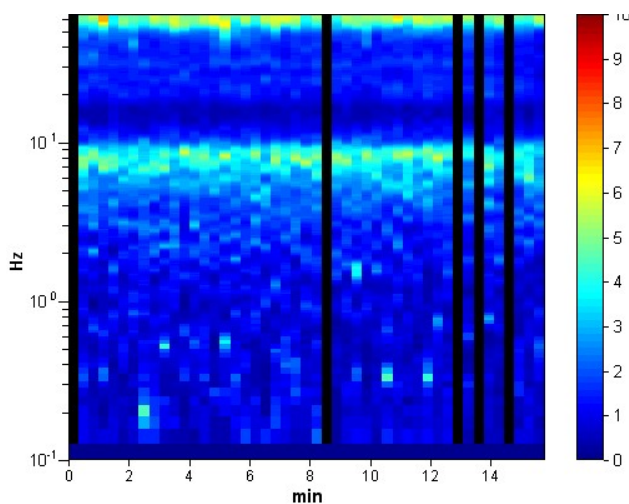
Trace length: 0h15'48". Analyzed 89% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

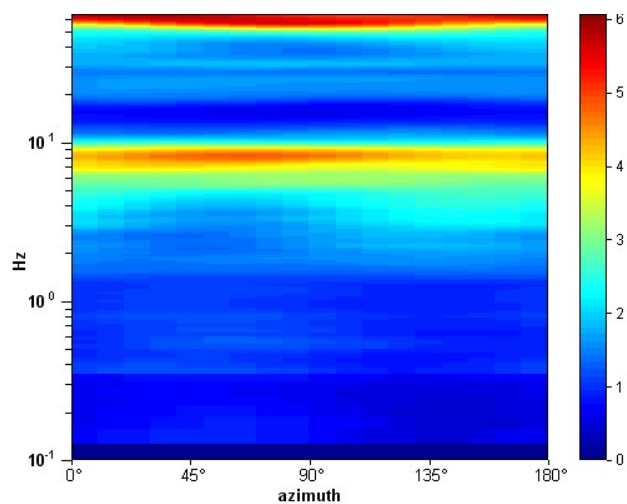
Max. H/V at  $60.41 \pm 6.17$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



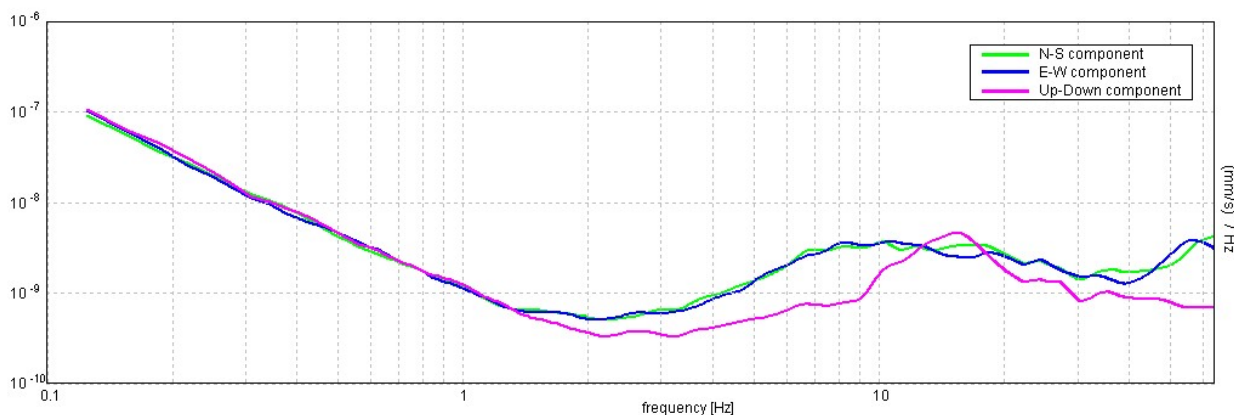
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 60.41 ± 8.1 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	60.41 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	50741.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1082 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	49.031 Hz	OK	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			NO
$A_0 > 2$	5.32 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.13533  < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	8.17492 < 3.02031		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2087 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

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

## Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

### Sito in esame.

latitudine: 43,879885 [°]

longitudine: 11,114327 [°]

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	19612	43,859810	11,063410	4652,1
Sito 2	19613	43,861210	11,132730	2547,2
Sito 3	19391	43,911200	11,130750	3722,4
Sito 4	19390	43,909780	11,061470	5384,1

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

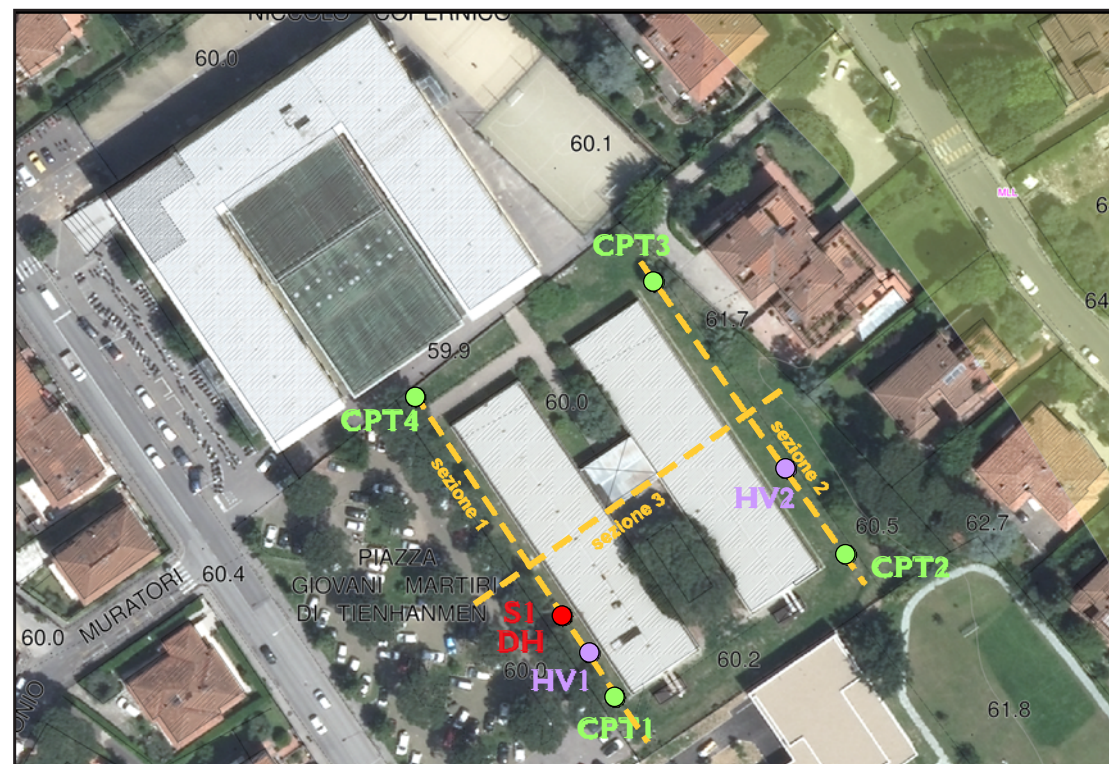
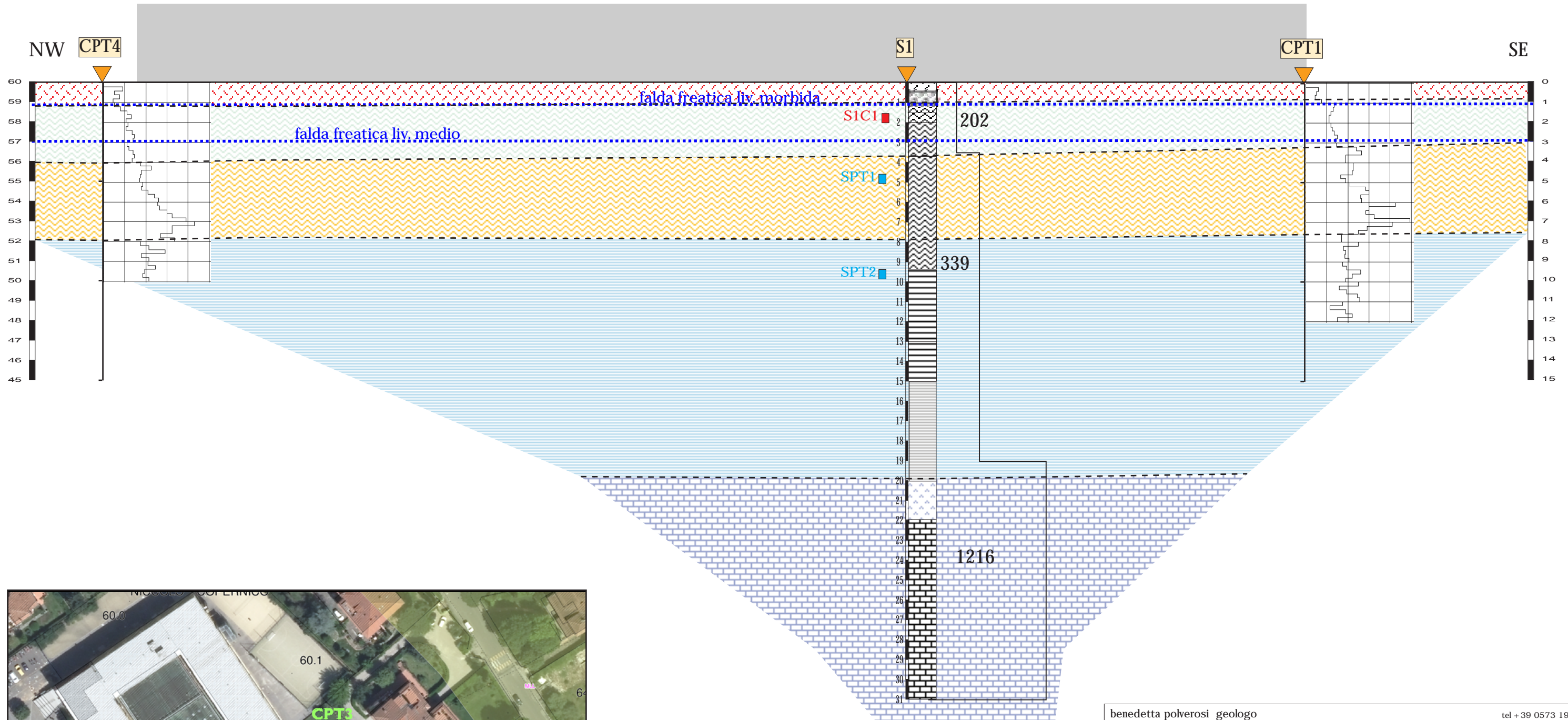
	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,065	2,544	0,270
Danno (SLD)	63	101	0,079	2,544	0,279
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,181	2,394	0,310

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1950	0,225	2,407	0,318
--------------------------------	---	------	-------	-------	-------







### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,600	1,940	1,000	0,021	0,010	1,022	0,200
SLD	1,600	1,920	1,000	0,025	0,013	1,243	0,200
SLV	1,520	1,840	1,000	0,066	0,033	2,692	0,240
SLC	1,410	1,820	1,000	0,089	0,044	3,106	0,280

Geostru



LEGENDA

-  suoli e coperture
-  depositi fluvio-lacustri limo-argillosi media consistenza
-  depositi fluvio-lacustri limo-argillosi con fraz. clastica, consistenti
-  depositi lacustri argillosi mediamente consistenti
-  substrato carbonatico (m. morello fm)
-  livelli freatici

benedetta pulverosi geologo  
 via baronciatica 95  
 51039 quarrata (pt)  
 tel + 39 0573 1941318  
 info@geosintesi.it  
 www.geosintesi.it

COMUNE DI PRATO (PO)

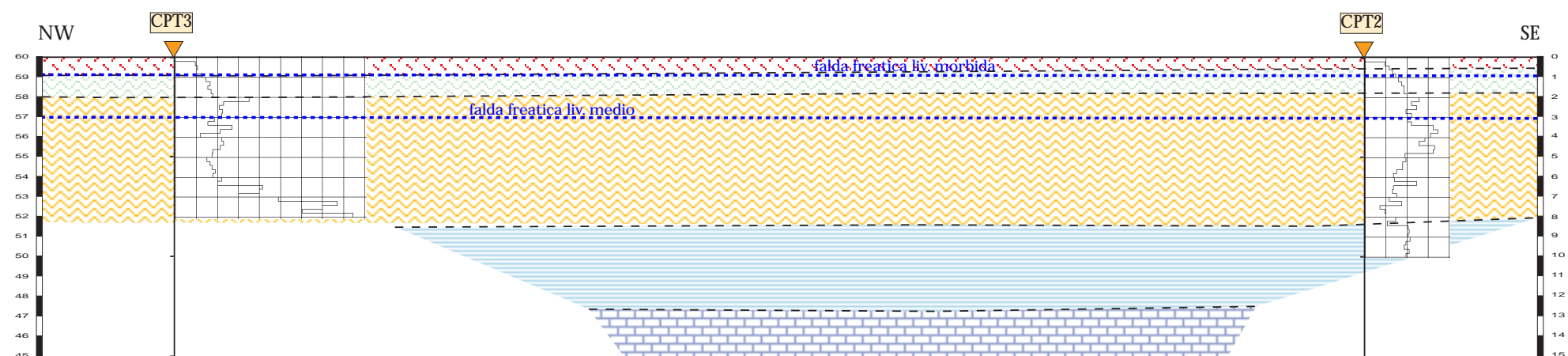
PROGETTO DI SOSTITUZIONE EDILIZIA DI EDIFICIO SCOLASTICO  
 PRESSO LICEO COPERNICO, VIA BORGOVALSUGANA

committente: PROVINCIA DI PRATO

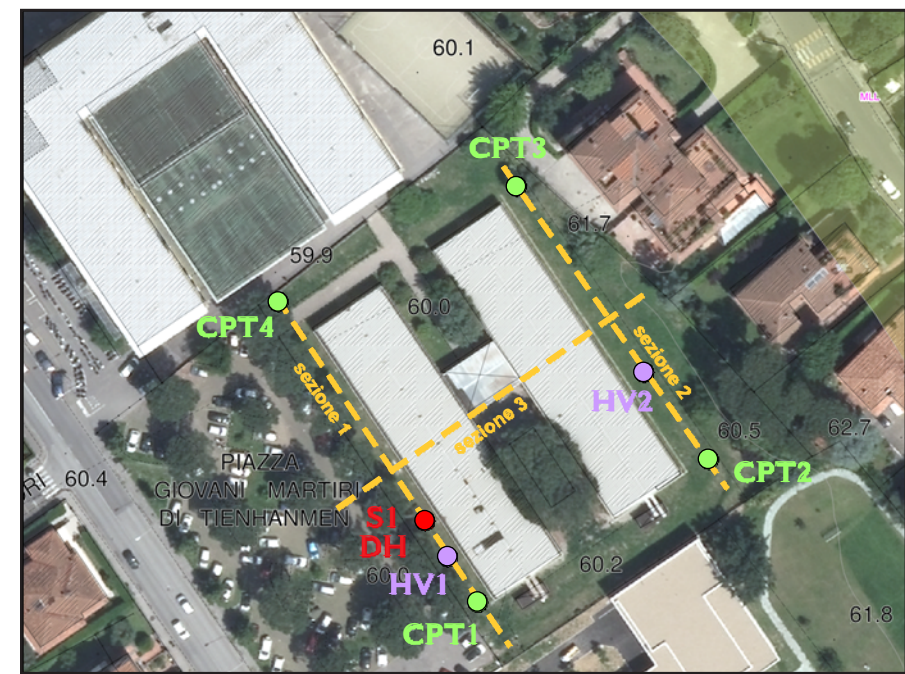
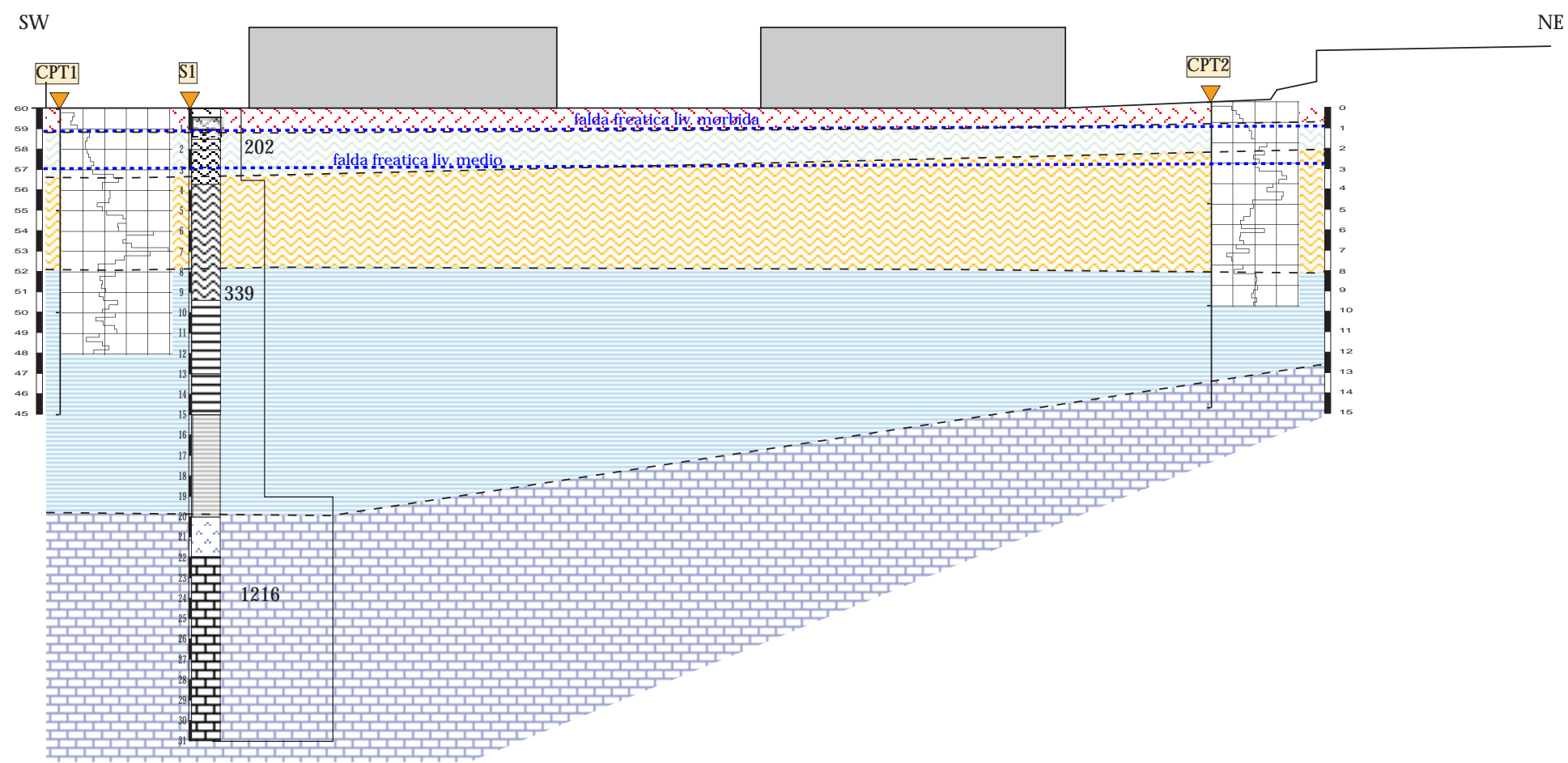
tavola:	<b>1</b>	Ubicazione dell'intervento e delle indagini Sezioni litotecniche interpretative	data:	dic. 2019
scala:	1:200		dis:	geol. benedetta pulverosi



benedetta pulverosi geologo



- LEGENDA**
- suoli e coperture
  - depositi fluvio-lacustri limo-argillosi media consistenza
  - depositi fluvio-lacustri limo-argillosi con fraz. clastica, consistenti
  - depositi lacustri argillosi mediamente consistenti
  - substrato carbonatico (m. morello fm)
  - livelli freatici



benedetta pulverosi geologo via baronciatica 95 51039 quarrata (pt)		tel + 39 0573 1941318 info@geosintesi.it www.geosintesi.it
COMUNE DI PRATO (PO)		
PROGETTO DI SOSTITUZIONE EDILIZIA DI EDIFICIO SCOLASTICO PRESSO LICEO COPERNICO, VIA BORGOVALSUGANA		
committente: PROVINCIA DI PRATO		
tavola: <b>2</b>	Ubicazione dell'intervento e delle indagini Sezioni litotecniche interpretative	data: dic. 2019
scala: 1:300		dis: geol. benedetta pulverosi

Firmato da:

**Rangone Daniele**

codice fiscale RRGDNL77M04L219D

num.serie: 109497435882403980802744237610063810262

emesso da: ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

valido dal 15/04/2021 al 15/04/2024