

PROGETTO EUROPEO "INIWAS"
ADEGUAMENTO DELL'IDROVIA FERRARESE AL
TRAFFICO DI V CLASSE EUROPEA - I LOTTO/ 1 STRALCIO

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DEL PONTE BARDELLA
SUL CANALE BOICELLI
CIG Z40265413D

PROGETTO ESECUTIVO

RUP:

Dott. Claudio Miccoli

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO - SEDE DI FERRARA

PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Stefano Cassarini

GRUPPO DI LAVORO:

Dott. Ing. M. Bolognesi

Dott. Ing. M. Baratta

Geom. R. Marini

Geom. G.F. Vitali

Dott. Geol. G. Ferioli



TITOLO:

PONTE BARDELLA
Relazione geologico-geotecnica

ELABORATO:

A.2.1

REV.:	DATA:	OGGETTO:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:	SCALA:
0	MAGGIO 2019	EMISSIONE	R. MARINI	M. BOLOGNESI	S. CASSARINI	-
-	-	-	-	-	-	NOME FILE: 433_d_5xx_v1_FE_TOT_copertine.dwg
-	-	-	-	-	-	DATA: 31/03/2019

Ogni riproduzione, utilizzazione o cessione del presente disegno a terzi senza autorizzazione è punibile penalmente secondo i termini di legge

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



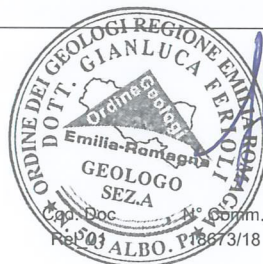
Regione Emilia-Romagna
Agenzia Regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile
Servizio Area Reno Po di Volano
V.le Cavour, 77 – 44121 Ferrara (FE)



Indagini geotecniche del ponte Bardella a Ferrara da realizzarsi nell'ambito dei lavori di adeguamento dell'Idrovia Ferrarese al traffico di V classe europea.

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

dott. geol. Gianluca Ferioli



Nome file:
RELgeo-18673-18-RER.doc

Rev.
00

bm
15/06/19

Rif. segreteria
bb

Pag. 1 di 47

INDICE

<u>1.</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>3</u>
<u>2.</u>	<u>INQUADRAMENTO DELL'AREA</u>	<u>3</u>
<u>3.</u>	<u>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....</u>	<u>4</u>
<u>4.</u>	<u>IDROGEOLOGIA.....</u>	<u>7</u>
<u>5.</u>	<u>SISMICITA'</u>	<u>9</u>
<u>6.</u>	<u>RISCHIO ALLUVIONI</u>	<u>10</u>
<u>7.</u>	<u>PIANO DELLE INDAGINI.....</u>	<u>15</u>
<u>8.</u>	<u>CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO.....</u>	<u>30</u>
<u>9.</u>	<u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</u>	<u>31</u>
<u>10.</u>	<u>PARAMETRI SISMICI.....</u>	<u>32</u>
<u>11.</u>	<u>CEDIMENTI POST-SISMICI</u>	<u>40</u>
<u>12.</u>	<u>VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI</u>	<u>41</u>
<u>13</u>	<u>ELENCO ALLEGATI.....</u>	<u>47</u>

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza, l'Agenzia Regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile, Servizio Area Reno Po di Volano, della Regione Emilia Romagna, con sede in v.le Cavour 77 a Ferrara, la scrivente ha eseguito una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, necessaria per la caratterizzazione, alla luce delle nuove normative, dei terreni su cui è prevista la costruzione del nuovo Ponte Bardella, in via Vallelunga a Pontelagoscuro di Ferrara.

Per la stesura della seguente relazione e per l'esecuzione delle relative indagini in situ e prove di laboratorio, si sono seguite le disposizioni delle seguenti normative:

Regio Decreto Legislativo 30 dicembre 1923, n. 3267 «Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani»;

O.P.C.M. 20.03.2003 n°3274 *“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 O.P.C.M 2.10.2003 n° 3316, *“Modifiche ed integrazioni all’ n°3274 O.P.C.M. del 20.03.2003”*;

A.G.I.: *“Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee Guida – 2005”*;

D.M. 17.01.2018 *“Nuove norme tecniche per le costruzioni”*;

Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni approvati dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 3 marzo 2016;

D.G.R. Emilia Romagna 2193/2015 l'aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico, denominato *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”*;

Piani di gestione del territorio e dell'ambiente emanati dalle Amministrazioni Locali;

Varie norme di prova ASTM, UNI, CNR, DIN e BS, richiamate nei relativi rapporti di prova allegati.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area oggetto di indagine è ubicata circa 4 km a nord della città di Ferrara, in località Pontelagoscuro lungo la Via Vallelunga, dove questa scavalca il canale Boicelli che collega l'attuale corso del Fiume Po con il Po di Volano, come evidenziato nella figura 1.

Le coordinate geografiche del sito, e che verranno utilizzate per la valutazioni sismiche sono:

44.877994° N - 11.601555° E (WGS 84) = 44.878921° N – 11.602548° E (ED50)

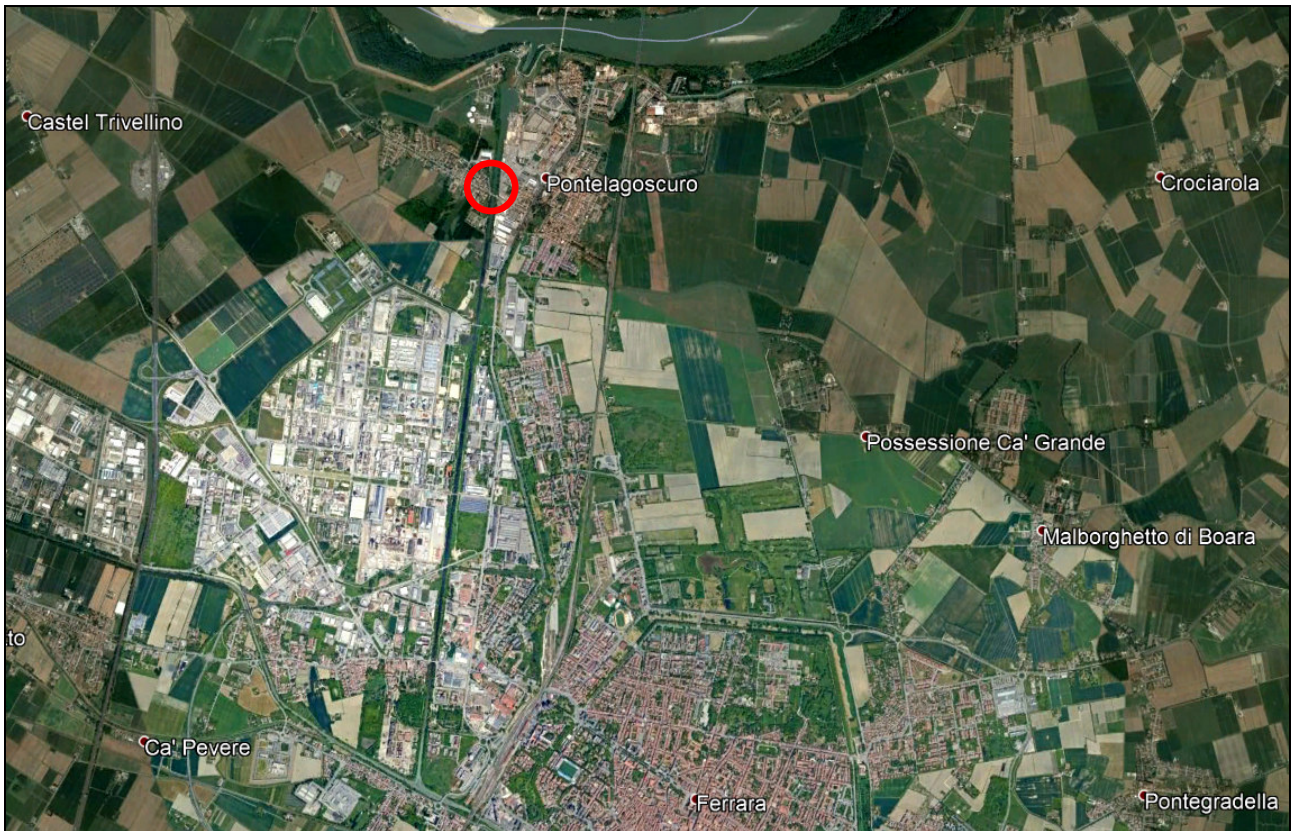


Figura 1: Stralcio topografico dell'area oggetto di indagine.

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Da un punto di vista geologico (figura 3) il territorio del ferrarese fa parte del più ampio bacino subsidente padano, formatosi dall'interazione delle dinamiche di deposizione fluvio-palustre, lagunari, deltizie e marine. I depositi alluvionali dello spessore di qualche migliaio di metri, poggiano su falde geologiche profonde, che sono le propaggini settentrionali dell'Appennino emiliano-romagnolo. Il paesaggio della bassa Pianura Padana è infatti dominato dalle dinamiche fluviali. Le divagazioni del fiume Po e dei suoi affluenti, nonché dei fiumi appenninici, hanno colmato di sedimenti il bacino padano.

La topografia di questa parte della pianura degrada lievemente da ovest verso est, fino alla linea di costa, alternando alti topografici con sedimenti sabbiosi depositati lungo le aste fluviali a depressioni con sedimenti più fini, limoso-argillosi, formati da acque stagnanti, quali quelle delle paludi e dei meandri abbandonati. I dislivelli topografici tra questi due famiglie di depositi sono limitati a pochi metri, e anche se ancora percepibili, modificati dall'attività dell'uomo.

In tutta la pianura sono visibili e caratteristici dossi allungati di pochi metri di altezza e anche di alcuni chilometri di lunghezza disposti paralleli all'idrografia, e ventagli di esondazione. La stessa viabilità interurbana, come il collocamento dei centri abitati scelto dai loro antichi fondatori, sfrutta sovente il naturale rilievo degli alvei abbandonati.



Figura 2: Stralci della Carta Geologica d'Italia 1:100000 – Foglio 76 Ferrara (fonte ISPRA).

La figura 3, che rappresenta uno stralcio della “Carta Geomorfologica della Pianura Padana”, evidenzia in tratteggio rosso i tracciati di antichi corsi d’acqua che formavano il sistema di deflusso superficiale della bassa pianura padana. Come si può notare l’area oggetto di indagine è collocata in un’area priva di paleovalvei.

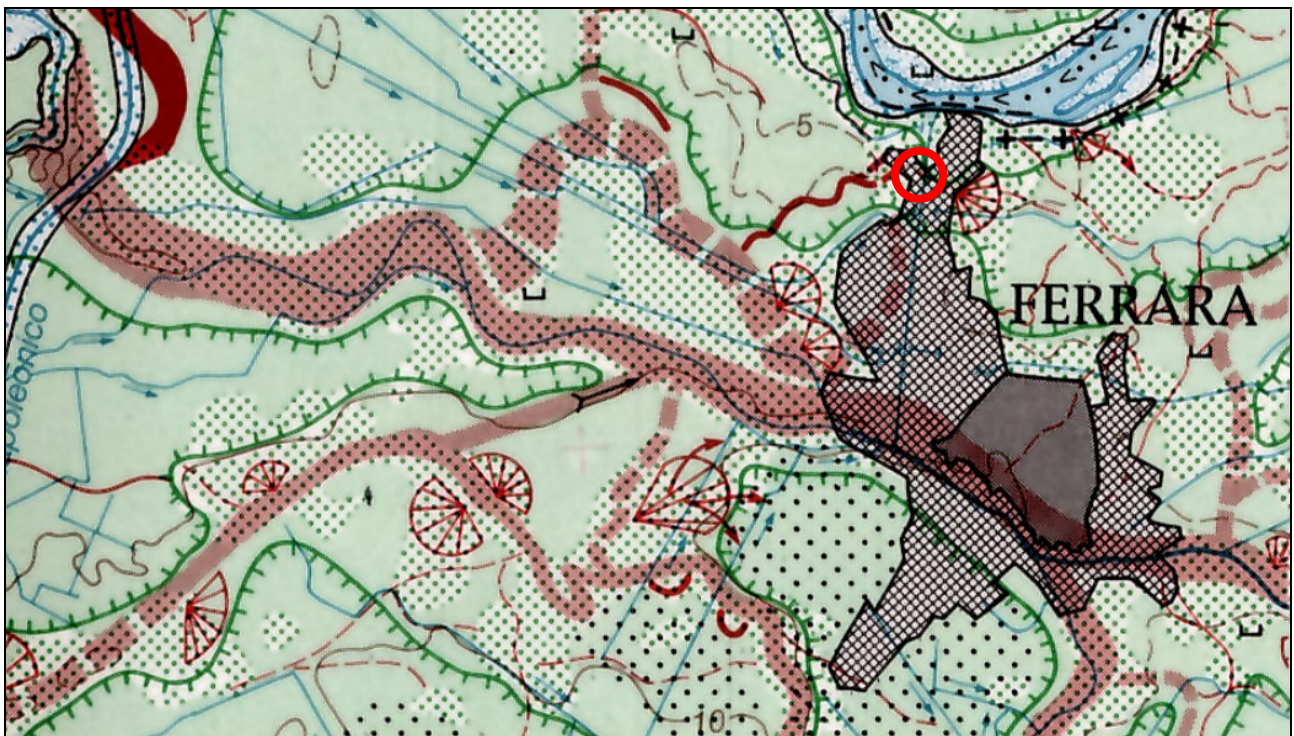


Figura 3: carta dei depositi fluviali del ferrarese.

L'Appennino settentrionale è una catena a falde (Fig. 4) formata dal corrugamento di prismi di rocce sedimentarie, depositi nel paleo-oceano ligure-piemontese e sul margine continentale della microplacca dell'Adria, durante la collisione tra la placca africana e quella europea. L'orogenesi dell'Appennino comincia con la fase eo-mesoalpina, durante l'Eocene medio (45 MA), e si sviluppa soprattutto a partire dall'Oligocene (30 MA). Più nel dettaglio, si osserva che le successioni geologiche sono deformate da pieghe e sovrascorrimenti lungo faglie inverse con trasporto generale verso nord-est. L'inizio della formazione di queste strutture è databile al Tortoniano (10-8 MA).

I sovrascorrimenti e le pieghe più antichi, affioranti nel medio e alto Appennino romagnolo, sono ritagliati da faglie estensionali, in generale orientate parallelamente all'asse della catena e probabile propagazione verso nord-est della distensione del versante tirrenico della catena. Il fronte della catena vero e proprio non coincide con il margine morfologico appenninico-padano ma è identificabile con l'alto strutturale della dorsale ferrarese, sepolta dai sedimenti della Pianura padana, dove il fronte appenninico sovrascorre sulla placca padano-veneta. Il sollevamento dell'Appennino, tuttora attivo, è dovuto probabilmente ai sovrascorrimenti che determinano raddoppi del basamento cristallino, il cui tetto è individuato ad una profondità di circa 8 km nella parte alta della catena e a circa 12 km in prossimità del margine morfologico appennino-padano.

La formazione della coltre alluvionale dell'attuale pianura padana ha inizio alla fine del Pliocene e prosegue fino ai giorni nostri con la combinazione dei fenomeni deposizionali e della subsidenza.

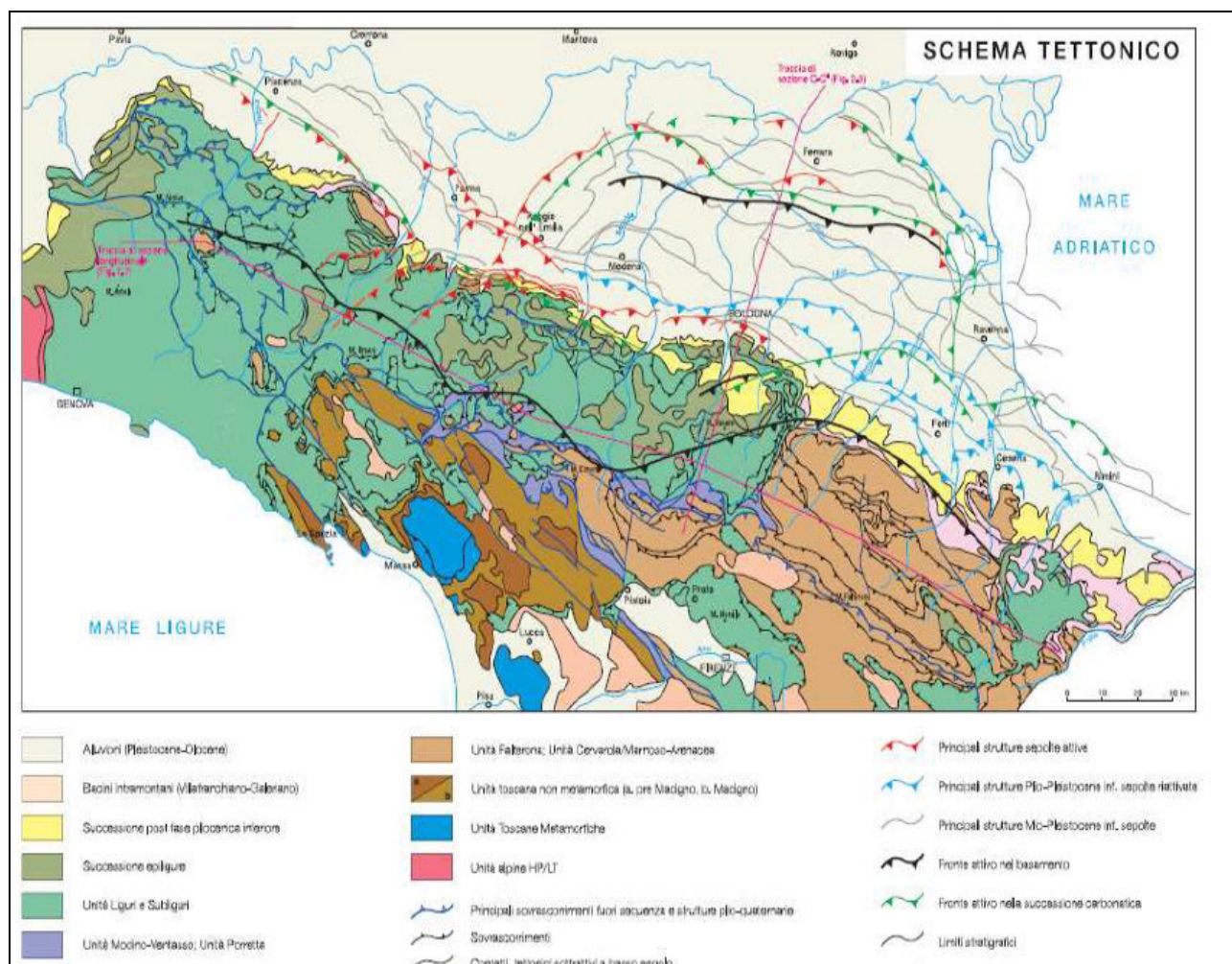


Figura 4: carta strutturale della Pianura Padana.

Il complesso plio-quadernario è costituito da un'alternanza di strati sabbiosi con strati limoso-argillosi, variamente ondulati, con frequenti passaggi laterali di facies.

Gli spessori delle colti alluvionali che ricoprono le falde appenniniche sepolte, vanno dai circa 150 metri della dorsale ferrarese (Casaglia) ai 3000 metri. Nella reale comacchiese la potenza della coltre sedimentaria plio-quadernaria è circa 2000 – 3000 metri.

I fenomeni di subsidenza accertati nel territorio comunale sono di carattere sia naturale che artificiale.

Con il termine di subsidenza naturale, vengono comprensivamente indicati tutti quei movimenti di abbassamento del suolo imputabili a cause naturali; nel territorio in esame tali cause consistono sia nel costipamento dei sedimenti più recenti, sia nella risposta isostatica della crosta al variare dei carichi superficiali (soprattutto depositi sedimentari) o comunque in movimenti di neotettonica.

Va ricordato, d'altronde, che, a sud dell'attuale posizione del fiume Po, l'orogene appenninico continua, sotto la Pianura Padana, nelle pieghe dell'Appennino sepolto (Pieri, Groppi, 1981; CNR, 1992), e che il territorio comunale si sviluppa interamente su tale orogene; a nord è invece presente una omoclinale che arriva ai piedi delle Alpi.

La forma di tale substrato in generale condiziona i tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti; il substrato stesso, inoltre, è ancora sottoposto a movimenti sia orizzontali che verticali.

Vengono comunemente indicati col termine di «subsidenza artificiale» o «antropica», i fenomeni di abbassamento del suolo imputabili a varie attività dell'uomo.

Nella Pianura Padana orientale questi abbassamenti per subsidenza hanno avuto ed hanno anche attualmente una notevole importanza. E' evidente, ad esempio, che essi stanno alla base dell'attuale assetto altimetrico della sua fascia orientale, che comprende un'area di oltre 2300 Km² al di sotto del livello medio del mare.

Essi sono riconducibili soprattutto all'estrazione di fluidi dal sottosuolo: un caso classico è rappresentato dalla estrazione di metano misto ad acqua attuata nel Polesine e nel settore nord-orientale del Ferrarese, fra il 1938 e il 1964, da strati del Quaternario di profondità generalmente inferiori ai 200 m.

4. IDROGEOLOGIA

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana emiliano-romagnola. Secondo i più recenti studi (cfr. Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998) si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi (Figura 6).

Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale.

L'Unità Idrostratigrafico-Sequenziale affiorante nell'area in esame e direttamente coinvolta dalle opere di fondazione dell'intervento in progetto è denominata Gruppo Acquifero A, che ricalca il Sintema Emiliano Romagnolo superiore (450.000 - 350.000 anni BP).

Il Gruppo acquifero A è essenzialmente caratterizzato da:
ghiaie e sabbie prevalenti nella pianura pedemontana;

- depositi prevalentemente fini argillosi e/o limosi attraversati in senso meridiano da corpi nastriformi di ghiaie e sabbie, nella pianura a crescita verticale;
- presenza di estese bancate sabbiose a sviluppo tabulare;

UNITA' STRATIGRAFICHE		SEQUENZE DEPOSIZIONALI	ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		
					GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO
SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	Qc ₂	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE	A	A1	
						A2	
						A3	
						A4	
	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	Qc ₁	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1	
						B2	
						B3	
						B4	

Figura 4: Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola.

Il gruppo Acquifero A è ulteriormente suddivisibile in 5 Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettanti Sequenze Deposizionali Elementari, contrassegnati dal superiore all'inferiore, come di seguito elencato:

- Complesso Acquifero A0 (acquifero freatico superficiale);
- Complesso Acquifero A1 (primo acquifero di spessore, estensione e chimismo variabile);
- Complesso Acquifero A2 (acquifero intermedio di spessore, estensione e chimismo variabile);
- Complessi Acquiferi A3 e A4 (acquiferi profondi di spessore, estensione e chimismo variabile).

Per complesso acquifero A0 si intende l'acquifero freatico di pianura, un sottile livello di sedimenti prevalentemente fini che prosegue verso nord su tutta la pianura. Si tratta dei depositi discontinui di canale fluviale, argine e pianura inondabile in diretto contatto con i corsi d'acqua superficiali e con gli ecosistemi che da esse dipendono, oltre che con tutte le attività antropiche.

Data la litologia prevalentemente fine e lo spessore modesto (nell'ordine dei 10 m), l'acquifero freatico di pianura riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale, infatti non è considerato nello schema idrografico classificativo riportato in fig. 6. E' invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici, e riveste una funzione particolarmente importante da un punto di vista geotecnico in quanto il livello freatico determina il grado di saturazione dei terreni.

L'acquifero A0 freatico, nell'areale oggetto di indagine, non è una risorsa sottoposta a vincoli di vulnerabilità, se non per le normative di tutela ambientale dall'inquinamento (d.lgs. 152/06).

Sulla base dell'elaborazioni presentate nei PSC del comune di Ferrara, e come rilevato anche nella presente campagna di indagine, la falda acquifera presenta soggiacenza rispetto al piano campagna di valori compresi tra un minimo di 1.0 m e un massimo di 3.0 m di profondità dal piano campagna.

5. SISMICITA'

L'area in oggetto ricade proprio in corrispondenza del margine della Zona Sismogenetica 912 (in giallo nella fig. 6), che rappresenta la porzione esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale. Include le sorgenti sismogenetiche principali della fascia appenninica settentrionale, cui è possibile associare la sismicità dell'area Emiliana. Responsabili della sismicità sono strutture compressive (prevalentemente thrust), ma anche transpressive, allineate lungo il margine appenninico a breve distanza da esso.



Figura 6: Stralcio ArcGIS Casta Sismogenetica d'Italia – Zone ZS9.

La magnitudo massima attesa nella ZS 912 è di Maw 6.14 Richter. Per quanto riguarda la profondità efficace, cioè lo strato sismogenetico, ovvero l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, nell'area in esame l'analisi sismologica individua detto valore a circa 7 Km di profondità.

La sismicità dell'Emilia Romagna può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente

ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico.

I maggiori terremoti verificatisi in epoca storica nel ferrarese sono stati il terremoto dell'Emilia orientale del 1796 di intensità di 7.0 gradi della scala Mercalli, stimata di magnitudo 5.63 della scala Richter; ed il terremoto di Ferrara del 1570 con una intensità di 7.5 gradi della scala Mercalli, stimata di magnitudo 5.48 della scala Richter. Tali eventi storici sono perfettamente congruenti con i recenti sismi del 20 e 29 maggio 2012, che confermano l'intensità sismica dell'areale emiliano romagnolo.

Nella tabella sottostante sono riportati i terremoti più intensi verificatisi in un raggio di 30 chilometri dal baricentro del sito oggetto di studio, come registrati nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2004.

Anno	Areale	Io	Maw	Lat	Lon
1796	Emilia orientale	70	5.63	44.620	11.670
1570	Ferrara	75	5.48	44.820	11.630
1234	Ferrara	70	5.17	44.836	11.618
1574	Finale Emilia	70	5.12	44.833	11.294
1285	Ferrara	65	5.03	44.836	11.618
1410	Ferrara	65	5.03	44.836	11.618
1743	Ferrara	65	5.03	44.836	11.618
1898	Romagna settent.	65	5.03	44.650	11.770
1956	Argenta	55	4.98	44.919	11.899
1425	Ferrara sud	60	4.83	44.833	11.667
1508	Ferrara sud	60	4.83	44.833	11.667
1908	Finale Emilia sud	60	4.83	44.800	11.300

Il territorio del comune di Ferrara è classificato secondo l'OPCM 3274 del 20.03.2003, in zona 3, le cui azioni sismiche sono governate dalle accelerazioni riportate nella tabella sottostante.

ZONA	a _g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Tale classificazione ora è utilizzata solo a fini amministrativi per la pianificazione territoriale.

Per la definizione dei parametri sismici di progetto verrà utilizzata la carta della pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

6. RISCHIO ALLUVIONI

Secondo il Piano di gestione del rischio di alluvioni, l'area oggetto di studio fa parte delle competenze dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (UoM ITN008), e dei suoi principali affluenti nei tratti di pianura.

Gli ambiti territoriali di pericolosità si dividono in:

- Reticolo naturale principale di pianura (RP), costituito dall'asta del Fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura;
- Reticolo secondario di Pianura: il reticolo secondario di pianura (RSP), costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.

Di seguito si riportano, per ogni ambito territoriale, le cartografie della:

- "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti"
- "Mappa del rischio potenziale"

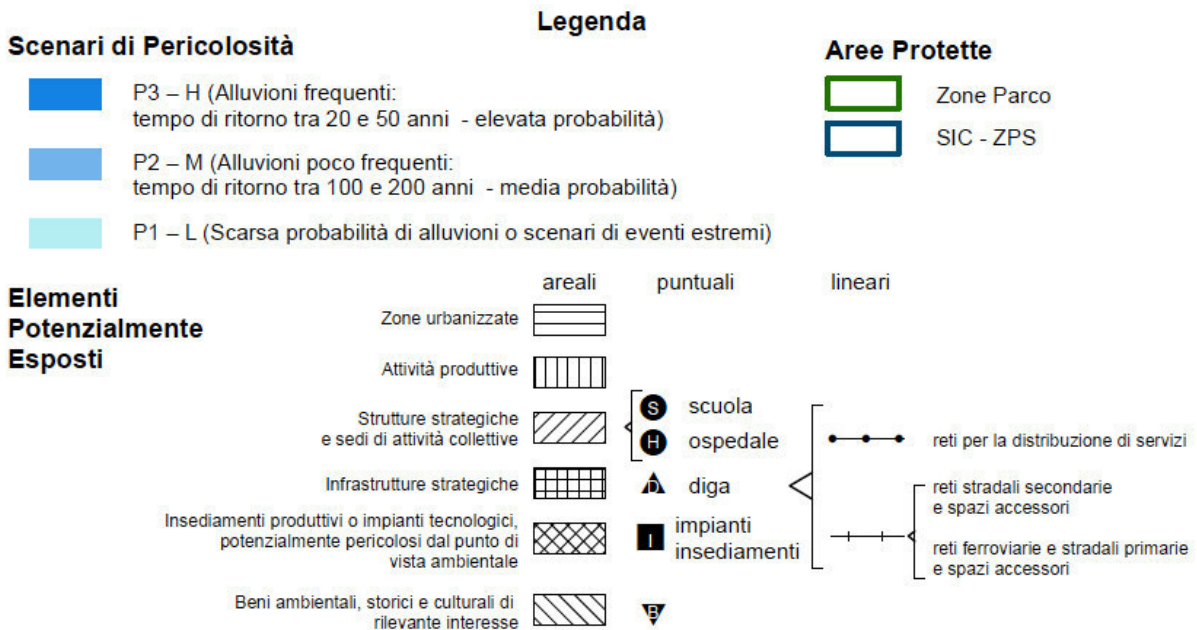
MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ E DEGLI ELEMENTI POTENZIALMENTE ESPOSTI



Figura 7: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO



Figura 8: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA



MAPPA DEL RISCHIO POTENZIALE

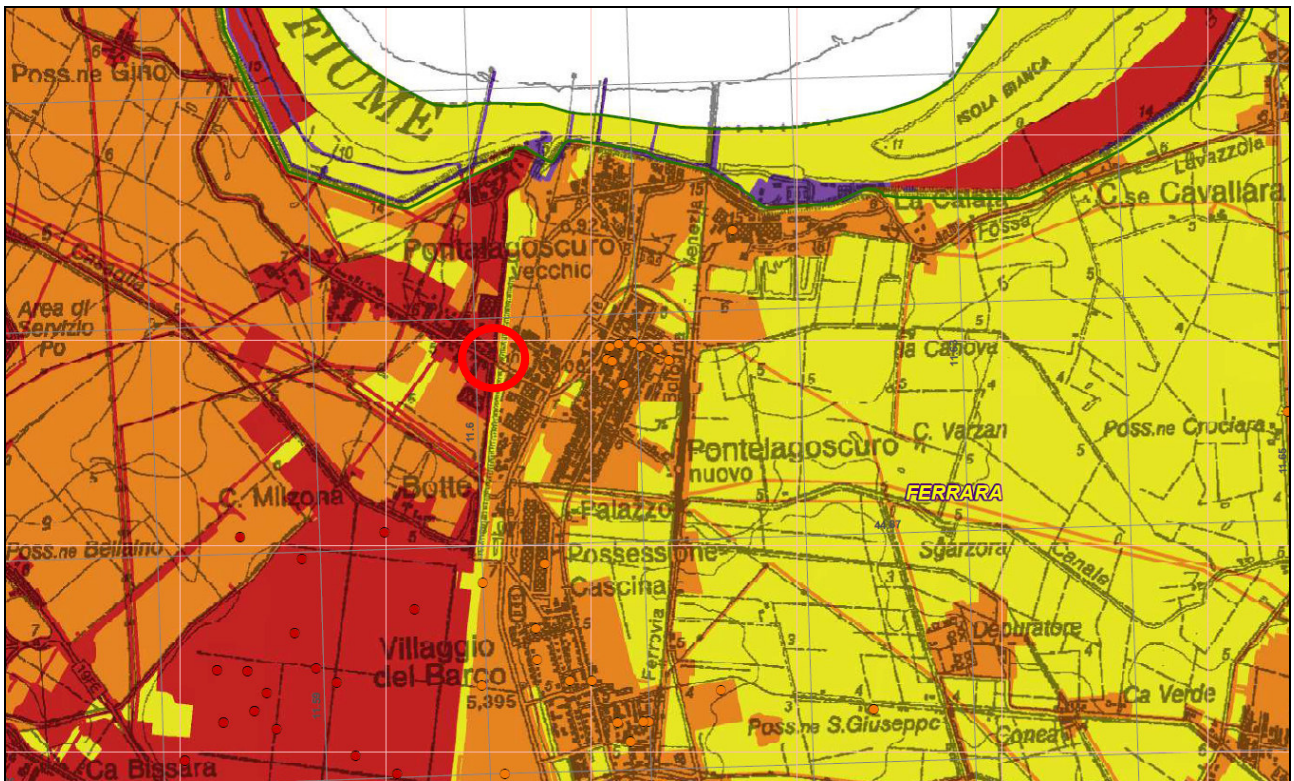


Figura 9: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO

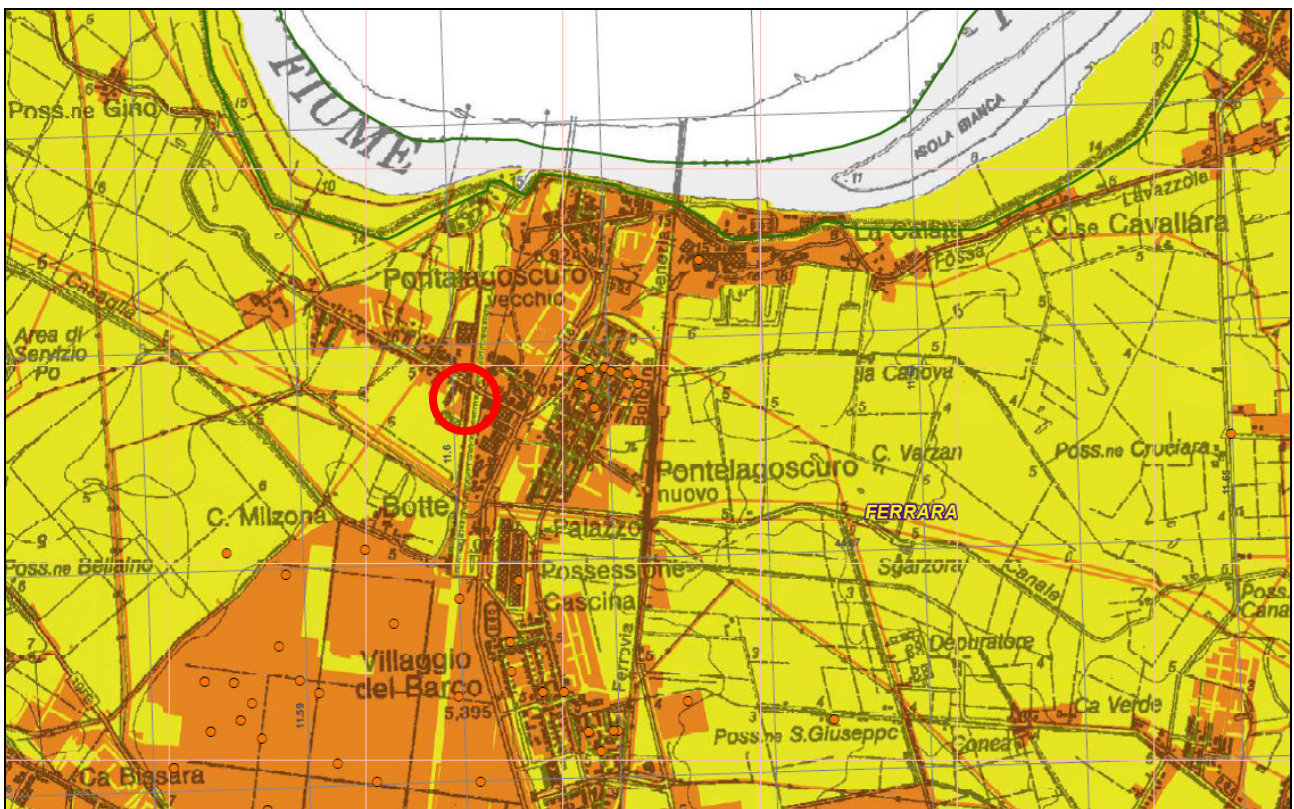


Figura 10: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA



Le cartografie rappresentate nelle figure 7 e 8 consistono nel quadro conoscitivo della pericolosità di alluvioni relativa al reticolo idrografico naturale e degli elementi potenzialmente esposti a seconda dell'ambito territoriale considerato. Come si evince nelle mappe riportate alle pagine precedenti, l'area oggetto di studio è identificata in uno scenario **P2 – M (Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno 100 – 200 anni, media probabilità)** sia nell'ambito territoriale del Reticolo naturale principale e secondario (RP) che per il Reticolo secondario di Pianura.

Le cartografie rappresentate nelle figure 9 e 10 consistono nella mappatura del rischio di alluvioni. Tali mappe indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari, prevedendo n°4 classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni relativi al patrimonio ambientale.
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Le mappe del rischio elaborate sono costituite da tre tematismi:

- Copertura poligonale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (uso del suolo, ecc.);
- Copertura lineare: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo lineare (p.e. viabilità stradale e ferroviaria, ecc.);
- Copertura puntuale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (istituti scolastici, strutture sanitarie ed ospedaliere, impianti IED, ecc.).

Gli elementi a rischio di tipo puntuale (p.e. istituti scolastici) e lineari (p.e. viabilità stradale) sono stati rappresentati attribuendo al punto o alla linea il colore corrispondente al livello di rischio derivante dal calcolo.

Sulla base delle cartografie riportate alle pagine precedenti (figure 9 e 10), l'area oggetto di studio si colloca all'interno della classe di rischio **R2 (rischio medio)** sia relativamente al Reticolo naturale principale sia relativamente al Reticolo secondario di Pianura.

7. PIANO DELLE INDAGINI

Sulla base delle richieste della committenza e delle indicazioni della direzione lavori è stato eseguito il seguente piano di indagini:

- n.° 2 prova penetrometrica statica con piezocono sismico a oltre 30 m di profondità;
- n.° 2 sondaggi geognostici con prelievo di campioni per prove di laboratorio a 30 m di profondità;
- n.° 2 trivellazioni manuali per il prelievo di campioni da sottoporre ad analisi ambientali;
- n.° 1 prospezione geofisica a sismica passiva a stazione;

ubiccate come indicato nella planimetria di fig. 11.

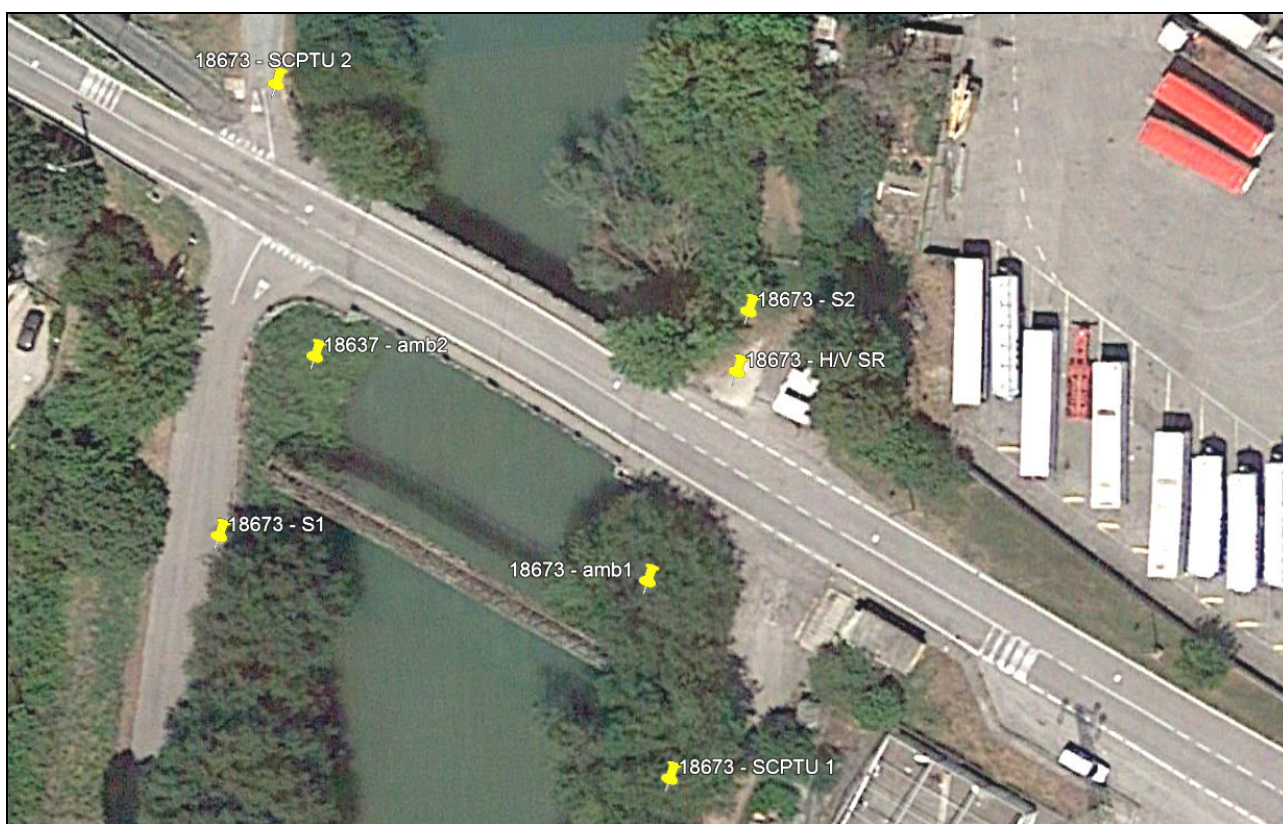


Figura 11: Ubicazione indagini.

7.1 PENETROMETRIA STATICA CON PIEZOCONO

La prova penetrometrica è stata eseguita utilizzando un penetrometro Pagani da 100 kN di spinta massima, dotato di punta elettrica, montato su carro cingolato semovente.

La prova SCPTU (S = Seismic; CPT = Cone Penetration Test; U = con misura della pressione neutra U) consiste, come per le prove CPTU standard, nell'infissione nel terreno del piezocono per la misura, ogni 2 cm, dei classici parametri qc (resistenza di punta), fs (resistenza laterale) ed U (pressione neutra).

Ad ogni metro di profondità (od eventualmente a profondità prestabilite a seconda delle necessità progettuali) viene sospesa l'infissione del piezocono ed a piano campagna, tramite adeguato sistema di energizzazione, vengono generate delle vibrazioni artificiali nel terreno.

Tramite i sensori sismici (geofoni) presenti all'interno del piezocono ed adeguato acquisitore sismico è possibile quindi rilevare e registrare tali segnali sismici e di conseguenza determinare i tempi necessari alle onde sismiche per percorrere il tratto da piano campagna fino alla profondità a cui si trova il piezocono (tempi di arrivo).

La punta penetrometrica utilizzata nel presente lavoro, è dotata di una coppia di sensori sismici distanziati l'uno dall'altro di esattamente un metro (come raccomandato dalla normativa di riferimento, la ASTM D 7400), che consente con una unica energizzazione di rilevare i tempi di arrivo a due diverse profondità, applicando la metodologia del "true – interval". Con questa modalità operativa si evitano i cosiddetti errori di trigger, migliorando molto la precisione di misura della velocità nel singolo metro, e di conseguenza di tutta la verticale.

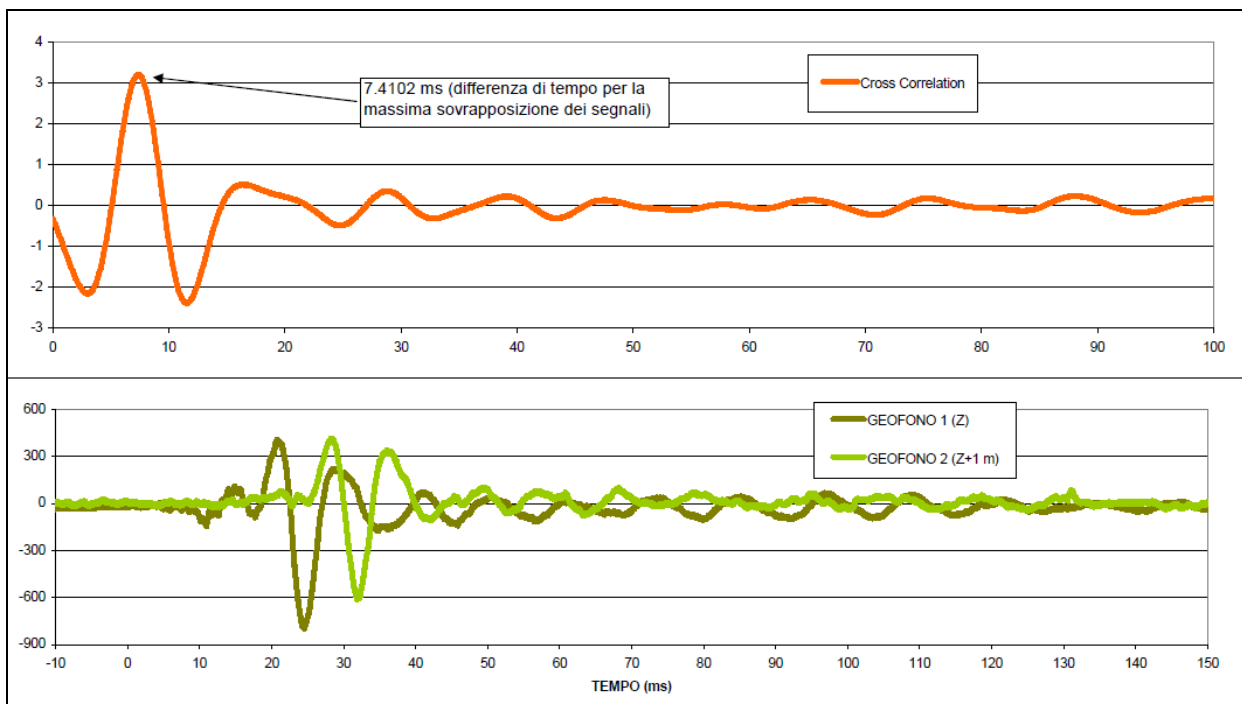


Figura 12: elaborazione segnale sismico.

La misura del tempo di viaggio dell'onda sismica viene eseguita attraverso l'analisi numerica del segnale con il metodo della "Correlazione Incrociata" (Cross Correlation – CC). Con questa analisi si esegue, per ogni intervallo di tempo in cui viene registrato il segnale, la media della sommatoria del segnale di riferimento, solitamente quello del geofono superiore, sul segnale registrato nel geofono inferiore (ad un metro esatto di distanza). In corrispondenza del massimo valore di detta somma, si ha la massima sovrapposizione del segnale, cui corrisponde in ascissa la distanza di tempo che l'onda rilevata impiega per viaggiare dal geofono superiore a quello inferiore.

Con questa metodologia si utilizza per ogni determinazione una sola energizzazione, eliminando quindi problematiche legate a differenti misure di tempo causate da ritardi o anticipi del geofono trigger, e non dovendo determinate manualmente il tempo di arrivo dell'onda, mediante sovrapposizione delle tracce di due energizzazioni differenti, necessari nella metodologia della Inversione di Polarità, si elimina anche l'errore dovuto alla discrezionalità dell'operatore che esegue la valutazione del momento di arrivo.

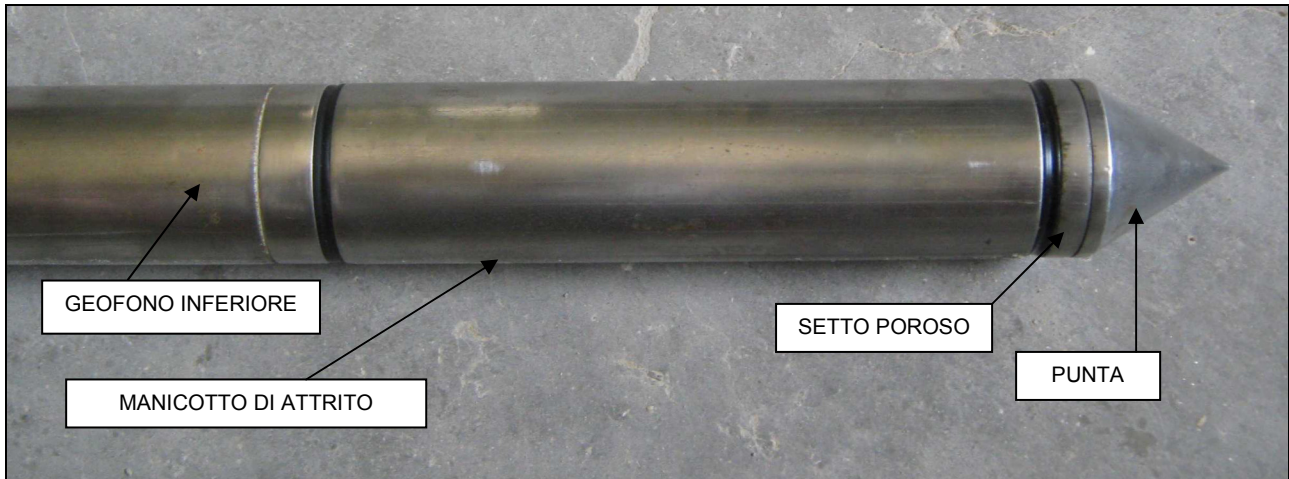


Figura 13: punta piezocono sismico.

Ottenuti i tempi di arrivo è possibile quindi calcolare la velocità di propagazione delle onde S, e con molta cautela delle onde P (molto poco affidabile con il sismocono, in particolare in presenza di falda).

La penetrazione nel terreno avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione che registra le sovra-pressioni dell'acqua di falda indotte durante l'infissione della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici ed e successivamente elaborati.

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $f = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $B = 60^\circ$
- superficie laterale manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} =$ resistenza alla punta (conica);
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} =$ resistenza laterale (manicotto);
- $U \text{ (kg/cm}^2\text{)} =$ pressione dei pori (setto poroso);
- $f_s/q_c \text{ (}\% \text{)} =$ rapporto attrito laterale / resistenza alla punta;
- $\Delta U/q_c =$ variazione pressione dei pori in funzione della resistenza alla punta.

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati (stratigrafia), in base al rapporto q_c/f_s fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro, ovvero in base ai valori di q_c e del rapporto $FR = (f_s/q_c) \%$. Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, nelle tavole allegare sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace, densità relativa D_r , peso di volume γ , ecc).

La tabella sottostante riassume le prove penetrometriche eseguite

PENETROMETRIA	PROFONDITA' (m da p.c.)
SCPTU1	34.52
SCPTU2	33.50

7.2 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Il carotaggio è stato eseguito a rotazione verticale con utilizzo di acqua e fanghi di perforazione, con recupero integrale e rappresentativo dei terreni attraversati, comunque non inferiore all'90%.

Sono stati utilizzati carotieri semplici di diametro 101 mm e lunghezza 1500 mm, con corone e scarpe taglienti al widia, azionati ad aste di manovra di diametro 76 mm. Le pareti del foro sono state sostenute da tubazione metallica provvisoria di diametro 127 mm, infissa con circolazione di acqua con l'ausilio di polimeri biodegradabili.

Nel foro di sondaggio sono stati prelevati 4 campioni indisturbati per l'esecuzione delle prove di laboratorio geotecnico previste ed eseguite 14 prove S.P.T..

I campioni indisturbati sono stati prelevati con campionatori a pareti sottili di acciaio inox tipo Shelby di diametro 88.9 mm, tramite infissione a pressione della fustella.

Al termine della perforazione il foro è stato richiuso con materiale di risulta e con pellet di bentonite rigonfiante (compattone).

La perforazione è stata eseguita con la supervisione di geologi a tempo pieno, responsabili dell'esecuzione dei lavori, delle misure in situ, delle quote di fondo foro, della compilazione dei dati stratigrafici, ecc.

La descrizione stratigrafica dei terreni attraversati è stata restituita graficamente sulle schede stratigrafiche allegare.

La macchina perforatrice impiegata è stata:

BERETTA T44

Coppia torcente: 1050 kgm
 Velocità di rotazione: 0 – 800 rpm
 Corsa continua: 350 cm
 Spinta: 9000 kg
 Trazione: 9000 kg
 Portata argano manovra: 2000 kg
 Pompa fanghi: C.M.O. ps 65/26 da 200 l/min



Figura 14: Macchina perforatrice impiegata nell'indagine in oggetto.

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m da p.c.)	CAMPIONI INDISTURBATI	PROVE S.P.T.
S1	30.00	3	6
S2	30.00	1	8

7.3 PROVE SPT

La prova SPT (standard penetration test), consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso nel terreno, a partire dal fondo del foro di sondaggio che si sta effettuando. La resistenza offerta dal terreno attraversato è funzione delle sue caratteristiche fisico-meccaniche (granulometria e addensamento/consistenza).

Con la prova viene anche prelevato un campioncino (rimaneggiato di qualità Q2-Q3).

Le modalità e le attrezzature di prova sono normate dallo standard ASTM 1586-99 e dalle Raccomandazioni per le Indagini Geotecniche dell' AGI 1977.

La prova consiste nel far cadere un maglio del peso di 63.5 kg da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste (del diametro di 50 mm ed un peso per metro lineare di circa 7,2 kg) alla cui estremità inferiore è fissato un campionatore (Raymond) di dimensioni standardizzate.

Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo una infissione preparatoria di 150 mm – di cui si prende nota ma non si considera nei calcoli) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (NSPT).

PROVA	PROFONDITA' (m)	NUMERO COLPI
S1 SPT1	4.50 – 4.95	2.2.4
S1 SPT2	15.00 – 15.45	12.14.20
S1 SPT3	18.00 – 18.45	10.10.11
S1 SPT4	21.00 – 21.45	10.12.16
S1 SPT5	24.00 – 24.45	18.22.23
S1 SPT6	27.00 – 27.45	24.40.41
S2 SPT1	4.50 – 4.95	2.2.3
S2 SPT2	6.00 – 6.45	8.8.7
S2 SPT3	9.00 – 9.45	9.10.10
S2 SPT4	15.00 – 15.45	8.13.15
S2 SPT5	18.00 – 18.45	11.10.13
S2 SPT6	21.00 – 21.45	10.13.13
S2 SPT7	24.00 – 24.45	8.8.14
S2 SPT8	27.00 – 27.45	13.16.17

I fattori che influenzano i risultati della prova SPT sono molteplici. Possono essere raccolti nei seguenti gruppi:

- a) modalità di esecuzione della prova;
- b) pressione del terreno sovrastante;
- c) dispositivo di battitura;
- d) caratteristiche del terreno.

Applicando le procedure di riferimento sopra elencate la variabilità di cui al punto a. può essere minimizzata. Si ricorda che essa è influenzata principalmente dal disturbo provocato al fondo del foro dalla perforazione e della infissione dei rivestimenti, e da possibili rifluimenti di terreno all'interno del rivestimento, dovuti agli squilibri delle pressioni idrostatiche tra terreno circostante e interno della tubazione.

Riguardo al punto b., i valori di NSPT possono essere normalizzati per tenere conto della pressione del terreno sovrastante, riferendoli ad un valore unitario della pressione verticale efficace secondo la relazione:

$$N1 = CN * NSPT$$

dove: è il valore di N riferito ad un valore unitario di σ'_{vo} ; e CN è un coefficiente di correzione dipendente dal valore di σ'_{vo} ricavato dalla seguente relazione (Jamiolkowski e al., 1985b): $CN = 1 / \sigma'_{vo} (0.56)$.

I fattori di variabilità dovuti alle differenze tra i vari dispositivi di infissione sono ridotti al minimo utilizzando un dispositivo standard tipo Pilcon-Nenzi che ha un rendimento medio del 60%, pari al rendimento di riferimento: $NSPT = N60$.

Le interpretazioni delle prove SPT più utilizzate e collaudate in letteratura danno valutazioni dello stato di addensamento e dell'angolo di attrito dei depositi sabbioso-ghiaiosi.

7.4 PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Sui campioni prelevati in fase di sondaggio sono state eseguite le determinazioni di carattere geotecnico come indicato nella tabella sotto riportata.

Sond.	Camp.	Prof. (m da p.c.)	Umidità	Massa Volumica	Peso Specifico	Limiti Atterberg	Granulometria	Triassiale UU	Taglio Diretto
S1	S1SH1	7.50 – 8.00	x	x	x	x	x		x
S1	S1SH2	9.00 – 9.50	x	x	x	x	x	x	
S1	S1SH3	12.00 – 12.50	x	x	x	x	x		x
S1	S1 SPT1	4.50 – 4.95					x		
S1	S1 SPT2	15.00 – 15.45					x		
S1	S1 SPT3	18.00 – 18.45					x		
S1	S1 SPT4	21.00 – 21.45					x		
S1	S1 SPT5	24.00 – 24.45					x		
S1	S1 SPT6	27.00 – 27.45					x		
S2	S2Cr1	8.50 – 9.00	x	x	x	x	x		x
S2	S2SH1	12.00 – 12.50	x	x	x	x	x	x	
S2	S2 SPT1	4.50 – 4.95					x		
S2	S2 SPT2	6.00 – 6.45					x		
S2	S2 SPT3	9.00 – 9.45					x		
S2	S2 SPT4	15.00 – 15.45					x		
S2	S2 SPT5	18.00 – 18.45					x		
S2	S2 SPT6	21.00 – 21.45					x		
S2	S2 SPT7	24.00 – 24.45					x		
S2	S2 SPT8	27.00 – 27.45					x		

APERTURA DEI CAMPIONI E DETERMINAZIONI DEI PARAMETRI DEL TERRENO

I campioni indisturbati ricevuti in laboratorio sono contenuti dentro fustelle di acciaio inox del diametro interno di 88.9 mm e di lunghezza variabile. Il terreno all'interno delle fustelle viene estratto lentamente tramite un estrusore a pistone azionato oleodinamicamente.

Sul campione estratto dalla fustella di campionamento viene eseguita immediatamente la misurazione della lunghezza, la descrizione litologica e la misura della resistenza alla penetrazione con pocket penetrometer e della resistenza al taglio con scissometro tascabile, la determinazione del contenuto d'acqua, del peso di volume e del peso specifico.

I parametri direttamente determinati e quelli calcolati tramite i precedenti, vengono presentati nelle schede allegate.

CONTENUTO D'ACQUA

L'umidità naturale del campione viene determinata mediante l'essiccazione in forno a temperatura di 105 – 110 °C di un'aliquota rappresentativa dello stesso.

Il contenuto d'acqua è dato da:

$$W(\%) = (P1 - P2) / P2 \times 100$$

Dove P1 = peso iniziale e P2 = peso secco.

PESO DI VOLUME

Il peso di volume viene determinato pesando, con la precisione di 0.01 g, un volume noto di campione. Per detta determinazione viene utilizzata la fustella a pareti sottili per la preparazione dei provini per le prove triassiali che ha le seguenti dimensioni:

$$h = 76.2 \text{ mm}; \phi = 38.1 \text{ mm}; V = 86,88 \text{ cm}^3.$$

Il peso di volume in condizioni di umidità naturale è dato da:

$$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)} = P / V$$

dove: P = peso del campione; V = volume fustella.

Il peso di volume secco è calcolato secondo la relazione:

$$\gamma_d \text{ (kN/m}^3\text{)} = \gamma / (1 + W)$$

dove: γ = peso di volume naturale; W = umidità naturale

PESO SPECIFICO

Il peso specifico, o massa volumica reale di un terreno è definito come il valore medio del peso unitario delle particelle granulari che lo compongono. In altre parole il peso specifico è la massa volumica della sola fase solida che compone un terreno.

Per la sua determinazione un'aliquota di campione viene polverizzata ed essiccata in forno a 110 °C fino a massa costante. Circa 20 – 50 g di materiale vengono pesati con precisione di 0.01 g ed introdotti in un picnometro di 100 cm³ di volume con un po' di acqua distillata. Si fa bollire il contenuto del picnometro per una ventina di minuti. Una volta raffreddato il picnometro si rabocca con acqua distillata disareata, si pesa e si misura la temperatura del contenuto.

Il peso specifico è dato da:

$$\gamma_r = p / (p + p_2 - p_1) \times \gamma_w$$

dove: p = massa materiale essiccato e contenuto dentro al picnometro; p₂ = massa alla temperatura t del picnometro pieno di sola acqua distillata; p₁ = massa alla temperatura t, del picnometro con terra ed acqua distillata; γ_w = massa dell'acqua distillata e disareata alla temperatura t.

Dalla determinazione di contenuto d'acqua, peso di volume e peso specifico sono calcolate le seguenti grandezze caratteristiche:

porosità: $n = 1 - (\gamma_d / \gamma_r)$;

indice dei vuoti: $e = (\gamma_r / \gamma_d) - 1$;

gradi di saturazione: $S = [(\gamma_r \times \gamma_d) / (\gamma_r - \gamma_d)] \times W$

LIMITI DI CONSISTENZA

La determinazione dei limiti di consistenza, detti anche limiti di Atterberg, ha lo scopo di indagare il comportamento della frazione fine dei terreni (passante al setaccio 0.425 mm), dove i minerali argillosi che la costituiscono in parte, sono estremamente sensibili a variazioni del contenuto di acqua.

L'acqua fa assumere al terreno comportamenti diversi a seconda della sua percentuale.

Un terreno con un contenuto di acqua molto alto è privo di consistenza, e si comporta come un fluido. Diminuendo il contenuto aumenta la consistenza del terreno fino al punto in cui esso diviene plasmabile. Il contenuto percentuale di acqua che individua questo cambiamento di comportamento è detto limite liquido. Se si diminuisce ulteriormente il contenuto di acqua il terreno diventa friabile. Il contenuto percentuale di acqua che individua questo cambiamento di comportamento è detto limite plastico. Diminuendo ancora l'umidità il terreno diminuisce di volume. Il contenuto percentuale di acqua al di sotto del quale il terreno non si riduce più di volume è detto limite di ritiro.

La differenza tra il limite liquido e limite plastico è detta indice plastico. Più l'indice plastico è grande, più il terreno è sensibile alle variazioni del contenuto di acqua.

Il valore dell'indice liquido viene estrapolato in corrispondenza dell'ascissa 25 colpi, dal diagramma semilogaritmico in cui si inseriscono i tre o più valori di umidità con i corrispondenti colpi necessari alla chiusura del solco tracciato nel provino. L'umidità così individuata è per definizione il limite dello stato liquido.

Il limite plastico è l'umidità determinata in un cilindretto di terreno impastato e manipolato fino al diametro di tre millimetri, quando in corrispondenza del quale il terreno si rompe perdendo la sua capacità di essere modellato. L'umidità così determinata indica il limite dello stato plastico della terra.

La differenza $w_L - w_P$ è detta indice di plasticità I_p . Per terre non plastiche si considera convenzionalmente $I_p = 0$.

GRANULOMETRIE

La granulometria è una proprietà fisica del terreno chiamata anche tessitura. La granulometria è la proprietà che identifica la distribuzione quantitativa delle dimensioni delle singole particelle che compongono un terreno.

Le particelle sono distinte in classi granulometriche, ed in generale, a prescindere dai parametri dimensionali adottati dai diversi sistemi di classificazione, le classi principali e caratteristiche sono sei, in ordine di dimensione crescente: argilla, limo, sabbia, ghiaia, ciottoli. In questo lavoro si utilizza la classificazione granulometria è quella suggerita dall'Associazione Geotecnica Italiana, dove:

argilla < 2 μm < limo < 0.060 mm < sabbia < 2 mm < ghiaia < 60 mm < ciottoli

Sui materiali medio grossi, sabbie e ghiaie viene eseguita una granulometria per setacciatura, sulla frazione più fine viene eseguita per decantazione.

PROVE DI TAGLIO DIRETTO (TACD)

Le prove di taglio diretto sono state eseguite seguendo la norma ASTM D – 3080.

La prova consiste ne determinare i parametri di coesione ed angolo di attrito del campione sottoposto a prova in termini di sforzi efficaci (c' e ϕ').

Il provino viene ricavato dal campione indisturbato prelevato nel foro di sondaggio. La dimensione dei provini sottoposti a prova è di un quadrato di 60 mm di lato per 30 mm di altezza.

La prova avviene ad una velocità di deformazione sufficientemente lenta tale da garantire la dissipazione della pressione interstiziale, cioè in condizioni drenate.

Attrezzatura di prova

L'attrezzatura di prova utilizzata si compone di.

1. una scatola di taglio quadrata dalle pareti rigide contenente un foro porta campione a sezione quadrata o circolare, divisibile trasversalmente in due parti;
2. una macchina di taglio (mod. Controls T 206 Electronic o T 207 Digital), che agisce come una pressa orizzontale che fa avanzare una delle due metà della scatola a velocità controllata e sufficientemente bassa tale da impedire la creazione di sovra pressioni interstiziali. La macchina è anche dotata di un sistema di leve per l'applicazione del carico verticale di consolidazione;
3. da un sistema di misura ed acquisizione automatica computerizzata, composto da due trasduttori di spostamento LDVT per la misura del consolidamento verticale e della deformazione orizzontale, e da una cella di carico per la misura della forza di taglio.

Procedura di prova

La prova si svolge con la consolidazione e la rottura di tre provini dello stesso campione, fatti consolidare a carichi diversi.

Nella fase di consolidazione il provino sottoposto a prova viene consolidato mediante l'applicazione di un carico, di entità variabile in funzione della consistenza del provino. La consolidazione viene protratta fino a quando il cedimento primario non è concluso.

La fase di taglio inizia al termine della fase di consolidazione. In questa fase la parte inferiore della scatola di taglio viene fatta scorrere rispetto a quella superiore che è fissata in contrasto alla cella di carico che così misura la forza necessaria all'avanzamento della parte inferiore dalla scatola.

Come già detto la velocità di avanzamento della metà inferiore della scatola di taglio deve essere tale da consentire il mantenimento delle condizioni drenate. La velocità di avanzamento può variare da 0.001 – 0.003 mm/min per le argille a 1 mm/min per le sabbie.

La fase di rottura si protrae fino a quando non si registrano decrementi del carico, o fino al 20 % della deformazione del provino (20% del diametro o del lato).

Procedimento di calcolo e presentazione dei risultati

Lo sforzo di taglio viene calcolato con la seguente relazione:

dove:

A_0 = sezione iniziale del provino (cm²);

K = costante di taratura della cella di carico (N/ μ m)

t = tensione di taglio unitaria (kPa)

Nel certificato di prova vengono rappresentate le curve sforzi - deformazione per ciascun provino e l'involuppo di rottura dei tre provini.

Oltre ai diagrammi indicati, viene riportate le seguenti determinazioni per ciascun provino:

- contenuto d'acqua iniziale e finale;
- peso i volume umido e secco;
- dimensioni iniziali;
- carico verticale applicato;

- cedimento in consolidazione;
- cedimento a rottura;
- deformazione a rottura;
- velocità della fase di taglio;
- resistenza al taglio.

TRIASSIALE UU (NON CONSOLIDATA NON DRENATA)

Le prove triassiali UU (non consolidate non drenate) sono state eseguite seguendo le Raccomandazioni A.G.I. 1994.

La prova triassiale UU consiste nel sottoporre il provino ad una pressione di confinamento arbitraria, solitamente prossima al carico litostatico in cui si trovava al momento del prelievo, e quindi applicare un carico assiale, crescente con continuità, fino alla rottura. La resistenza al taglio non drenata è pari alla metà del carico di rottura misurato.

Il provino viene ricavato dal campione indisturbato prelevato nel foro di sondaggio. La dimensione dei provini sottoposti a prova è di mm 38.1 di diametro per mm 76.2 di altezza.

La compressione avviene ad una velocità costante di 0.76 mm/min, che consente di arrivare a rottura in un tempo vicino ai 15 minuti.

L'apparecchiatura utilizzata per l'esecuzione della prova è una pressa meccanica a controllo elettronico in grado di esercitare pressioni a velocità costante. Il modello utilizzato è una Controls™ Triaxial tester T401 Electronic, dotata di cella di carico per la misura del carico assiale della portata di 3.5 kN. La deformazione del provino viene misurata con un trasduttore centesimale LDVT con una corsa di 30 mm. I dati di deformazione e carico vengono registrati in automatico da un sistema di acquisizione computerizzato.

Il provino sottoposto a prova viene ricavato infiggendo la apposita fustella nella parte di campione ritenuta più idonea, in genere la parte a granulometria più fine e palstica. Il provino così ricavato viene misurato e pesato con precisione 0.01 g.

Il provino viene quindi sistemato all'interno di una membrana di lattice che lo isola dall'acqua contenuta nella cella e che trasmette la pressione di confinamento impostata sulla parete cilindrica dello stesso. La cella con il provino viene posta sotto la pressa e portato a contatto con la testa della cella di carico. Dopo avere regolato lo zero del trasduttore e della cella di carico e la velocità della compressione, si inizia la prova.

Ogni 0.5 mm circa viene rilevata l'entità del carico cui è sottoposto il provino. La prova viene portata avanti fino a raggiungere una delle seguenti condizioni:

- la lettura del carico diminuisce in maniera evidente;
- il carico rimane costante per almeno 4 letture;
- la deformazione supera il 20%.

Terminata la prova il provino viene di nuovo pesato e fatto essiccare il forno a temperatura costante di 110°C per la determinazione del contenuto d'acqua.

Nel certificato fornito vengono indicate e calcolate le seguenti grandezze:

- le dimensioni del provino (mm);
- contenuto d'acqua (%);
- massa volumica apparente, secca e umida (kN/m³);

- carico a rottura (kPa);
- coesione non drenata (kPa);
- curva sforzi deformazione.

Le tabelle sottostanti riassumono i parametri geotecnici determinati nelle prove eseguite. I certificati di laboratorio geotecnico delle prove svolte sono allegati alla presente relazione (Allegato 3).

Sond. Camp.	S1SH1	S1SH2	S1SH3	S2Cr1	S2SH1
Prof. (m da p.c.)	m 7.50 - 8.00	m 9.00 - 9.50	m 12.00 - 12.50	m 8.50 - 9.00	m 12.00 - 12.50
Descrizione	Limo con sabbia grigio	Limo con argilla grigio	Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio	Sabbia medio fina limosa grigio	Limo con argilla sabbioso grigio
UNI 10006	A 4	A 7 - 5	A 4	A 1b	A 7 - 6
USCS	CL	MH o OH	CL	SC	CL
ghiaia (> 2 mm)	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%
sabbia (> 0.60 mm)	27.9%	1.3%	46.6%	79.3%	10.9%
limo (> 2 µm)	60.3%	41.9%	45.1%	18.9%	61.4%
argilla (< 2 µm)	11.7%	56.5%	8.3%	1.7%	27.8%
Wn	29.1%	44.2%	31.3%	18.7%	29.4%
LL	31.2%	81.4%	29.9%	nd	45.7%
LP	22.1%	37.5%	22.1%	np	24.5%
IP	9.2%	43.9%	7.8%	nd	21.2%
γ_{nat} (Mg/m³)	1.946	1.713	1.921	1.947	1.892
γ_{secco} (Mg/m³)	1.508	1.189	1.464	1.640	1.463
γ_{imm} (Mg/m³)	0.948	0.747	0.922	1.030	0.921
n	44.0%	55.8%	45.8%	39.1%	45.9%
e	0.79	1.26	0.85	0.64	0.85
sat	100%	94%	100%	79%	94%
G_s (Mg/m³)	2.694	2.691	2.702	2.691	2.701
TACD (c' φ')					
	4.67 kPa		1.62 kPa	3.97 kPa	
	32		32	33	
Triassiale UU σ₃ - Cu (kPa)					
		100 (confinamento)			100 (confinamento)
		37			56
Cu (MEDIA)					
		200 (confinamento)			200 (confinamento)
		33			58
		35			57

Sond. Camp.	S1Spt1	S1Spt2	S1Spt3	S1Spt4	S1Spt5	S1Spt6	S2Spt1
Prof. (m da p.c.)	m 4.50 - 4.95	m 15.00 - 15.45	m 18.00 - 18.45	m 21.00 - 21.45	m 24.00 - 24.45	m 27.00 - 27.45	m 4.00 - 4.75
Descrizione	Limo e argilla con sabbia medio fina marrone grigiastro	Sabbia medio fina limosa grigio	Sabbia medio fina limosa argillosa grigio	Sabbia medio fina grigio	Sabbia medio fina limoso argillosa grigio	Sabbia medio fina grigio	Sabbia medio fina limosa marrone
ghiaia (> 2 mm)	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%
sabbia (> 0.60 mm)	26.3%	83.8%	73.5%	92.3%	81.1%	90.0%	37.7%
argilla e limo	70.0%	16.2%	26.4%	7.7%	18.9%	10.0%	60.8%
Sond. Camp.	S2Spt2	S2Spt3	S2Spt4	S2Spt5	S2Spt6	S2Spt7	S2Spt8
Prof. (m da p.c.)	m 6.00 - 6.45	m 9.00 - 9.45	m 15.00 - 15.45	m 18.00 - 18.45	m 21.00 - 21.45	m 24.00 - 24.45	m 27.00 - 27.45
Descrizione	Sabbia medio fina con limo e argilla debolmente ghiaiosa marrone	Sabbia medio fina limosa grigio	Sabbia medio fina limosa grigio	Sabbia medio fina limosa grigio	Sabbia medio fina limosa grigio	Sabbia medio fina limosa grigio	Sabbia medio fina limosa grigio
ghiaia (> 2 mm)	5.8%	4.4%	0.4%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%
sabbia (> 0.60 mm)	50.7%	81.7%	80.1%	75.2%	90.7%	83.4%	87.0%
argilla e limo	43.5%	13.8%	19.5%	23.1%	9.3%	16.6%	13.0%

7.5 INDAGINE GEOFISICA - TROMOGRAFIA H/V SPECTRAL RATIO

La metodologia tromografica si basa sulla misura diretta delle frequenze di naturale vibrazione dei suoli (e/o di altri oggetti poggiati direttamente o indirettamente sul suolo), sfruttando in pratica l'effetto pendolo. Nel dominio della frequenza vengono coinvolti quattro spettri rappresentati dalle componenti orizzontali e verticali del moto in superficie (HS e VS) e alla base dello strato (HB e VB). La tecnica di Nakamura si basa sulle seguenti ipotesi: le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde; le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base; la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale. Sotto queste ipotesi, il rapporto fra le componenti verticali del moto in superficie ed alla base contiene solo termini delle sorgenti locali AS(f) e delle sorgenti alla base AB(f), ed è pari a: $R_v(f) = V_s(f)/V_B(f) = A_s(f)/A_B(f)$. mentre il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (HS) e alla base dello strato (HB), contiene oltre che il termine di sorgente anche il termine di amplificazione di sito in superficie S(f) e può essere espresso nel seguente modo: $R_h(f) = H_s(f)/H_B(f) = [A_s(f) * S_s(f)] / A_B(f)$. Per rimuovere l'effetto di sorgente dai segnali, Nakamura divide i due rapporti R fra loro ottenendo così la seguente espressione per la funzione trasferimento di sito: $R_h(f)/R_v(f) = S_s(f) = H_s(f)/H_B(f) * V_B(f)/V_s(f)$. Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè: $V_B(f)/H_B(f) = 1$. il fattore di amplificazione del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo: $S(f) = H_s(f)/V_s(f)$. Le varie ipotesi sono state verificate dallo stesso Nakamura (1989) con misure di microtremori in superficie e in pozzo. Le stesse assunzioni sono state verificate anche da altri autori confrontando i risultati ottenuti con modelli di propagazione di onde di Rayleigh, modelli di propagazione 1-D di onde S e con modelli di generazione sintetica di rumore.



Figura 8: Tromografo H/V SR.

Le conclusioni a cui sono giunti gli studi suddetti sono che il picco visibile nei rapporti H/V ottenuti con il rumore simulato è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore e che dipende invece fortemente dalla stratigrafia del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di risonanza del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. Le misure sono state eseguite con un apparecchio portatile compatto (TROMINO MICROMED) che alloggia in un unico contenitore rigido metallico tre sensori sismometrici, un digitalizzatore a 24 bit ed il sistema di archiviazione su flash memory. Per il punto di misura si è acquisita una registrazione della durata di 20 minuti, campionata ad una frequenza di 128 Hz. Il segnale acquisito è stato quindi: corretto per la linea di base (sottraendo a ciascun punto la media effettuata sull'intera traccia); corretto da andamenti (trend) anomali (sottraendo la retta della regressione lineare effettuata su tutti i punti della traccia); filtrato con un passa banda tra 0.1 e 64 Hz, Per ogni segnale si è calcolata quindi la trasformata di Fourier e successivamente si è effettuato il rapporto spettrale fra le componenti orizzontale e verticale. Tale rapporto è stato smussato con una finestra triangolare al 10% ed il risultato di tale operazione è stato assunto come stima delle funzioni di amplificazione locale di Nakamura. Tutte le operazioni descritte sono state fatte prevalentemente in campagna, mediante un programma applicativo appositamente implementato. Questo ha permesso di avere già al sito la possibilità di verificare le misure effettuate ed eventualmente ripeterle. La misura di microtremori è infatti soggetta ad influenze ambientali (vento, pioggia, copertura artificiale dei terreni, ecc.): per una descrizione dettagliata dei problemi legati alla corretta effettuazione delle misure si veda Mucciarelli (1998). Di seguito si riporta una succinta bibliografia di riferimento circa metodologia, utilizzo e restituzione della metodologia tromografica: Mucciarelli, M. (1998). Reliability and applicability range of Nakamura's technique using microtremors: an experimental approach, J. Earthquake Engin., Vol. 2, n. 4, 1-14. Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR Railway Tech. Res. Inst. 30, 1.

L'indagine tromografica deve essere supportata dalle conoscenze stratigrafiche locali derivanti dalle indagini dirette condotte in sito. Ciò è indispensabile data la natura della strumentazione utilizzata e date le possibilità offerte dalle esperienze di Nakamura (et Alii), di cui si è sopra già ampiamente riportato. È importante far osservare come uno strumento tromografico sia l'unica strumentazione in grado di misurare la frequenza propria di oscillazione dei terreni. Da tali dati si possono poi ricostruire tutte le altre componenti caratterizzanti

dal punto di vista sismico i terreni di un'area (e sopra indicati). La possibilità di stimare i valori di Vs30 conoscendo le frequenze tipiche di un suolo e gli spessori (profondità) dei suoi riflettori sismici, discende dalle esperienze di Nakamura e del derivato metodo HSVR precedentemente descritto. Il metodo di indagine utilizzato presuppone alcune approssimazioni legate ad esempio al fatto che le velocità di propagazione delle onde sismiche provocate aumentano dall'alto verso il basso (per questo il metodo consente la determinazione delle velocità intese come medie del volume di terra indagato non avendo un grado di definizione elevato); le velocità Vs così misurate sono comunque significative, trattandosi pur sempre di una misura diretta. Nei grafici H/V – f, che verranno in seguito riportati, si individuano le varie frequenze tipiche dei terreni di fondazione, dato di notevole importanza per una accurata progettazione delle strutture da realizzarsi sull'area in esame. Soprattutto in considerazione della tipologia strutturale da realizzarsi, si dovranno evitare accoppiamenti fra le modalità di vibrazione delle strutture (prevedibili in fase di progettazione) e le modalità di vibrazione dei terreni di fondazione, di cui sopra.

L'interpretazione della prospezione geofisica a sismica passiva H/V SR ha consentito di stimare la velocità delle onde di taglio in **183 m/s**.

Il relativo rapporto di prova viene allegato alla presente relazione (Allegato 4).

7.6 PRELIEVI DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

Su indicazione della D.L. sulle scarpate arginali dove verranno eseguiti gli scavi per la realizzazione delle nuove opere, sono stati prelevati dei campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimica, per verificarne la compatibilità ambientale secondo le normative vigenti; D.Idg 152/2006 TU Ambiente e D.P.R. 120/2017 Terre e Rocce da Scavo.

I prelievi sono stati eseguiti mediante trivella manuale spinta alla profondità di circa 2 metri. Le aliquote prelevate sono state poi miscelate, quartate e recapitate a laboratorio chimico accreditato, secondo le modalità previste dalla normativa vigente.

La tabella sottostante riassume i parametri chimici riscontrati nei campioni prelevati. I relativi rapporti di prova sono allegati alla presente relazione (Allegato 5)

Parametro	Unità di Misura	Valore C1	Valore C2
Cromo VI	mg/kgss	< 2	< 2
Arsenico	mg/kgss	4.7	3
Berillio	mg/kgss	< 2	< 2
Cadmio	mg/kgss	< 0.5	< 0.5
Cobalto	mg/kgss	9.9	6.7
Cromo	mg/kgss	80	42
Mercurio	mg/kgss	< 0.5	< 0.5
Nichel	mg/kgss	66	44
Piombo	mg/kgss	7.6	13.9
Rame	mg/kgss	18.1	17.7
Vanadio	mg/kgss	29	16.8

Parametro	Unità di Misura	Valore C1	Valore C2
Zinco	mg/kgss	48	48
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	< 20	< 20
BTEX	mg/kgss	< 0.01	< 0.01
IPA	mg/kgss	< 0.01	0.04
PCB	mg/kgss	< 0.001	< 0.001
Amianto	mg/kgss	assente	assente

Come riportato nei rapporti di prova allegati, i parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale.

8. CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO

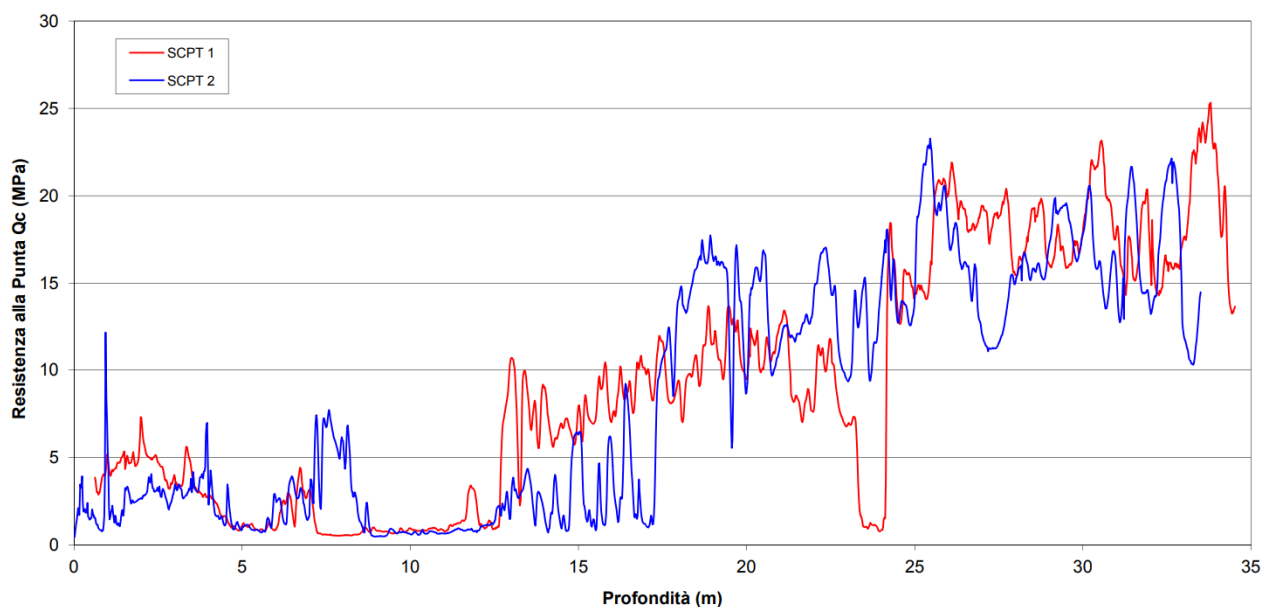


Fig. 13: Profilo di resistenza alla penetrazione

Nella figura sopra riportata viene rappresentato il grafico di resistenza alla punta ricavato dalle prove penetrometriche eseguita. Nel grafico l'approfondimento della prova viene rappresentato sull'asse delle ascisse in metri, mentre in ordinata la resistenza alla punta espressa in MPa.

Valori bassi di resistenza alla punta solitamente indicano la presenza di terreni fini (argille e limi), mentre i valori più alti (oltre i 3/5 MPa) indicano la presenza di terreni sabbiosi.

Le tre prove eseguite presentano un'ottima concordanza stratigrafica e sono coerenti con le litologie incontrate nei fori di sondaggio (vedi schede allegato 2). Sinteticamente i terreni incontrati si possono dividere nei seguenti gruppi:

1. da - 0.00 a - 4.80 m argille limose del corpo arginale;
2. da - 4.80 a - 13.40 m argille limose con lenti sabbiose;
3. da - 13.40 a - 24.10 m sabbie limose con intercalazioni argillose;

4. da - 24.10 a - 34.00 m sabbie.

La profondità della falda è stata rilevata nel foro di prova penetrometrica come indicato nella tabella sottostante.

Punto di rilievo	Profondità da p.c. (m)	Data rilievo
SCPTU 1	-4.50 m	30/05/2019
SCPTU 2	-5.30 m	30/05/2019

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'Eurocodice 7 definisce il valore caratteristico di una particolare grandezza del terreno nel seguente modo: "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite".

L'approccio che si segue in questo lavoro per la stima dei valori caratteristici è quello statistico suggerito dall'EC7. Perciò i valori caratteristici verranno selezionati come 5° percentile della distribuzione della media. La distribuzione del valor medio, nel caso di distribuzione normale, viene calcolata utilizzando la 't' di Student ad n-1 gradi di libertà ed ipotizzando che la media del campione coincida con la media della popolazione, usando la seguente relazione:

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Dove:

x_k è il valore caratteristico desiderato;

x con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione. Ipotesi che si ritiene corretta dato l'alto numero di campioni che si ottengono dalla prova penetrometrica elettrica (1 ogni 2 centimetri);

t è il valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u = 95% (ossia, 1-a = 0.95 o alternativamente, a = 0.05)

s è la deviazione standard del campione

n il numero di dati.

Come si può notare, la grande mole di dati che si ricavano da un penetrometria elettrica (10 volte quella meccanica) rende il metodo statistico più affidabile, e consentono di ottenere valori caratteristici prossimi alla media, cioè non eccessivamente cautelativi.

Un altro vantaggio dato da un numero di dati sufficientemente elevato è la coincidenza di valori ricavata da una distribuzione normale rispetto una distribuzione lognormale.

Le tabelle sottostanti riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Detti parametri sono calcolati sulla base delle correlazioni proposte da P. K. Robertson in "Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering" (5rd edition, 2012).

Penetrometria	UNITA' 1	UNITA' 2	UNITA' 4	UNITA' 5
	ARGILLE LILOSE CORPO ARGINALE	ARGILLE LILOSE CON LENTI SABBIOSE	SABBIE CON RARE INTERCALAZIONI ARGILLOSE	SABBIE LILOSE
Limite sup. (m)	3.5	4.8	13.4	24.1
Limite inf. (m)	4.8	13.4	24.1	30.0
γ (Mg/m ³)	1.87	1.88	1.97	1.99
media dati	1.88	1.88	1.97	1.99
dev. Stand	0.02	0.01	0.02	0.01
n° dati	91	774	920	998
Cu (kPa)	125	67	-	-
media dati	134	70	-	-
dev. Stand	52	41	-	-
n° dati	91	774	-	-
Φ (°)	-	-	35.9	36.8
media dati	-	-	36.0	36.9
dev. Stand	-	-	1.7	1.1
n° dati	-	-	920	998
G ₀ (Mpa)	62.1	47.9	121.7	216.4
media dati	64.0	48.6	123.0	217.9
dev. Stand	10.6	12.7	22.7	28.9
n° dati	91	774	920	998
M (MPa)	25.8	9.0	113.9	202.5
media dati	27.8	9.6	115.2	204.0
dev. Stand	11.5	10.1	23.5	28.3
n° dati	91	774	920	998
Eu (MPa)	61.7	39.6	92.4	163.1
media dati	68.0	42.1	93.3	164.3
dev. Stand	33.2	42.6	16.5	21.6
n° dati	78	774	920	998
Dr (%)	-	-	59.7	74.0
media dati	-	-	60.3	74.4
dev. Stand	-	-	12.5	7.4
n° dati	-	-	920	998
OCR	4.8	1.6	-	-
media dati	5.2	1.6	-	-
dev. Stand	2.4	0.8	-	-
n° dati	91	774	-	-

10. PARAMETRI SISMICI

10.1. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

L'NTC 2008 (successivamente riconfermato nelle NTC 2018) ha cambiato l'approccio alla valutazione del rischio sismico, introducendo la necessità della sua valutazione in funzione del sito.

A meno di casi particolarmente complessi da un punto di vista geologico/stratigrafico, e quando le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella 3.2.II delle NTC 2018, qui di seguito riportata, per la definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs.

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

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

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

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Essendo nel sito in esame il substrato roccioso collocato a profondità maggiori di 30 metri dal piano di imposta delle fondazioni o dalla testa dei pali, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ viene qui definita dal parametro V_{s30} .

La V_{s30} è stata determinata sia attraverso la determinazione diretta dei tempi di arrivo delle V_s con piezocono sismico ed è risultata essere:

SCPTU 1: 201 m/s;

SCPTU 2: 200 m/s;

che consente di attribuire al **sottosuolo la categoria sismica "C"**.

10.2. AZIONE SISMICA CON METODI SEMPLIFICATI

La categoria di suolo sismico consente di definire l'amplificazione sito dipendente che un sisma di riferimento può sviluppare, la pericolosità sismica del sito fornisce le l'intensità delle azioni sismiche da attendersi.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento V_R .

Nell'NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

I suddetti parametri si possono ricavare dalla mappa della pericolosità sismica realizzata dall'INGV, e che si compone di una maglia di 16000 punti i cui essi sono definiti, attraverso la media pesata alle coordinate geografiche del sito in esame rispetto ai vertici della maglia entro cui esso si trova.

Il periodo di riferimento V_R è dato da: $V_R = V_N \times C_U$

Dove V_N è la vita nominale di un'opera strutturale, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, ed è definita dalla tabella sottostante.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

C_U è il valore del coefficiente d'uso, definito al variare della classe d'uso come indicato nella sottostante tabella.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} considerata, lo spettro di risposta elastico in accelerazione, della componente orizzontale, è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{array}{ll}
0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
\end{array}$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \times S_T,$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = (10/(5 + \xi))^{0.5} \geq 0.55$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T^*_C = C_C \times T_C,$$

dove T^*_C è definito al § 3.2 delle NTC e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo ;

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3,$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6.$$

L'amplificazione stratigrafica è definita dai coefficienti S_s e C_c , per le varie categorie di suolo sismico come riportato nella tabella sottostante.

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Mentre l'amplificazione topografica è dimensionata secondo le seguenti tabelle.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Con la definizione delle componenti spettrali ricavata dalle correlazioni sito dipendenti, si possono così calcolare i valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimo dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0.025 \times a_g \times S \times T_C \times T_D$$

$$v_g = 0.16 \times a_g \times S \times T_C$$

10.3. PARAMETRI DELL'AZIONE SISMICA

Dalla mappa della pericolosità sismica dell'INGV, considerando:

vita nominale dell'opera, $V_n = 50$ anni;

Classe d'uso, $C_u = III$;

vita di riferimento, $V_r = 75$ anni;

Fattore di Amplificazione topografico, $S_T = 1$ (topografia pianeggiante $< 15^\circ$)

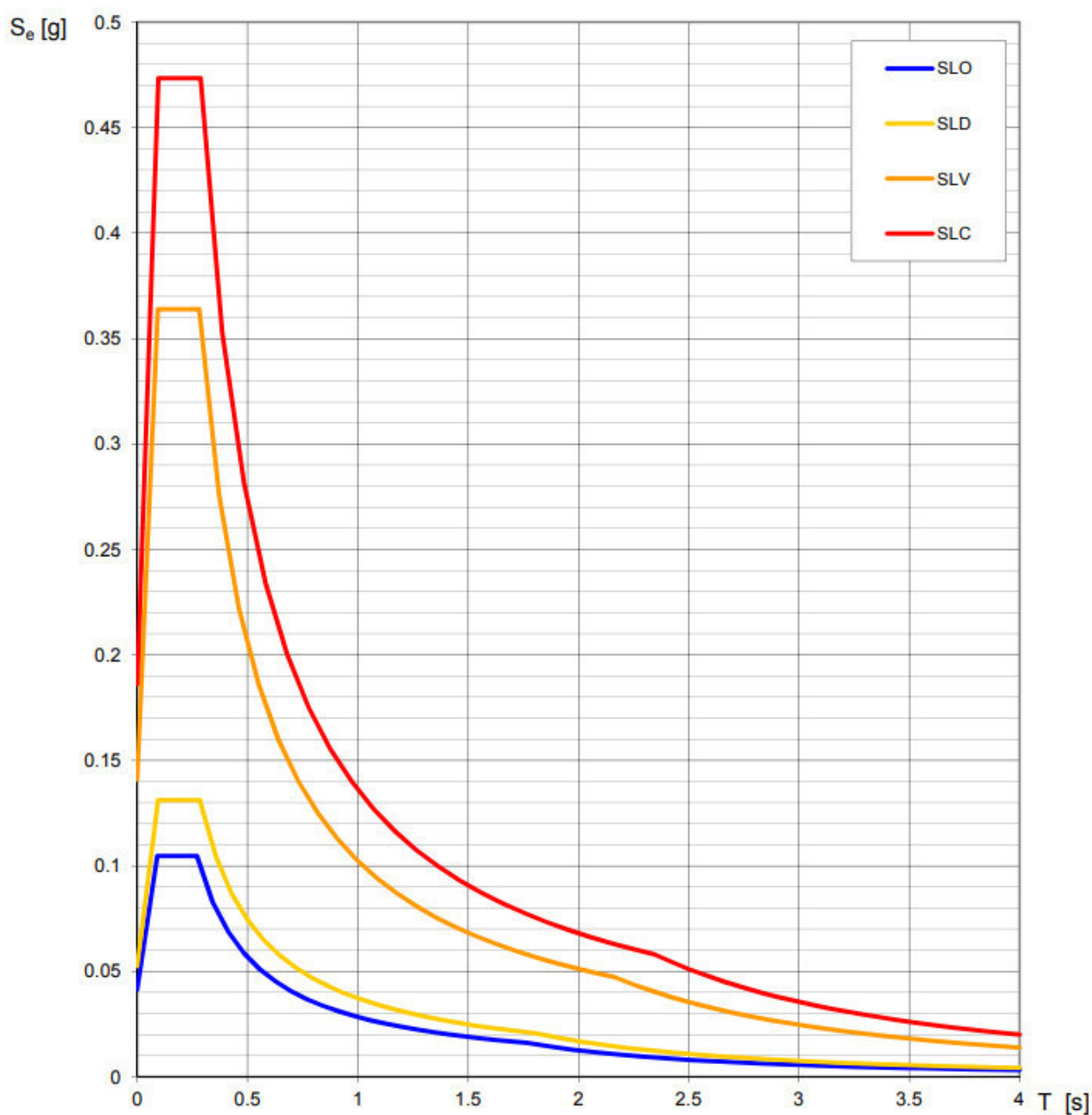
si ricavano i seguenti parametri dell'azione sismica per ciascuno degli interventi delle verticali indagate:

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.041	2.535	0.270
SLD	75	0.052	2.498	0.284
SLV	712	0.141	2.581	0.281
SLC	1462	0.186	2.542	0.287

Gli spettri elastici che si ricavano dai suddetti parametri al substrato di riferimento e per i diversi Stati Limite sono i seguenti:

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



In particolare per gli SLD e SLV per il suolo di categoria "C":

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.052 g
F_0	2.498
T_C^*	0.284 s
S_S	1.500
C_C	1.591
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.451 s
T_D	1.810 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.079
$T_B \leftarrow$	0.150	0.197
$T_C \leftarrow$	0.451	0.197
	0.516	0.172
	0.581	0.153
	0.645	0.138
	0.710	0.125
	0.775	0.115
	0.839	0.106
	0.904	0.098
	0.969	0.092
	1.034	0.086
	1.098	0.081
	1.163	0.076
	1.228	0.072
	1.292	0.069
	1.357	0.065
	1.422	0.062
	1.486	0.060
	1.551	0.057
	1.616	0.055
	1.681	0.053
	1.745	0.051
$T_D \leftarrow$	1.810	0.049
	1.914	0.044
	2.019	0.039
	2.123	0.036
	2.227	0.032
	2.331	0.030
	2.436	0.027
	2.540	0.025
	2.644	0.023
	2.749	0.021
	2.853	0.020
	2.957	0.018
	3.061	0.017
	3.166	0.016
	3.270	0.015
	3.374	0.014
	3.479	0.013
	3.583	0.013
	3.687	0.012
	3.791	0.011
	3.896	0.011
	4.000	0.010

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.141 g
F_o	2.581
T_C^*	0.281 s
S_S	1.482
C_C	1.596
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.482
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.449 s
T_D	2.164 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.209
$T_B \leftarrow$	0.150	0.539
$T_C \leftarrow$	0.449	0.539
	0.530	0.456
	0.612	0.395
	0.694	0.349
	0.775	0.312
	0.857	0.282
	0.939	0.258
	1.021	0.237
	1.102	0.220
	1.184	0.204
	1.266	0.191
	1.347	0.180
	1.429	0.169
	1.511	0.160
	1.592	0.152
	1.674	0.145
	1.756	0.138
	1.837	0.132
	1.919	0.126
	2.001	0.121
	2.082	0.116
$T_D \leftarrow$	2.164	0.112
	2.251	0.103
	2.339	0.096
	2.426	0.089
	2.514	0.083
	2.601	0.077
	2.689	0.072
	2.776	0.068
	2.863	0.064
	2.951	0.060
	3.038	0.057
	3.126	0.054
	3.213	0.051
	3.301	0.048
	3.388	0.046
	3.475	0.043
	3.563	0.041
	3.650	0.039
	3.738	0.037
	3.825	0.036
	3.913	0.034
	4.000	0.033

11. CEDIMENTI POST-SISMICI

Dalle interpretazioni delle prove penetrometriche si individuano come orizzonti suscettibili di cedimenti post-sismici significativi, gli strati di terreno caratterizzati da terreni argillosi con C_u inferiore ai 70 KPa, e da sabbie con N_{SPT} equivalente stimato inferiore a 15 colpi.

Il cedimento di consolidazione post-sismica è dato dall'espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H$$

Dove: H = altezza dello strato omogeneo;

ε_{vr} = deformazione volumetrica post-ciclica percentuale, dove:

$$\varepsilon_{vr} = (\alpha Cr / (1 + e_0)) \log(1 / (1 - \Delta u / \sigma'_0))$$

α = costante sperimentale variabile da 1 a 1,5;

e_0 = indice dei vuoti iniziale;

Cr = indice di riconsolidazione, che può essere ipotizzato pari a $0,225 \cdot C_c$ (indice di consolidazione);

$\Delta u / \sigma'_0$ = rapporto di pressione interstiziale (aumento di pressione neutra indotta dal sisma di progetto).

Per il calcolo dei cedimenti verranno adottati i seguenti parametri:

α = compreso tra 1 e 1,5;

$e_0 = 1$: indice dei vuoti medio per terreni argilloso limosi con sostanza organica sparsa;

$e_0 = 0,6$: indice dei vuoti medio per terreni sabbioso limosi;

Indici di consolidazione calcolati dal modulo edometrico stimato dalle penetrometrie ($C_c = (1 + e_0) \sigma_{va} / 0,435M$).

Il calcolo di $\Delta u / \sigma'_0$ (ru) richiede l'esecuzione di alcuni passaggi intermedi.

Determinazione ampiezza della deformazione di taglio massima indotta dal sisma:

$$\gamma_{max} = 0,65 a_{max,s/g} \sigma_v \text{ rd } 1/G$$

dove:

$a_{max,s}$ = picco di accelerazione al piano campagna del sisma di riferimento;

g = accelerazione di gravità;

σ_v = tensione totale verticale;

rd = coefficiente riduttivo dell'azione sismica = $1 - 0,015 z$;

G = modulo di taglio corrispondente alla deformazione γ_{max} .

$$a_{max,s} = a_{ref,g} S_S S_T = 1,383 \cdot 1,482 \cdot 1 = 2,050 \text{ m/s}^2$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$rd = 0,850$$

$$G/G_0 = 0,490$$

essendo G_0 (medio) = 23,0 MPa

Inserendo le grandezze determinate precedentemente l'ampiezza delle deformazioni ricavate dalle prove penetrometriche è:

$$\gamma_{\max} = 9.20 \cdot 10^{-3}$$

Inserendo i valori di deformazione ricavati nella tabella ru - $\gamma\%$ di (tabella 2 degli atti di indirizzo) si ricava un rapporto di incremento della pressione di circa 0.37.

Utilizzando i parametri sopra riportati, i massimi cedimenti post sismici attesi sulla verticale indagata, per lo spessore di terreno comprimibile, sono quindi stimati in:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H = 0.015 \text{ m}$$

12. VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli prevalentemente sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale (qui considerata come indotta dallo scuotimento sismico), passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, con conseguente temporanea perdita totale di resistenza al taglio.

Una stima preliminare viene eseguita valutando le sotto riportate condizioni di esclusione della liquefazione nei terreni. Se almeno una delle seguenti condizioni è presente si può ragionevolmente escludere la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione in caso di terremoto (cfr- NTC 2018 - Capitolo 7.11.3.4.2).

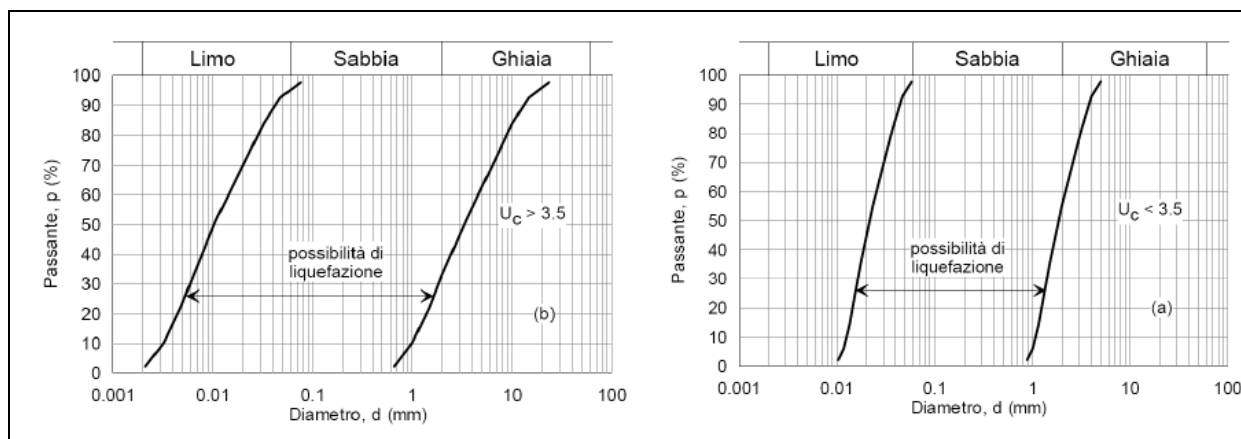
1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; - NON VERIFICATA
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; - NON VERIFICATA
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; - NON VERIFICATA
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) delle NTC 2018 (sottoriportate) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$; - NON VERIFICATA (non determinata)

Si procede quindi alla valutazione della liquefacibilità con il metodo di Robertson (1998, 2012), appositamente calibrato per le prove penetrometriche statiche.

Il rischio di manifestarsi del fenomeno della liquefazione viene valutato rapportando la sollecitazione sismica di riferimento Cyclic Strength Ratio (CSR), con la resistenza dei vari strati di terreno considerato Cyclic Resistance Ratio (CRR).

$$FS_{liq} = CRR/CSR \cdot MSF;$$

dove FS rappresenta il fattore di sicurezza alla liquefazione.



Quando la sollecitazione sismica CSR è maggiore della resistenza del terreno CRR, si può verificare il fenomeno della liquefazione dei terreni.

Il numeratore del rapporto sopra riportato, il CRR, viene ricavato dall'interpretazione delle prove in sito.

La determinazione del rischio di liquefazione mediante l'utilizzo dei dati derivanti da prove CPT (intese come prove con piezocono, anche sismico. La punta meccanica non può utilizzare correttamente la procedura sotto riportata), è stata sviluppata principalmente da P. K. Robertson ed altri autori, mediante un procedimento che è ormai diventato un riferimento mondiale.

Il diagramma di flusso sotto riportato schematizza i vari passaggi, che dalle grandezze meccaniche misurate dalla punta penetrometrica, conducono al dimensionamento del CRR (Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering By P. K. Robertson and K.L. Cabal - 5a edizione Novembre 2012 - Gregg Drilling & Testing, Inc.). Si può notare che questa grandezza sia direttamente proporzionale alla q_c , alla f_s , agli stati tensionali nel terreno ed in misura minore ed indiretta alla U .

Al denominatore, del rapporto si trova il CSR, che dimensiona l'azione innescante la liquefazione. La funzione più utilizzata per dimensionare il CSR e quella proposta da Seed e Idriss (1971):

$$CSR_{7,5} = 0,65 (ag/g) \times (\sigma_v0 / \sigma'v0) \times rd \times (1 / MSF)$$

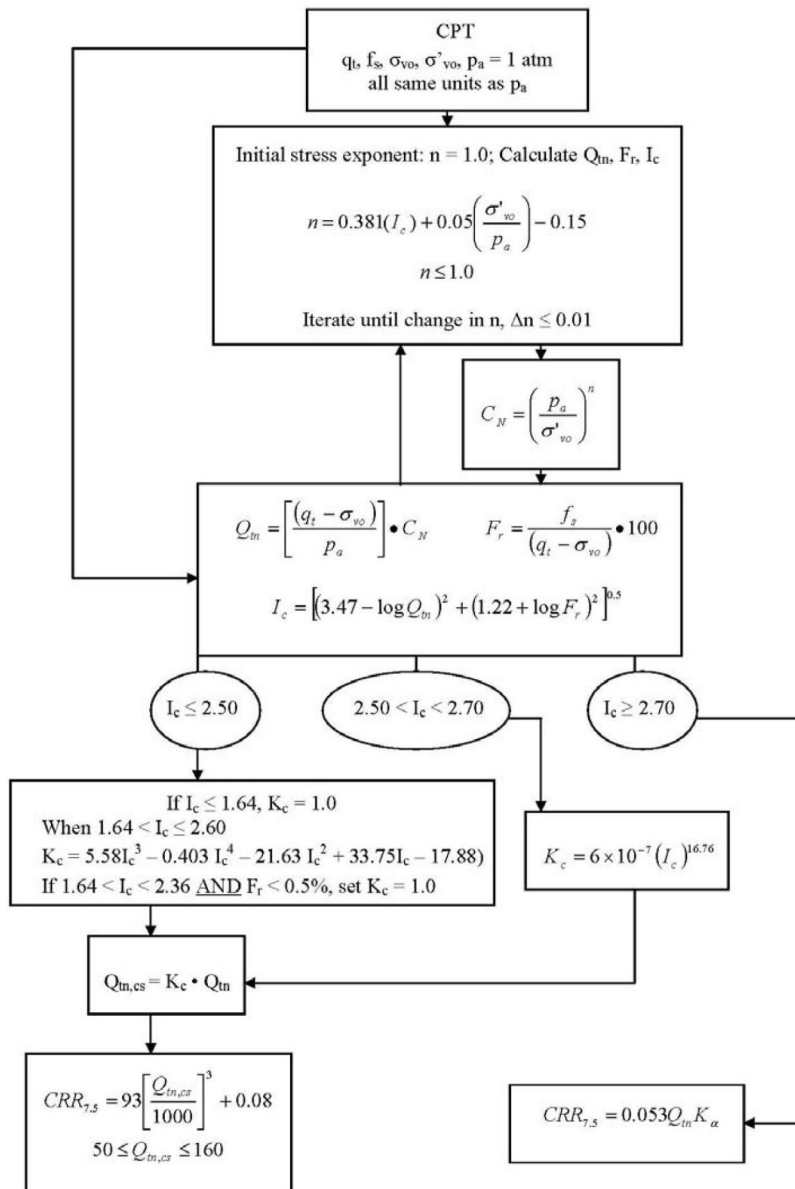
Dove:

σ_v0 = pressione litostatica totale;

$\sigma'v0$ = pressione litostatica efficace;

rd = coefficiente di riduzione della rigidezza con l'aumentare della profondità z ;

MSF = (Magnitudo Scaling Factor) fattore di correzione per la magnitudo del sito di analisi.



L'MSF è un coefficiente empirico che riduce o aumenta il rapporto in funzione della magnitudo del terremoto di progetto, essendo state tutte le valutazioni della liquefazione studiate e calibrate su terremoti di magnitudo 7.5 della scala Richter.

Diversi autori propongono molteplici correlazioni per calcolare l'MSF. Nel presente elaborato si fa uso della relazione presentata da Boulanger e Idriss 2007.

Il potenziale di liquefazione PL di uno strato esprime con un numero compreso tra 0 e 1, la pericolosità di liquefazione dello strato nei confronti dell'evento sismico atteso:

$$LP = F(z) \times w(z)$$

dove:

$F(z)$ = funzione che esprime il potenziale di liquefazione di ogni strato in rapporto al FS calcolato

$w(z)$ = funzione che tiene conto della profondità dello strato

con

$F = 0$ per $FS \geq 1$

$F = 1 - FS$ per $FS < 1$

$w(z) = 10^{-0,5 z}$

Allo scopo di avere una valutazione complessiva dello spessore di terreno indagato, e per tenere conto del fatto che in superficie si risente dell'effetto cumulativo della liquefacibilità degli strati sottostanti, Iwasaky et alii (1982) introducono l'indice di liquefazione potenziale LPI.

$$LPI = \sum_{da\ 0\ a\ Z_{cr}} F(z) \times w(z) \times dz$$

Dove Z_{cr} è la profondità critica entro la quale si ritengono significativi gli effetti della liquefazione qui cautelativamente assunta come pari a 20 m.

Le classi di pericolosità di liquefazione secondo Sonmez (2003) sono riportate nella tabella sottostante.

Indice del potenziale di liquefazione, LPI	Pericolosità di liquefazione
LPI = 0	Nulla
0 < LPI 2	Bassa
2 < LPI 5	Moderata
5 < LPI 15	Alta
LPI > 15	Molto alta

Dalla verifica numerica della possibilità di manifestazione di fenomeni di liquefazione vengono automaticamente escluse le unità argilloso limose incontrate, poiché detti terreni non possono essere soggetti a questo tipo di fenomeno.

L'accelerazione utilizzata per il calcolo del Cyclic Stress Ratio (CSR) è quella ricavata dalla mappa di pericolosità sismica dell'INGV per lo SLV, e corrispondente a 0.141g, moltiplicata per il fattore di amplificazioni stratigrafico funzione della categoria sismica del terreno, mentre la magnitudo del sisma di progetto impiegata nel Magnitudo Scaling Factor (MSF) è 6.14, corrispondente alla magnitudo del terremoto più intenso vicino all'area di indagine.

L'indice di liquefazione I_L del terreno (Iwasaki 1982) è risultato, per la verticale indagata:

SCPTU 1 = 1.316 (rischio BASSO)

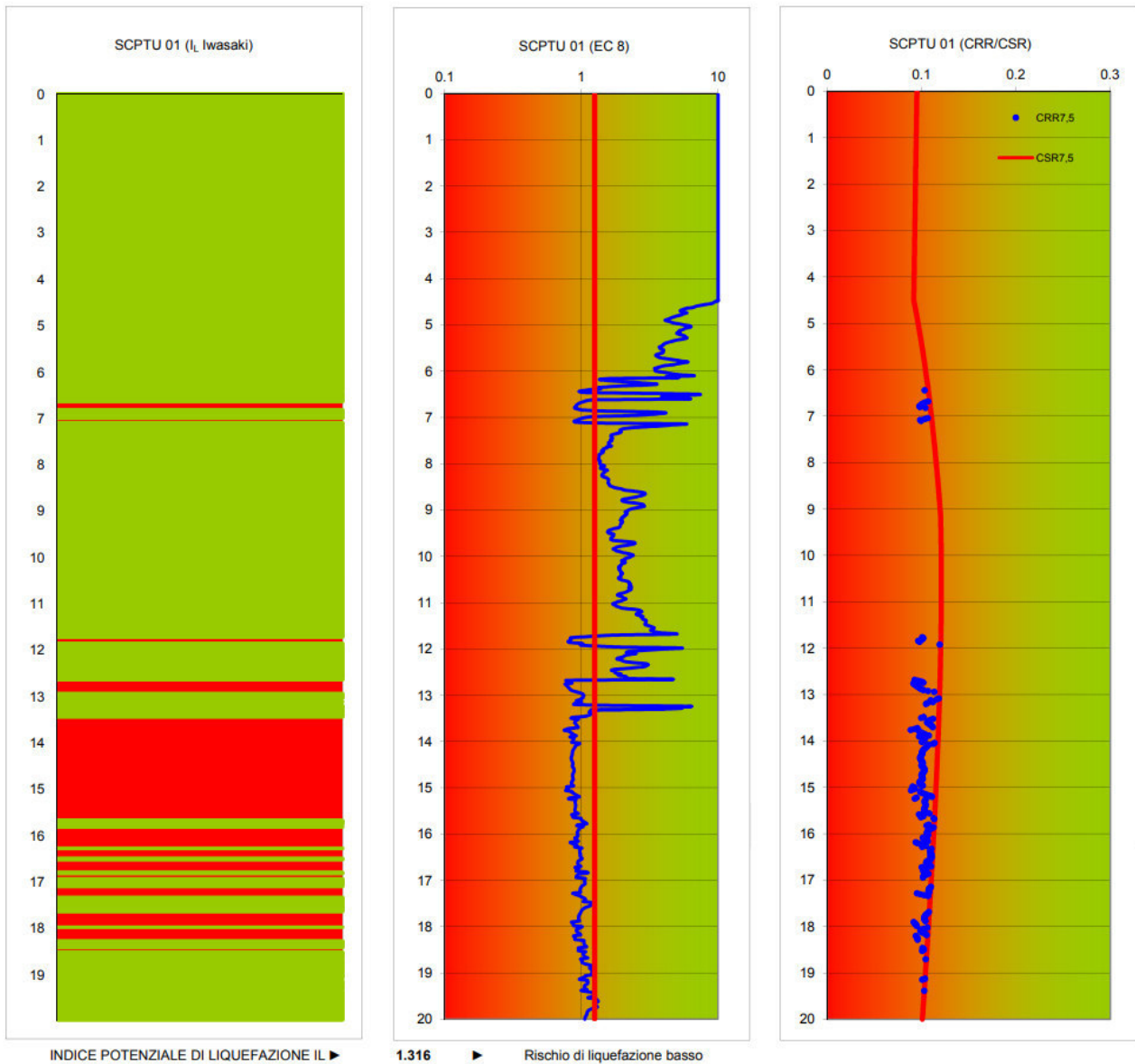
SCPTU 2 = 0.752 (rischio BASSO)

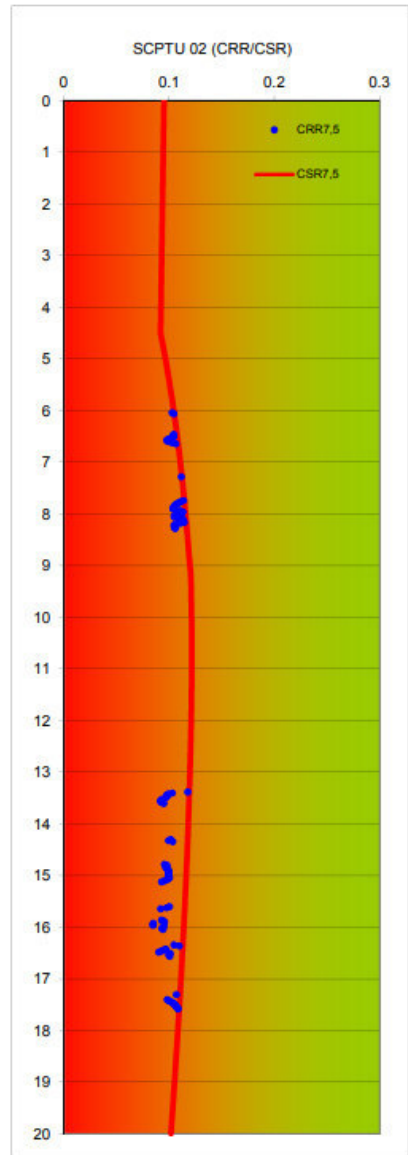
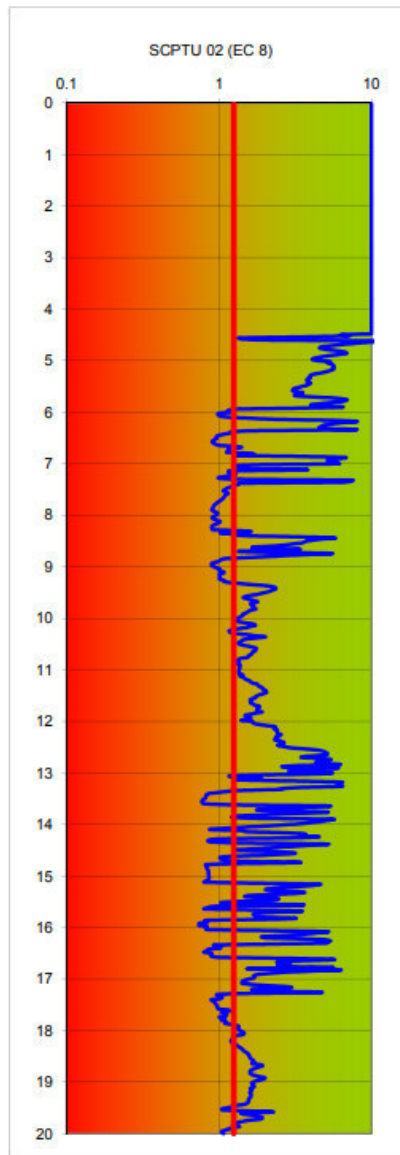
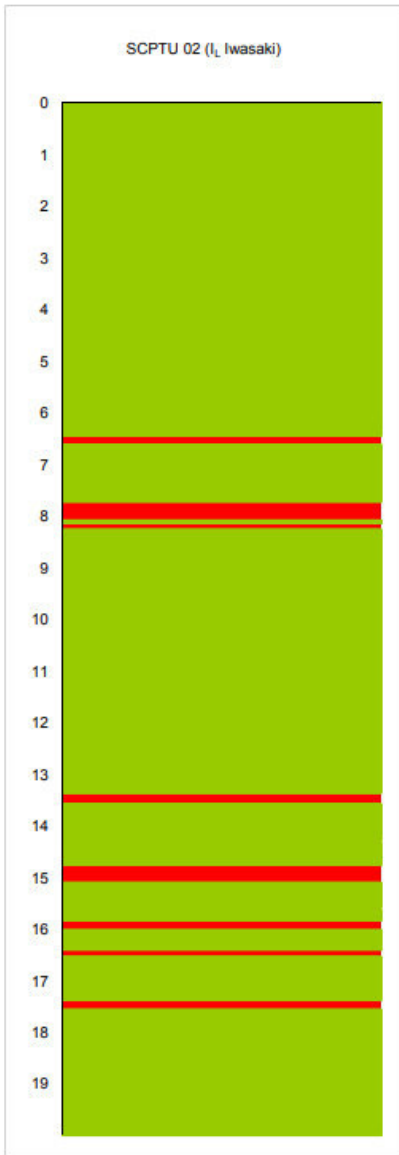
Gli orizzonti in cui FL (fattore di sicurezza alla liquefazione) è inferiore all'unità sono contraddistinti dal colore rosso, e come si può notare nel primo elaborato grafico (colonna di sinistra) sono presenti solo rari e relativamente profondi livelli di terreni sabbiosi potenzialmente liquefacibili.

Il secondo grafico mostra l'andamento del fattore di sicurezza confrontato con la soglia di attenzione di 1.25 indicata dall'Eurocodice 8, e conferma le indicazioni già espresse.

Per le verifiche alle azioni sismiche previste dalla normativa, ed alle condizioni del sito al momento dell'esecuzione delle indagini (in particolare la posizione relativamente profonda della falda freatica), il sito non presenta rischi di manifestazione di fenomeni di liquefazione in caso di terremoto. Pertanto non si ritengono necessari interventi di mitigazione del rischio di liquefazione dei terreni in caso di terremoto.

ANDAMENTO DI F_L PER TERREMOTI DI MAGNITUDO 6.14





13 ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1	Prove penetrometriche
ALLEGATO 2	Sondaggi stratigrafici
ALLEGATO 3	Prove di laboratorio geotecnico
ALLEGATO 4	Prospezione geofisica
ALLEGATO 5	Analisi chimiche

Commessa 18673 - 18

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E
LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO

ALLEGATO 1

PROVE PENETROMETRICHE

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara
CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.): 4.50 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA: 30/05/19 PREFORO (m da p.c.): 0.60 LAT. (WGS 84): 44.877624° LONG. (WGS 84): 11.601771°
COMMESSA: 18673/18 C. SITO N°: SF190283 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato

Table with 15 columns: prof. m, qc Mpa, fs kPa, U kPa, incl. gradi. It contains a large grid of numerical data representing measurements across various points.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

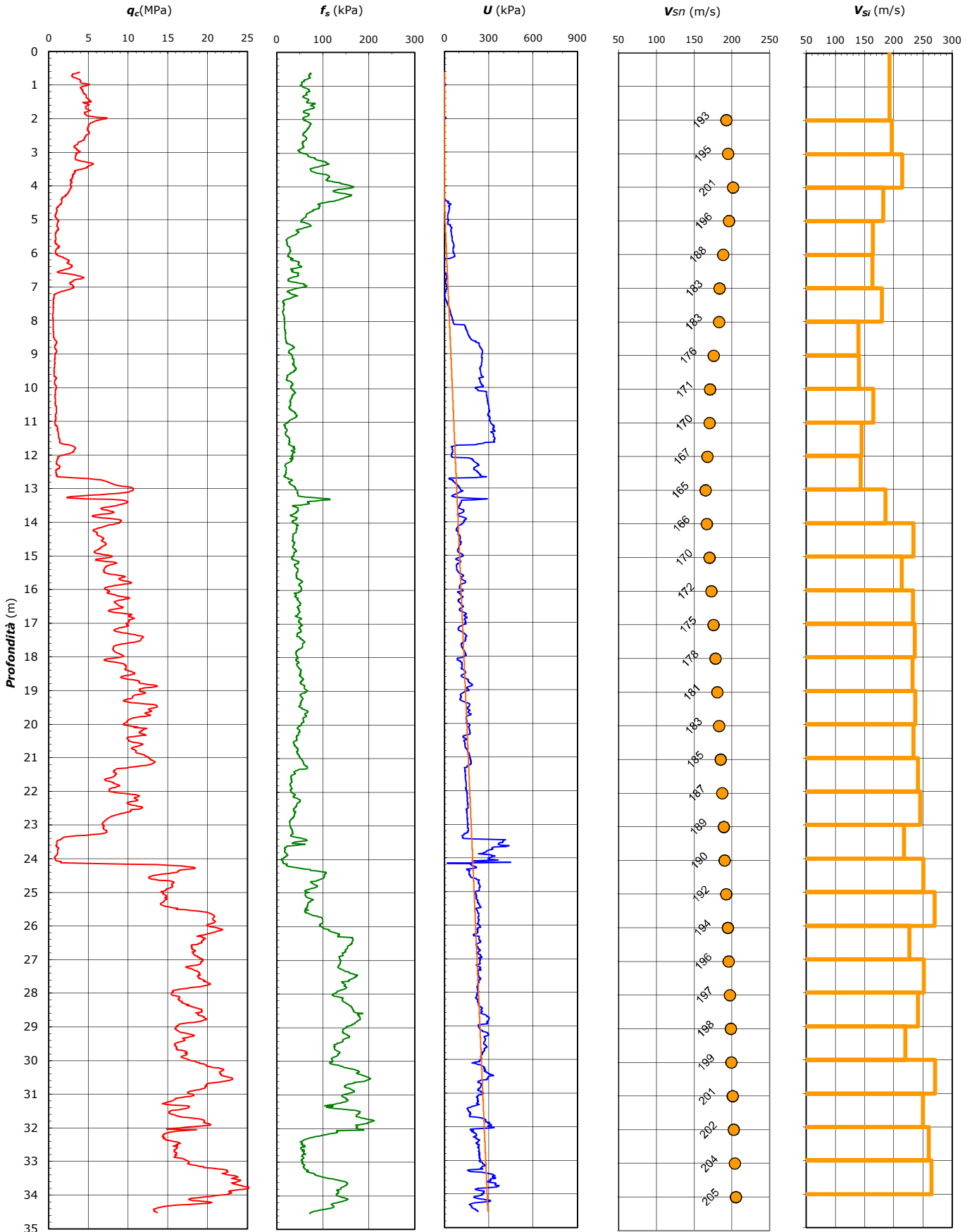
SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Valledunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.): 4.50 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA: 30/05/19 PREFORO (m da p.c.): 0.60 LAT. (WGS 84): 44.877624° LONG. (WGS 84): 11.601771°
COMMESSA: 18673/18 C. SITO N°: SF190283 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it

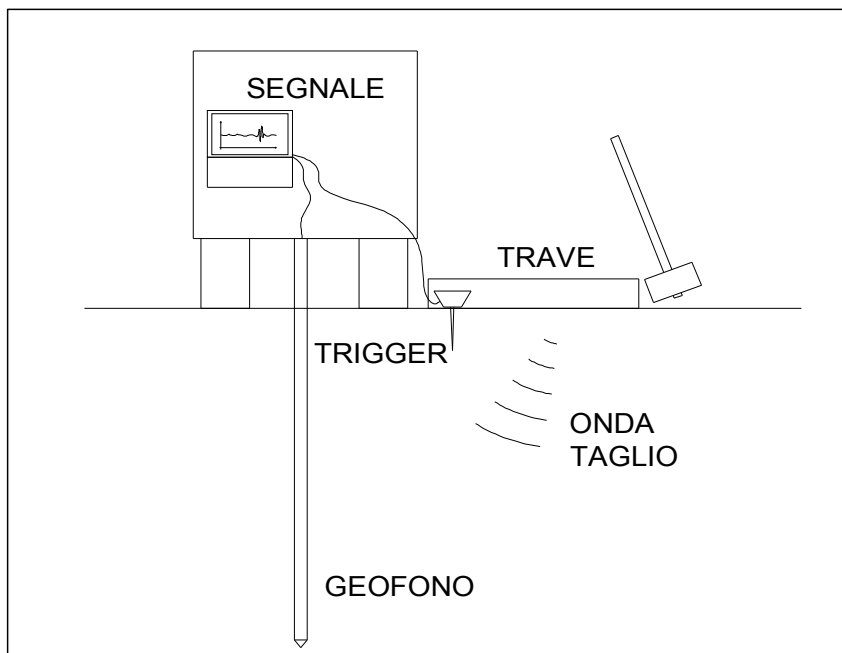


COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Valledunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.): 4.50 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA: 30/05/19 PREFORO (m da p.c.): 0.60 LAT. (WGS 84): 44.877624° LONG. (WGS 84): 11.601771°
COMMESSA: 18673/18 C. SITO N°: SF190283 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato

Prova Down Hole ASTM D 7400



Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.41	-	-
2.0	4.27	2.24	193	193
3.0	8.98	3.16	195	197
4.0	13.46	4.12	201	215
5.0	18.81	5.10	196	182
6.0	24.79	6.08	188	164
7.0	30.85	7.07	183	163
8.0	36.36	8.06	183	180
9.0	43.47	9.06	176	140
10.0	50.57	10.05	171	140
11.0	56.60	11.05	170	165
12.0	63.47	12.04	167	145
13.0	70.44	13.04	165	143
14.0	75.81	14.04	166	186
15.0	80.08	15.03	170	234
16.0	84.75	16.03	172	214
17.0	89.03	17.03	175	233
18.0	93.26	18.03	178	236
19.0	97.56	19.03	181	232
20.0	101.78	20.02	183	237
21.0	106.06	21.02	185	234
22.0	110.19	22.02	187	242
23.0	114.27	23.02	189	245
24.0	118.86	24.02	190	217
25.0	122.84	25.02	192	251
26.0	126.54	26.02	194	270
27.0	130.95	27.02	196	227
28.0	134.93	28.02	197	251
29.0	139.07	29.02	198	241
30.0	143.61	30.02	199	220
31.0	147.30	31.02	201	271
32.0	151.30	32.02	202	250
33.0	155.14	33.02	204	260
34.0	158.91	34.01	205	265
35.0				

CATEGORIA SOTTOSUOLO
C
V_{s,30} = 201 m/s

- D = Distanza centro trave generatrice ond = 1.00 m
 Profondità = Profondità punta da piano campagna
 Ts = Tempo percorrenza onda di taglio
 L = Lunghezza percorso onda di taglio
 Vs = Velocità onde di taglio da piano campagna alla profondità indicata
 Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.): 4.50 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]

DATA: 30/05/19 PREFORO (m da p.c.): 0.60 LAT. (WGS 84): 44.877624° LONG. (WGS 84): 11.601771°

COMMESSA: 18673/18 C. SITO N°: SF190283 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato

UBICAZIONE

Località: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 5.30

PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]

DATA: 30/05/19

PREFORO (m da p.c.):

LAT. (WGS 84): 44.878214°

LONG. (WGS 84): 11.601300°

COMMESSA: 18673/18

C. SITO N°: SF190284 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
12.00	0.58	42.00	193.33	2.17	12.02	0.81	23.33	311.33	2.74	14.02	1.31	35.96	14.67	3.29	16.02	4.53	30.40	7.33	3.89	18.02	14.57	50.44	117.33	4.37	18.04	0.58	39.33	195.33	2.18	18.06	0.58	39.33	195.33	2.18	18.08	0.65	34.67	197.33	2.18	18.10	0.70	33.00	196.67	2.19	18.12	0.74	32.33	195.33	2.20	18.14	0.75	33.33	190.00	2.20	18.16	0.71	34.11	181.33	2.21	18.18	0.69	35.33	174.00	2.21	18.20	0.64	37.22	172.67	2.22	18.22	0.59	36.55	174.67	2.23	18.24	0.57	34.66	175.33	2.23	18.26	0.57	33.55	178.67	2.24	18.28	0.58	32.88	182.67	2.24	18.30	0.62	31.99	191.33	2.25	18.32	0.70	28.66	195.33	2.26	18.34	0.76	27.22	196.00	2.26	18.36	0.86	27.78	198.67	2.27	18.38	0.77	29.11	196.00	2.28	18.40	0.69	30.44	228.67	2.28	18.42	0.66	31.11	230.00	2.29	18.44	0.65	31.44	231.33	2.30	18.46	0.63	33.22	232.67	2.30	18.48	0.62	34.55	234.00	2.31	18.50	0.63	35.33	236.67	2.31	18.52	0.66	34.77	239.33	2.32	18.54	0.70	33.33	242.67	2.33	18.56	0.74	34.11	244.67	2.34	18.58	0.77	35.77	247.33	2.34	18.60	0.77	37.21	250.00	2.35	18.62	0.77	36.99	251.33	2.35	18.64	0.76	37.44	248.67	2.36	18.66	0.75	39.10	237.33	2.36	18.68	0.75	41.33	237.33	2.37	18.70	0.74	43.33	246.67	2.37	18.72	0.72	42.55	252.00	2.38	18.74	0.72	41.55	254.67	2.39	18.76	0.71	40.88	252.67	2.39	18.78	0.65	41.21	254.00	2.40	18.80	0.64	39.77	254.67	2.40	18.82	0.63	38.32	257.33	2.41	18.84	0.63	36.99	260.00	2.41	18.86	0.64	36.43	261.33	2.42	18.88	0.63	36.88	262.67	2.43	18.90	0.65	36.43	265.33	2.43	18.92	0.65	35.43	266.00	2.43	18.94	0.65	35.21	266.67	2.44	18.96	0.65	33.77	265.33	2.44	18.98	0.65	34.10	262.67	2.45	19.00	0.65	35.99	286.67	2.46	19.02	0.65	35.78	284.67	2.47	19.04	0.65	35.77	284.00	2.47	19.06	0.65	35.22	286.67	2.48	19.08	0.66	34.44	288.00	2.48	19.10	0.68	33.44	286.67	2.49	19.12	0.66	32.67	288.00	2.49	19.14	0.68	32.22	292.67	2.49	19.16	0.69	31.56	296.00	2.50	19.18	0.70	30.77	298.67	2.51	19.20	0.72	30.33	299.33	2.51	19.22	0.74	30.55	299.33	2.52	19.24	0.75	30.99	299.33	2.53	19.26	0.77	30.77	296.00	2.53	19.28	0.82	32.22	296.67	2.54	19.30	0.83	33.44	291.33	2.54	19.32	0.84	34.55	296.67	2.55	19.34	0.87	35.88	291.33	2.56	19.36	0.88	37.66	288.00	2.56	19.38	0.89	39.55	288.00	2.56	19.40	0.92	41.77	284.00	2.57	19.42	0.93	44.33	280.67	2.58	19.44	0.94	46.44	262.00	2.58	19.46	0.92	49.33	241.33	2.58	19.48	0.89	51.99	239.33	2.59	19.50	0.87	54.66	214.67	2.59	19.52	0.86	57.10	213.33	2.60	19.54	0.86	58.55	219.33	2.61	19.56	0.83	58.77	229.33	2.61	19.58	0.80	59.66	238.00	2.62	19.60	0.80	58.33	243.33	2.62	19.62	0.81	56.10	245.33	2.63	19.64	0.80	54.32	248.00	2.63	19.66	0.82	49.99	250.00	2.63	19.68	0.83	46.32	252.67	2.64	19.70	0.88	42.99	255.33	2.65	19.72	0.89	41.43	258.00	2.65	19.74	0.88	39.76	256.00	2.65	19.76	0.87	39.99	254.00	2.66	19.78	0.87	39.10	259.33	2.67	19.80	0.89	36.99	262.00	2.67	19.82	0.92	36.32	259.33	2.68	19.84	0.85	38.21	252.67	2.68	19.86	0.81	38.32	254.67	2.69	19.88	0.76	37.87	263.33	2.70	19.90	0.77	37.46	272.00	2.70	19.92	0.79	33.32	278.00	2.70	19.94	0.80	31.76	277.33	2.71	19.96	0.76	30.32	284.00	2.71	19.98	0.72	28.87	290.67	2.72	20.00	0.81	24.89	305.33	2.73	12.00	0.81	24.89	305.33	2.73

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it

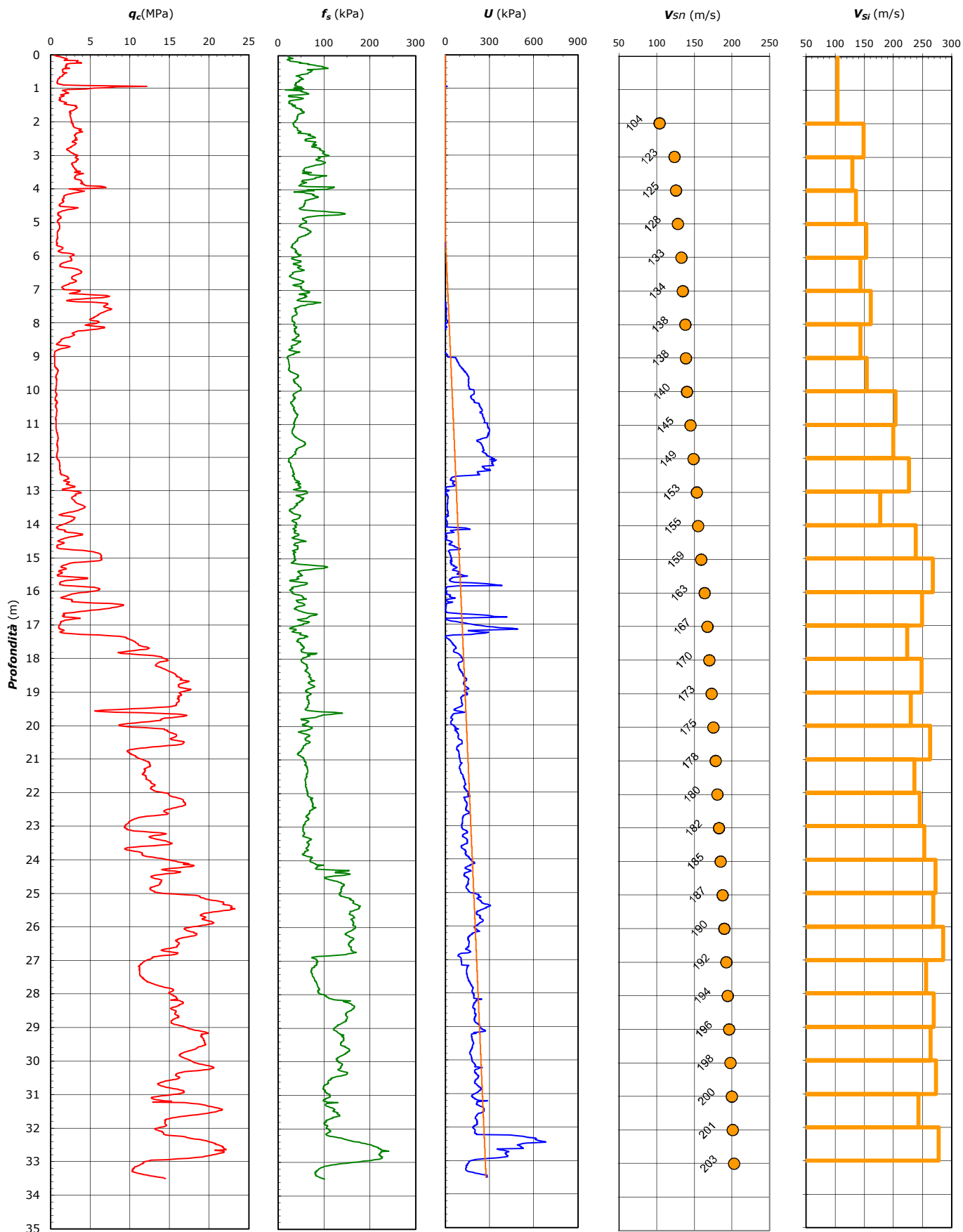


SOCOTEC

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 5.30 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
 DATA: 30/05/19 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.878214° LONG. (WGS 84): 11.601300°
 COMMESSA: 18673/18 C. SITO N°: SF190284 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it

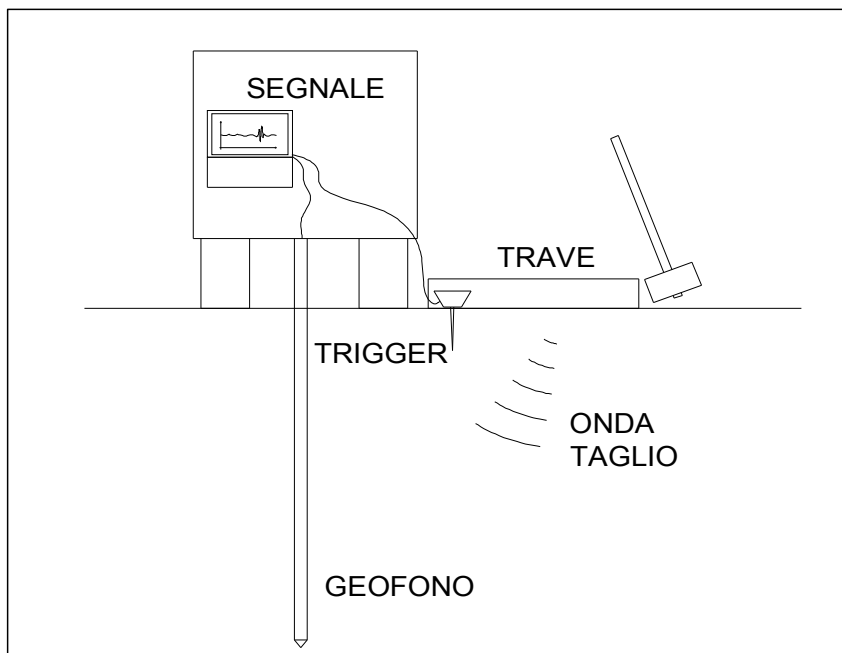


COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Valledunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 5.30 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA: 30/05/19 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.878214° LONG. (WGS 84): 11.601300°
COMMESSA: 18673/18 C. SITO N°: SF190284 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato

Prova Down Hole ASTM D 7400



Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.41	-	-
2.0	7.93	2.24	104	104
3.0	14.17	3.16	123	148
4.0	21.62	4.12	125	129
5.0	28.82	5.10	128	135
6.0	35.23	6.08	133	153
7.0	42.11	7.07	134	144
8.0	48.25	8.06	138	161
9.0	55.19	9.06	138	143
10.0	61.65	10.05	140	154
11.0	66.54	11.05	145	204
12.0	71.52	12.04	149	200
13.0	75.92	13.04	153	227
14.0	81.54	14.04	155	177
15.0	85.72	15.03	159	238
16.0	89.45	16.03	163	268
17.0	93.46	17.03	167	249
18.0	97.93	18.03	170	223
19.0	101.95	19.03	173	248
20.0	106.30	20.02	175	230
21.0	110.09	21.02	178	263
22.0	114.32	22.02	180	236
23.0	118.40	23.02	182	245
24.0	122.35	24.02	185	253
25.0	126.02	25.02	187	272
26.0	129.74	26.02	190	268
27.0	133.24	27.02	192	286
28.0	137.15	28.02	194	256
29.0	140.86	29.02	196	269
30.0	144.64	30.02	198	264
31.0	148.31	31.02	200	273
32.0	152.42	32.02	201	243
33.0	156.02	33.02	203	278
34.0				
35.0				

CATEGORIA SOTTOSUOLO
C
V_{s,30} = 200 m/s

- D = Distanza centro trave generatrice ond = 1.00 m
 Profondità = Profondità punta da piano campagna
 Ts = Tempo percorrenza onda di taglio
 L = Lunghezza percorso onda di taglio
 Vs = Velocità onde di taglio da piano campagna alla profondità indicata
 Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PROVA N°: SCPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 5.30 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA: 30/05/19 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.878214° LONG. (WGS 84): 11.601300°
COMMESSA: 18673/18 C. SITO N°: SF190284 del 05/06/19 OPERATORE: L. Zanirato

UBICAZIONE

Località: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara



Commessa 18673 - 18

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E
LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO

ALLEGATO 2

SONDAGGI GEOGNOSTICI

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF190295 del 18/06/19

ESECUZIONE: 10-12/06/19 OPERATORE: BIASIOLI

COMMESSA: 18673/18 RESPONSABILE: FRENO

PROFONDITA': 30.00 m

RIVESTIMENTO: 27.00 m

QUOTA: p.c.

Indisturbato

Rimaneggiato

Ambientale

S S.P.T

L Lefranc

V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.			
	0.10		Conglomerato bituminoso											
1	1.50		Ripporto costituito da ghiaia in matrice sabbiosa limosa con frammenti di laterizi e livelli di matrice argillosa											
2	2.00		Ghiaia fine con sabbia limosa marrone											
	2.70		Limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso marrone											
3														
4													4.00	
5			Limo con sabbia debolmente argilloso da marrone a grigio poco consistente							SPT1 4.50-4.95m 2-2-4				
6														
7														
8	8.00				Sh1	7.50								
9						8.00								
10			Argilla limosa di colore grigio poco consistente con frequenti livelli torbosi		Sh2	9.00	<50							
11						9.50	<50							
12	11.50													
13			Sabbia medio-fine limosa argillosa di colore grigio scuro con resti organici		Sh3									
14														
15	15.00									SPT2 15.00-15.45m 12-14-20				
16														
17														
18										SPT3 18.00-18.45m 10-10-11				
19														
20														
21										SPT4 21.00-21.45m 10-12-16				
22			Sabbia medio-fine limosa di colore grigio con sporadici resti organici											
23														
24										SPT5 24.00-24.45m 18-22-23				
25														
26														
27										SPT6 27.00-27.45m 24-40-41				
28														
29														
30	30.00		FINE SONDAGGIO											

Carotaggio continuo mediante carotiere semplice ø 101 mm

Foro non attrezzato

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF190295 del 18/06/19

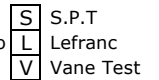
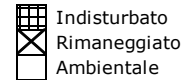
ESECUZIONE: 10-12/06/19 OPERATORE: BIASIOLI

COMMESSA: 18673/18 RESPONSABILE: FRENO

PROFONDITA': 30.00 m

RIVESTIMENTO: 27.00 m

QUOTA: p.c.



UBICAZIONE

LOCALITA': Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara
SONDAGGIO: S1

UBICAZIONE: Lat.: 44.8778°
Long.: 11.6014°



Ubicazione sondaggio



Cassetta 1: da 0.00 a 5.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

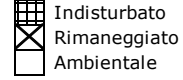
CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF190295 del 18/06/19 PROFONDITA': 30.00 m

ESECUZIONE: 10-12/06/19 OPERATORE: BIASIOLI RIVESTIMENTO: 27.00 m

COMMESSA: 18673/18 RESPONSABILE: FRENO QUOTA: p.c.

Indisturbato
Rimaneggiato
Ambientale



S S.P.T
L Lefranc
V Vane Test



Cassetta 2: da 5.00 a 10.00 m da p.c.



Cassetta 3: da 10.00 a 15.00 m da p.c.



Cassetta 4: da 15.00 a 20.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF190295 del 18/06/19 PROFONDITA': 30.00 m

ESECUZIONE: 10-12/06/19 OPERATORE: BIASIOLI RIVESTIMENTO: 27.00 m

COMMESSA: 18673/18 RESPONSABILE: FRENO QUOTA: p.c.

PROFONDITA': 30.00 m

RIVESTIMENTO: 27.00 m

QUOTA: p.c.

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

S.P.T
 Lefranc
 Vane Test



Cassetta 5: da 20.00 a 25.00 m da p.c.



Cassetta 6: da 25.00 a 30.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S2 C. SITO N°: SF190296 del 18/06/19

ESECUZIONE: 10-12/06/19 OPERATORE: BIASIOLI

COMMESSA: 18673/18 RESPONSABILE: FRENO

PROFONDITA': 30.00 m

RIVESTIMENTO: 27.00 m

QUOTA: p.c.

Indisturbato

Rimaneggiato

Ambientale

S.P.T

Lefranc

Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.			
	0.20		Conglomerato bituminoso e sottofondo											
1			Sabbia limosa argillosa di colore marrone con resti organici e sporadica ghiaia											
2														
3														
4														
5														
	5.90		Ghiaia e frammenti di laterizi con argilla sabbiosa limosa grigia; trovante a 5.90m											
6	6.30													
7			Sabbia con limo debolmente argillosa di colore marrone											
8														
9	8.30													
			Sabbia medio-grossa limosa di colore grigio con livelli organici				8.50							
10	10.20						9.00							
11			Argilla limosa di colore grigio con livelli di torba											
12														
			Sabbia fine limosa argillosa di colore grigio con resti organici											
13	12.80													
14	13.90													
15			Sabbia medio-fine limosa a tratti debolmente argillosa di colore grigio con resti conchigliari e organici											
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30	30.00		FINE SONDAGGIO											

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S2

ESECUZIONE: 10-12/06/19

COMMESSA: 18673/18

C. SITO N°: SF190296 del 18/06/19

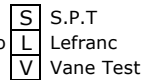
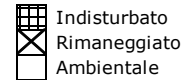
OPERATORE: BIASIOLI

RESPONSABILE: FRENO

PROFONDITA': 30.00 m

RIVESTIMENTO: 27.00 m

QUOTA: p.c.



UBICAZIONE

LOCALITA': Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara
SONDAGGIO: S2

UBICAZIONE: Lat.: 44.8780°
Long.: 11.6019°



Ubicazione sondaggio



Cassetta 1: da 0.00 a 5.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S2 C. SITO N°: SF190296 del 18/06/19 PROFONDITA': 30.00 m

ESECUZIONE: 10-12/06/19 OPERATORE: BIASIOLI RIVESTIMENTO: 27.00 m

COMMESSA: 18673/18 RESPONSABILE: FRENO QUOTA: p.c.

PROFONDITA': 30.00 m
RIVESTIMENTO: 27.00 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

S.P.T
 Lefranc
 Vane Test



Cassetta 2: da 5.00 a 10.00 m da p.c.



Cassetta 3: da 10.00 a 15.00 m da p.c.



Cassetta 4: da 15.00 a 20.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

PERFORAZIONE: S2 C. SITO N°: SF190296 del 18/06/19 PROFONDITA': 30.00 m

ESECUZIONE: 10-12/06/19 OPERATORE: BIASIOLI RIVESTIMENTO: 27.00 m

COMMESSA: 18673/18 RESPONSABILE: FRENO QUOTA: p.c.

PROFONDITA': 30.00 m

RIVESTIMENTO: 27.00 m

QUOTA: p.c.

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

S.P.T
 Lefranc
 Vane Test



Cassetta 5: da 20.00 a 25.00 m da p.c.



Cassetta 6: da 25.00 a 30.00 m da p.c.

Commessa 18673 - 18

**REGIONE EMILIA-ROMAGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E
LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO**

ALLEGATO 3

LABORATORIO GEOTECNICO

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it




Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**
CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**
CAMPIONE: **S1SH1 m 7.50 - 8.00**
COMMESSA: 18673/18
VERBALE ACC.: VGF185/19
DATA CONSEGNA: 12/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 7.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 32 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	-	-	DESCRIZIONE: Limo con sabbia grigio
	-	-	W naturale (%) 29.1 γ naturale (Mg/m ³) 1.95 γ secco (Mg/m ³) 1.51 γ immerso (Mg/m ³) 0.95 porosità (%) 44 indice dei vuoti 0.79 grado di saturazione (%) 100 massa specifica (Mg/m ³) 2.694
	-	-	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale SI Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto SI Peso di Volume SI Espansione L.L. - Peso Specifico SI Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
8.00 basso			NOTE: -

Io Sperimentatore
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S1SH1 m 7.50 - 8.00**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903011 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con sabbia grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	139.81	2.18
TERRA UMIDA (g)	433.97	125.62
TERRA ESSICATA* (g)	367.73	97.84
UMDITA' DETERMINATA (%)	29.1	29.0

UMDITA' CALCOLATA (%)	=	29.1
-----------------------	---	-------------

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S1SH1 m 7.50 - 8.00**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903012 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con sabbia grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	42.99	42.99
ALTEZZA (cm)	2.01	2.01
DIAMETRO (cm)	5.99	5.99
MASSA LORDA (g)	153.29	153.00
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.95	1.94
MEDIA (Mg/m³)	=	1.95

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT**Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)****Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119**

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO
UNI EN ISO 17892-3**

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH1	m 7.50 - 8.00	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903013	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**Limo con sabbia grigio**

cod.bilancia 480

determinazione	1	2
picnometro n:	(pic. 001)	(pic. 002)
terra (g):	21.66	21.47
temperatura (°C):	23.0	23.0
picnometro + acqua (g):	147.50	147.50
picnometro + terra (g):	161.12	161.01
fattore K	0.9993	0.9993
Peso specifico determinato (Mg/m³):	2.692	2.695

Peso specifico calcolato (Mg/m³):	2.694
---	--------------

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH1	m 7.50 - 8.00	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903014	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

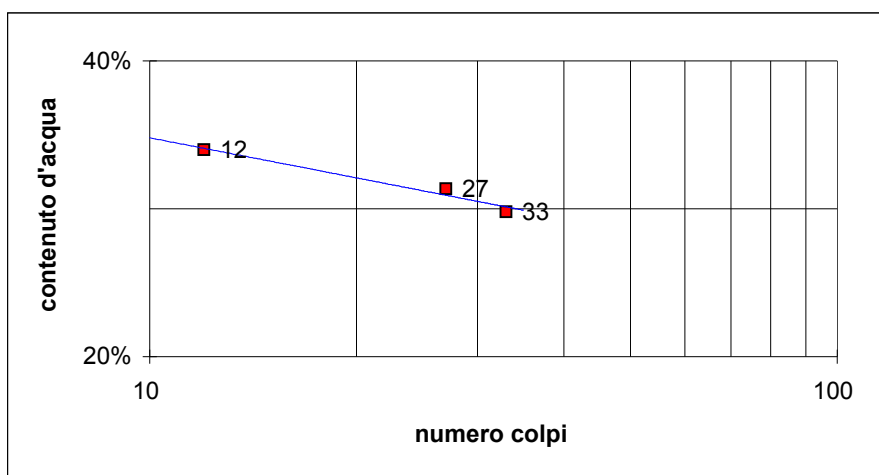
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con sabbia grigio

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	33	27	12			
massa umida+ tara (g)	22.51	24.05	25.51	12.98	13.13	433.97
massa secca+ tara (g)	17.85	18.85	19.59	11.01	11.16	367.73
acqua contenuta (g)	4.66	5.20	5.92	1.97	1.97	66.24
tara (g)	2.21	2.25	2.18	2.16	2.15	139.81
peso secco (g)	15.64	16.60	17.41	8.85	9.01	227.92
contenuto d'acqua	29.8%	31.3%	34.0%	22.3%	21.9%	29.1%

Umidità Naturale **Wn = 29%**
Limite Liquido **LL = 31%**
Limite Plastico **LP = 22%**
Indice Plastico **IP = 9%**



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 7.50 - 8.00		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903015	rev.00 del:	19/06/19

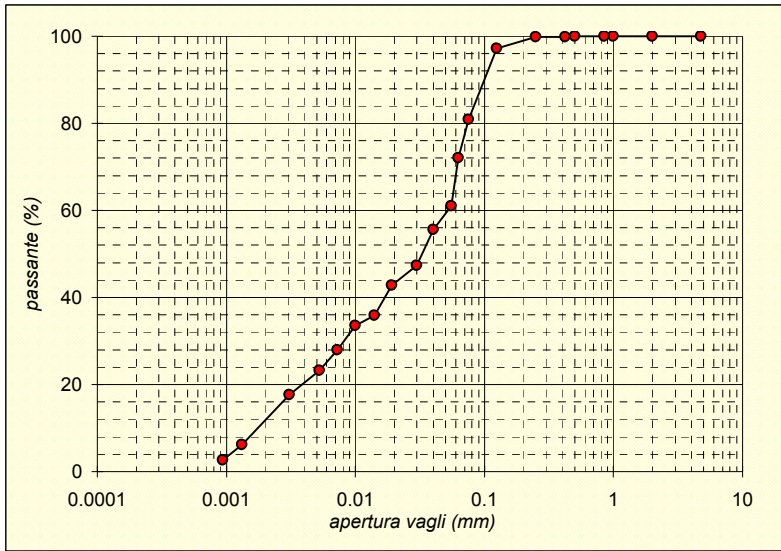
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con sabbia grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio 1	0.03	0.01	0.01	99.99
290	setaccio 0.85	0.04	0.02	0.03	99.97
291	setaccio 0.5	0.05	0.02	0.05	99.95
292	setaccio 0.425	0.06	0.03	0.08	99.92
293	setaccio 0.250	0.23	0.10	0.18	99.82
282	setaccio 0.125	6.06	2.66	2.84	97.16
283	setaccio 0.075	36.99	16.23	19.07	80.93
286	setaccio 0.063	20.15	8.84	27.91	72.09
-	calcolato 0.0552	25.12	11.02	38.93	61.07
-	calcolato 0.0403	12.63	5.54	44.47	55.53
-	calcolato 0.0297	18.68	8.19	52.66	47.34
-	calcolato 0.0192	10.43	4.58	57.24	42.76
-	calcolato 0.0140	15.65	6.87	64.11	35.89
-	calcolato 0.0100	5.22	2.29	66.40	33.60
-	calcolato 0.0073	13.04	5.72	72.12	27.88
-	calcolato 0.0052	10.43	4.58	76.70	23.30
-	calcolato 0.0031	13.04	5.72	82.42	17.58
-	calcolato 0.0013	26.09	11.45	93.87	6.13
-	calcolato 0.0009	7.83	3.43	97.30	2.70
-	fondo	6.15	2.70	100.00	0.00
TOTALE		227.92		φ max (mm) = 1.1	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	49.99	
t° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	30.0
21	60	27.6
21	120	24.0
21	300	22.0
21	600	19.0
21	1200	18.0
21	2400	15.5
21	4800	13.5
21	14400	11.0
21	86400	6.0
21	172800	4.5
Rapporti granulometrici		
USCS		
UNI		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	19.1%	27.9%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	69.2%	60.3%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	11.7%	11.7%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56111

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 0187243064:

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 009

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

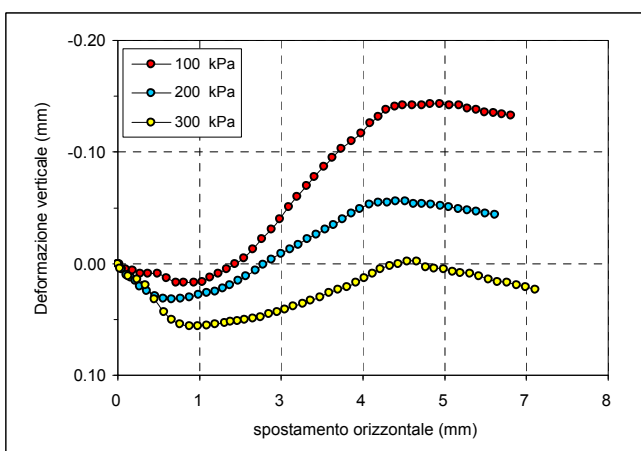
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH1 m 7.50 - 8.00		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903016	rev.00 del:	

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

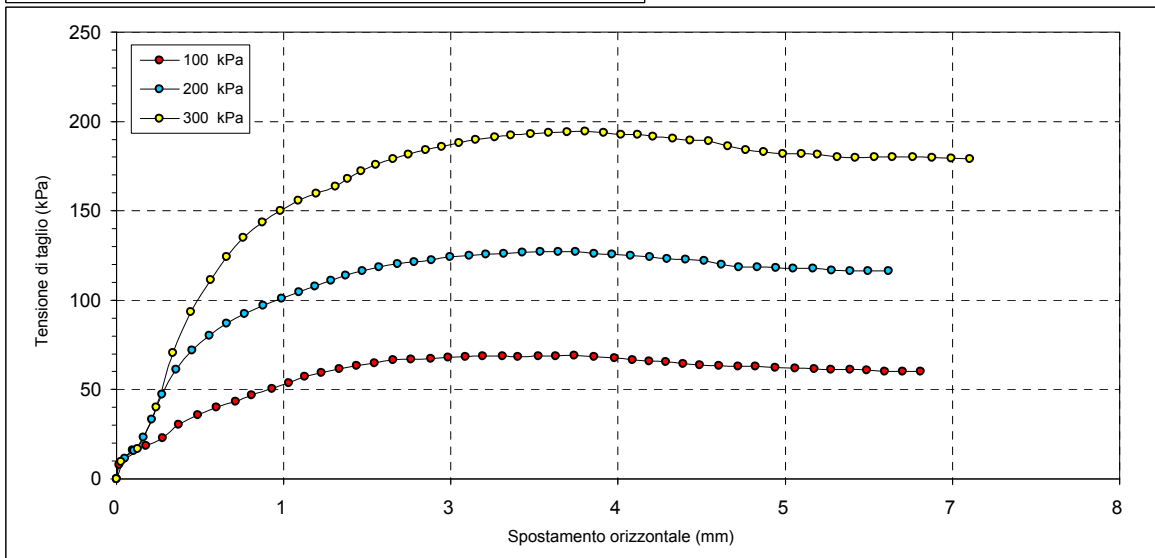
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA
Dimensioni provino:	φ x h = 60 x 20 mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo con sabbia grigio



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
σv (kPa)	100	200	300
W ini (%)	29.1	29.0	29.0
γ ini (Mg/m ³)	1.95	1.94	1.93
γd ini (Mg/m ³)	1.51	1.51	1.50
S ini (%)	100	99	98
W fin (%)	28.1	27.3	27.1
γ fin (Mg/m ³)	1.96	1.97	1.98
γd fin (Mg/m ³)	1.53	1.55	1.56
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m ³)	2.694		
H fine cons (mm)	19.785	19.709	19.596



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56111

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 0187243064:

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 009

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH1 m 7.50 - 8.00		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903016	rev.00 del:	

PROVINO 1 100 kPa			PROVINO 2 200 kPa			PROVINO 3 300 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.020	7.958	0.000	0.067	11.565	0.005	0.037	9.726	0.004
0.132	16.128	0.005	0.143	15.845	0.010	0.173	16.870	0.011
0.244	18.462	0.006	0.220	23.307	0.012	0.325	40.248	0.014
0.381	22.777	0.009	0.289	33.140	0.015	0.465	70.382	0.019
0.509	30.416	0.009	0.371	47.393	0.020	0.609	93.654	0.032
0.666	35.721	0.009	0.489	61.221	0.024	0.772	111.267	0.043
0.823	40.036	0.013	0.621	71.973	0.029	0.906	124.459	0.050
0.977	43.325	0.017	0.761	80.320	0.031	1.040	134.998	0.054
1.112	46.898	0.017	0.903	87.040	0.032	1.202	143.593	0.056
1.278	50.647	0.017	1.055	92.380	0.031	1.349	150.065	0.056
1.417	53.865	0.016	1.203	97.084	0.030	1.492	155.689	0.055
1.546	57.331	0.012	1.360	101.152	0.028	1.641	159.720	0.054
1.685	59.630	0.009	1.499	104.653	0.026	1.802	163.682	0.053
1.829	61.469	0.005	1.633	107.730	0.025	1.897	167.926	0.052
1.974	63.308	0.000	1.761	110.878	0.022	2.008	172.347	0.051
2.122	64.900	-0.005	1.884	113.919	0.019	2.133	175.813	0.050
2.271	66.456	-0.013	2.021	116.289	0.015	2.275	178.960	0.049
2.418	66.916	-0.022	2.158	118.482	0.011	2.399	181.613	0.048
2.586	67.446	-0.031	2.311	120.179	0.006	2.544	183.947	0.045
2.728	68.118	-0.040	2.445	121.523	0.001	2.675	185.822	0.043
2.870	68.472	-0.051	2.587	122.655	-0.004	2.814	188.050	0.041
3.009	68.755	-0.060	2.740	124.141	-0.009	2.953	189.783	0.038
3.171	68.790	-0.070	2.898	125.095	-0.013	3.111	191.198	0.036
3.301	68.472	-0.078	3.038	125.803	-0.017	3.242	192.223	0.033
3.466	68.613	-0.087	3.186	126.121	-0.022	3.406	193.072	0.030
3.608	68.790	-0.095	3.337	126.616	-0.026	3.550	193.638	0.026
3.762	68.967	-0.103	3.484	127.218	-0.031	3.704	194.239	0.023
3.928	68.401	-0.110	3.630	127.253	-0.035	3.852	194.558	0.021
4.093	67.517	-0.117	3.775	127.041	-0.040	4.003	193.709	0.017
4.243	66.456	-0.126	3.927	126.227	-0.045	4.148	192.789	0.013
4.379	65.890	-0.132	4.071	125.591	-0.049	4.284	192.754	0.009
4.514	65.395	-0.138	4.226	125.025	-0.053	4.411	191.657	0.005
4.658	64.617	-0.141	4.381	124.282	-0.055	4.572	190.561	0.002
4.795	63.803	-0.142	4.527	123.327	-0.055	4.716	189.429	0.000
4.952	63.308	-0.142	4.676	122.690	-0.056	4.866	188.970	-0.002
5.108	63.025	-0.142	4.829	122.125	-0.056	5.026	186.282	-0.002
5.254	62.919	-0.143	4.971	119.967	-0.054	5.175	184.266	0.003
5.413	62.247	-0.143	5.117	118.694	-0.054	5.321	182.886	0.004
5.578	62.000	-0.142	5.267	118.376	-0.053	5.476	182.108	0.005
5.734	61.752	-0.142	5.421	118.057	-0.052	5.628	181.825	0.007
5.874	61.257	-0.139	5.563	117.739	-0.051	5.760	181.755	0.008
6.030	61.363	-0.138	5.727	117.704	-0.049	5.923	180.304	0.009
6.168	60.868	-0.136	5.879	116.855	-0.048	6.072	179.951	0.011
6.316	60.196	-0.135	6.029	116.537	-0.047	6.231	180.234	0.014
6.462	60.196	-0.134	6.180	116.501	-0.045	6.378	180.092	0.016
6.608	60.196	-0.133	6.344	116.466	-0.044	6.546	180.269	0.017
						6.706	179.632	0.019
						6.860	179.279	0.021
						7.013	179.173	0.023

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo RomagnoliIo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT
Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56111

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 0187243064:
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 009
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH1 m 7.50 - 8.00		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903016	rev.00 del:	

Consolidazione Provino 1

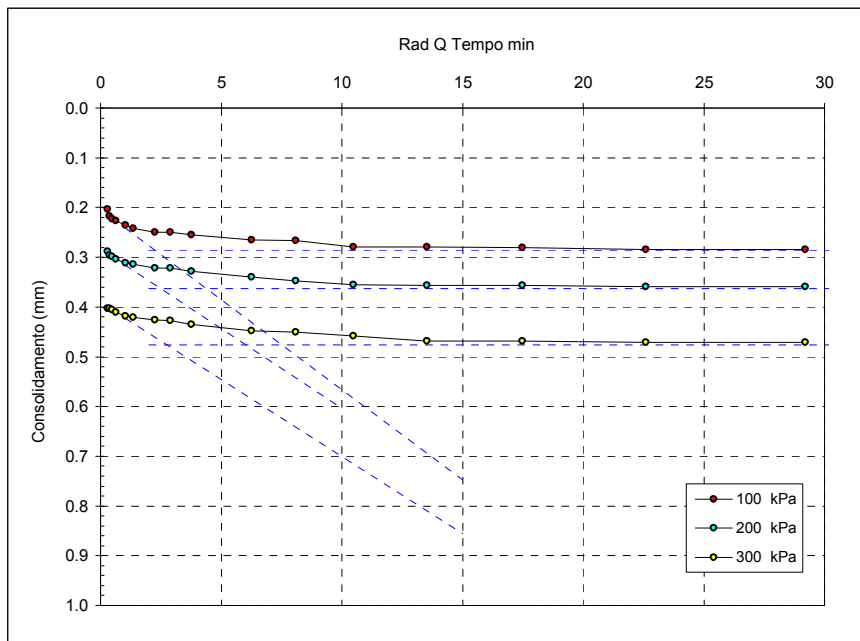
100 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.204
0.14	0.218
0.23	0.223
0.39	0.227
1.08	0.235
1.81	0.242
5.05	0.249
8.44	0.250
14.09	0.255
39.29	0.265
65.61	0.267
109.58	0.279
182.98	0.280
305.58	0.281
510.33	0.284
852.27	0.284

Consolidazione Provino 2

200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.289
0.14	0.295
0.23	0.299
0.39	0.303
1.08	0.311
1.81	0.314
5.05	0.322
8.44	0.322
14.09	0.329
39.29	0.340
65.61	0.348
109.58	0.356
182.98	0.356
305.58	0.356
510.33	0.359
852.27	0.359

Consolidazione Provino 3

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.403
0.14	0.403
0.23	0.406
0.39	0.411
1.08	0.419
1.81	0.421
5.05	0.427
8.44	0.427
14.09	0.436
39.29	0.448
65.61	0.450
109.58	0.458
182.98	0.468
305.58	0.468
510.33	0.471
852.27	0.471



t_{100} min
 (Bishop ed Henkel)
 Provino 1
 5.0
 Provino 2
 6.1
 Provino 3
 7.5

Il Direttore del Laboratorio terre:
 dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
 dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



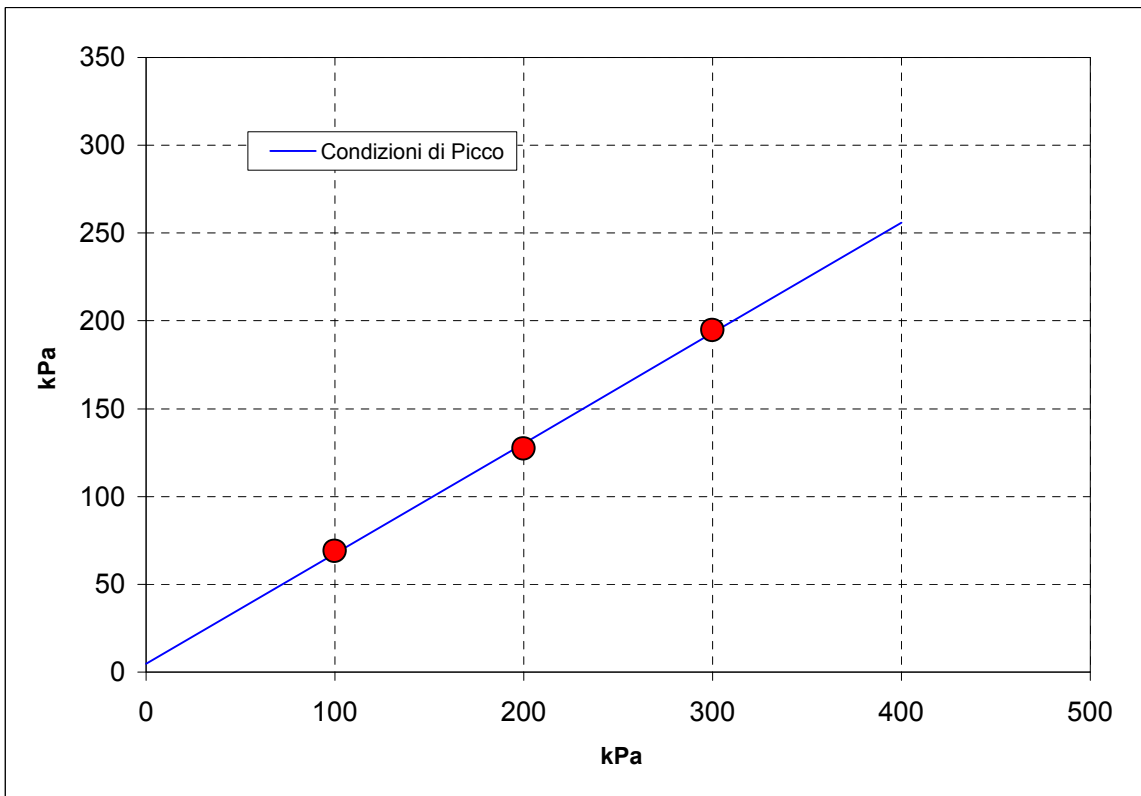
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH1		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19

Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Tensione di taglio (kPa)	68.97	127.25	194.56
Condizioni di Picco	Coesione:	4.67 kPa	Angolo di attrito: 32°



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara
CAMPIONE:	S1SH2 m 9.00 - 9.50
COMMESSA:	18673/18
VERBALE ACC.:	VGf185/19
DATA CONSEGNA:	12/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 9.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 25 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1																																			
	30	-	DESCRIZIONE: 0 - 4 limo argilloso grigio - 4-12 limo argilloso debolmente sabbioso con sostanza organica - 12 - 26 limo con argilla grigio																																			
	90	-	<table border="0"> <tr> <td>W naturale (%)</td> <td>44.2</td> </tr> <tr> <td>γ naturale (Mg/m³)</td> <td>1.71</td> </tr> <tr> <td>γ secco (Mg/m³)</td> <td>1.19</td> </tr> <tr> <td>γ immerso (Mg/m³)</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>porosità (%)</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>indice dei vuoti</td> <td>1.26</td> </tr> <tr> <td>grado di saturazione (%)</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>massa specifica (Mg/m³)</td> <td>2.691</td> </tr> </table>	W naturale (%)	44.2	γ naturale (Mg/m ³)	1.71	γ secco (Mg/m ³)	1.19	γ immerso (Mg/m ³)	0.75	porosità (%)	56	indice dei vuoti	1.26	grado di saturazione (%)	94	massa specifica (Mg/m ³)	2.691																			
	W naturale (%)	44.2																																				
γ naturale (Mg/m ³)	1.71																																					
γ secco (Mg/m ³)	1.19																																					
γ immerso (Mg/m ³)	0.75																																					
porosità (%)	56																																					
indice dei vuoti	1.26																																					
grado di saturazione (%)	94																																					
massa specifica (Mg/m ³)	2.691																																					
110	-	<table border="0"> <tr> <td colspan="4">PROVE ESEGUITE</td> </tr> <tr> <td>Umidità Naturale</td> <td>SI</td> <td>Trassiale UU</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>Limiti Atterberg</td> <td>SI</td> <td>Trassiale CIU</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Gran. Setacciatura</td> <td>SI</td> <td>Edometria</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Gran. Sedimentazione</td> <td>-</td> <td>Taglio Diretto</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso di Volume</td> <td>SI</td> <td>Espansione L.L.</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso Specifico</td> <td>-</td> <td>Trassiale Cicl. + C.M.</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Analisi Chimica</td> <td>-</td> <td>Colonna Risonante</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Taglio Torsionale Cicl.</td> <td>-</td> </tr> </table>	PROVE ESEGUITE				Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	SI	Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-	Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-	Gran. Sedimentazione	-	Taglio Diretto	-	Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-	Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-	Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-			Taglio Torsionale Cicl.	-
PROVE ESEGUITE																																						
Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	SI																																			
Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-																																			
Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-																																			
Gran. Sedimentazione	-	Taglio Diretto	-																																			
Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-																																			
Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-																																			
Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-																																			
		Taglio Torsionale Cicl.	-																																			
NOTE: -																																						
9.50 basso																																						

Io Sperimentatore
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S1SH2 m 9.00 - 9.50**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903017 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

limo con argilla grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	2.18	2.24
TERRA UMIDA (g)	119.97	103.12
TERRA ESSICATA* (g)	83.65	72.43
UMDITA' DETERMINATA (%)	44.6	43.7

UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	44.2
------------------------	---	-------------

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S1SH2 m 9.00 - 9.50**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903018 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

limo con argilla grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	137.10	136.85
ALTEZZA (cm)	7.64	7.63
DIAMETRO (cm)	3.84	3.84
MASSA LORDA (g)	288.47	287.54
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.72	1.71
MEDIA (Mg/m³)	=	1.71

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT**Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)****Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119**

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO
UNI EN ISO 17892-3**

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH2	m 9.00 - 9.50	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903019	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**limo con argilla grigio**

cod.bilancia 480

determinazione	1	2
picnometro n:	(pic. 001)	(pic. 002)
terra (g):	21.64	19.20
temperatura (°C):	22.0	22.0
picnometro + acqua (g):	149.16	149.16
picnometro + terra (g):	162.76	161.23
fattore K	0.9996	0.9996
Peso specifico determinato (Mg/m³):	2.690	2.692

Peso specifico calcolato (Mg/m³):	2.691
---	--------------

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH2	m 9.00 - 9.50	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903020	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

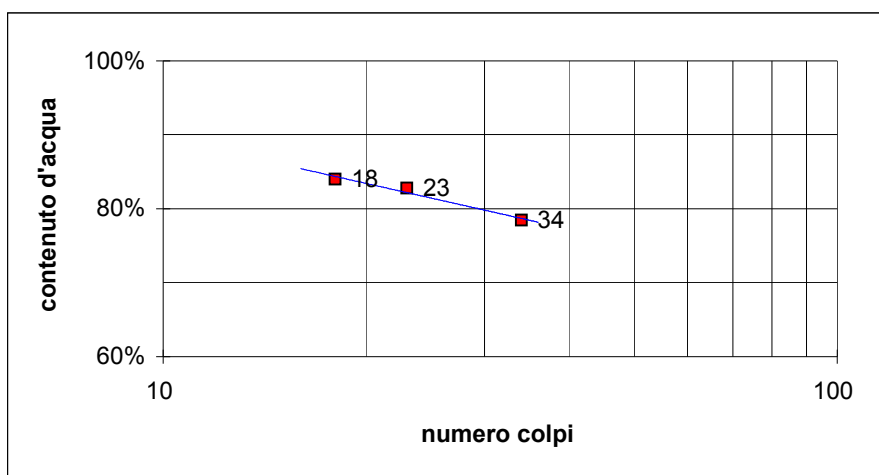
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

limo con argilla grigio

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	34	23	18			
massa umida+ tara (g)	18.57	19.58	20.38	13.20	12.99	119.97
massa secca+ tara (g)	11.39	11.70	12.13	10.19	10.06	83.65
acqua contenuta (g)	7.18	7.88	8.25	3.01	2.93	36.32
tara (g)	2.24	2.18	2.31	2.21	2.22	2.18
peso secco (g)	9.15	9.52	9.82	7.98	7.84	81.47
contenuto d'acqua	78.5%	82.8%	84.0%	37.7%	37.4%	44.6%

Umidità Naturale **Wn = 45%**
Limite Liquido **LL = 81%**
Limite Plastico **LP = 38%**
Indice Plastico **IP = 44%**



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 9.00 - 9.50		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903021	rev.00 del:	19/06/19

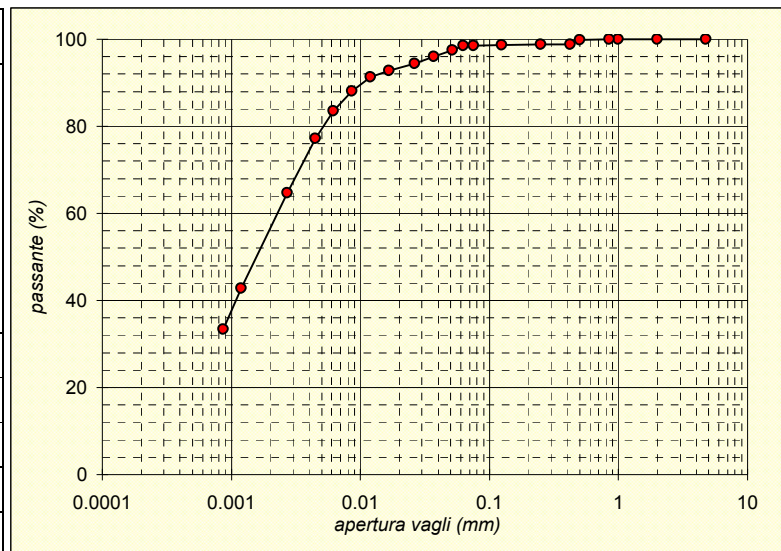
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

limo con argilla grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio 1	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio 0.85	0.05	0.06	0.06	99.94
291	setaccio 0.5	0.12	0.15	0.21	99.79
292	setaccio 0.425	0.75	0.92	1.13	98.87
293	setaccio 0.250	0.08	0.10	1.23	98.77
282	setaccio 0.125	0.03	0.04	1.26	98.74
283	setaccio 0.075	0.12	0.15	1.41	98.59
286	setaccio 0.063	0.10	0.12	1.53	98.47
-	calcolato 0.0519	0.76	0.93	2.46	97.54
-	calcolato 0.0369	1.27	1.56	4.03	95.97
-	calcolato 0.0263	1.27	1.56	5.59	94.41
-	calcolato 0.0168	1.27	1.56	7.15	92.85
-	calcolato 0.0119	1.27	1.56	8.72	91.28
-	calcolato 0.0086	2.55	3.13	11.85	88.15
-	calcolato 0.0062	3.82	4.69	16.54	83.46
-	calcolato 0.0045	5.10	6.26	22.80	77.20
-	calcolato 0.0027	10.19	12.51	35.31	64.69
-	calcolato 0.0012	17.84	21.90	57.21	42.79
-	calcolato 0.0009	7.65	9.39	66.59	33.41
-	fondo	27.22	33.41	100.00	0.00
TOTALE		81.47		φ max (mm) = 1.0	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	49.99	
t° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	34.5
21	60	34.0
21	120	33.5
21	300	33.0
21	600	32.5
21	1200	31.5
21	2400	30.0
21	4800	28.0
21	14400	24.0
21	86400	17.0
21	172800	14.0
Rapporti granulometrici		
USCS		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.1%	0.2%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	1.5%	1.3%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	41.9%	41.9%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	56.5%	56.5%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA
ASTM 2850 - 95**

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S1SH2 m 9.00 - 9.50**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903022 rev.0 del: 19/06/19

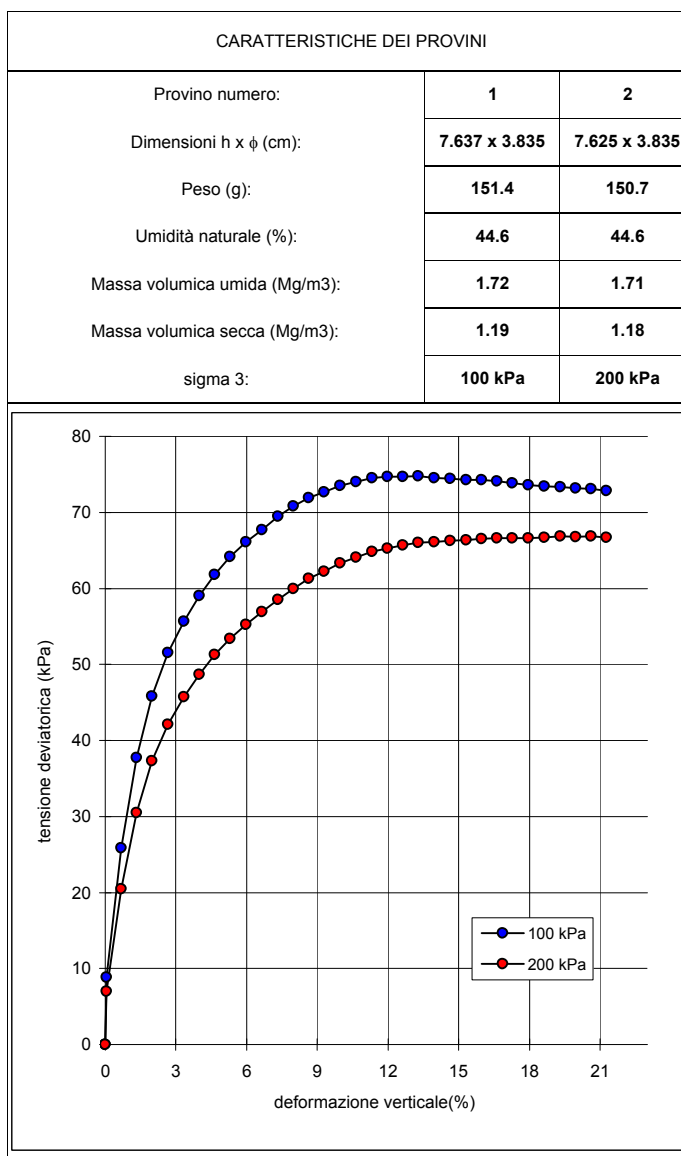
cod. int. Strumentazione: 480 -537-469-708-476

Modello pressa: **TECNOTEST TR 115/300**

Velocità della pressa: **0,75 mm/min**

NATURA DEL CAMPIONE: **limo con argilla grigio**

PROVINO 1		PROVINO 2	
DEF. VERTICALE	TENSIONE A ROTTURA	DEF. VERTICALE	TENSIONE A ROTTURA
(ε) %	(σ1 - σ3) kPa	(ε) %	(σ1 - σ3) kPa
0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	8.82	0.07	7.01
0.68	25.88	0.68	20.46
1.33	37.76	1.33	30.50
1.99	45.82	1.99	37.33
2.66	51.57	2.66	42.13
3.35	55.64	3.35	45.69
4.00	59.01	4.00	48.70
4.65	61.83	4.65	51.26
5.30	64.19	5.30	53.37
5.97	66.10	5.97	55.27
6.65	67.72	6.65	56.89
7.32	69.48	7.32	58.49
7.98	70.82	7.98	59.99
8.64	71.90	8.64	61.30
9.29	72.64	9.29	62.19
9.96	73.51	9.96	63.29
10.64	74.03	10.64	64.05
11.31	74.55	11.31	64.80
11.98	74.68	11.98	65.23
12.62	74.74	12.62	65.66
13.28	74.77	13.28	65.99
13.96	74.56	13.96	66.14
14.65	74.41	14.65	66.28
15.31	74.27	15.31	66.35
15.97	74.27	15.97	66.56
16.63	74.13	16.63	66.62
17.28	73.83	17.28	66.60
17.95	73.59	17.95	66.63
18.64	73.47	18.64	66.71
19.30	73.35	19.30	66.86
19.96	73.17	19.96	66.80
20.60	73.07	20.60	66.88
21.26	72.80	21.26	66.74



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. Massimo Romagnoli

Lo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



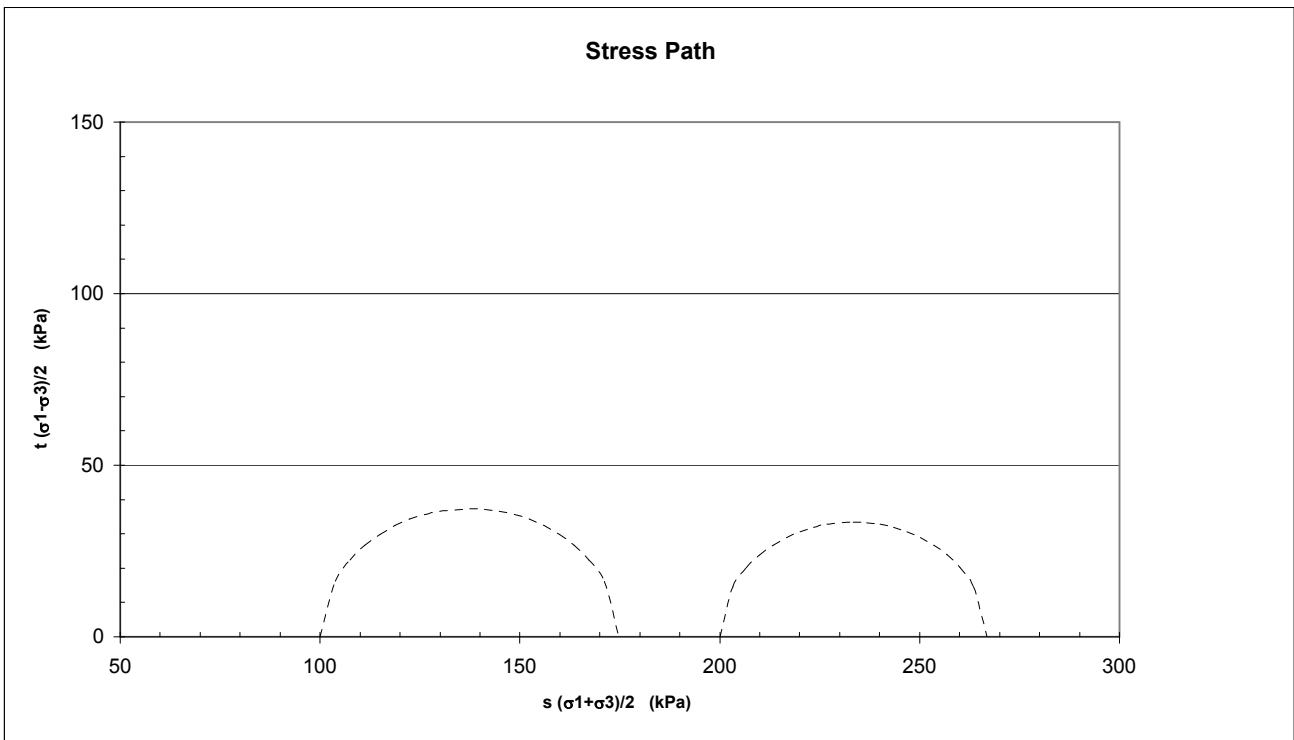
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA
 ASTM 2850 - 95**

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH2		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	00/01/00
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	00/01/00

Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.

CONDIZIONI A ROTTURA			
Sigma 3:	100	200	
Tensione deviatorica a rottura (kPa):	74.77	66.88	
Deformazione a rottura (%):	13.28	20.60	



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it**SOCOTEC**

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONECOMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**CAMPIONE: **S1SH3 m 12.00 - 12.50**

COMMESSA: 18673/18

VERBALE ACC.: VGF185/19

DATA CONSEGNA: 12/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 12.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 64 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	75	18	DESCRIZIONE: Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio
	40	6	W naturale (%) 31.3 γ naturale (Mg/m ³) 1.92 γ secco (Mg/m ³) 1.46 γ immerso (Mg/m ³) 0.92 porosità (%) 46 indice dei vuoti 0.85 grado di saturazione (%) 100 massa specifica (Mg/m ³) 2.702
	-	-	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale SI Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto - Peso di Volume SI Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -
basso 12.50			

Io Sperimentatore
dott. Roberto BellanovaIl Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S1SH3 m 12.00 - 12.50**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903023 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:
Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	195.88	2.15
TERRA UMIDA (g)	493.34	159.65
TERRA ESSICATA* (g)	422.27	122.27
UMDITA' DETERMINATA (%)	31.4	31.1

UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	31.3
------------------------	---	-------------

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S1SH3 m 12.00 - 12.50**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903024 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:
Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	43.01	43.02
ALTEZZA (cm)	2.01	2.01
DIAMETRO (cm)	5.99	5.99
MASSA LORDA (g)	151.42	152.06
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.92	1.93
MEDIA (Mg/m³)	=	1.92

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO
UNI EN ISO 17892-3**

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH3	m 12.00 - 12.50	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903025	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:
Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio**

cod.bilancia 480

determinazione picnometro n:	1 (pic. 001)	2 (pic. 002)
terra (g):	18.89	19.61
temperatura (°C):	23.0	23.0
picnometro + acqua (g):	154.35	154.35
picnometro + terra (g):	166.25	166.71
fattore K	0.9993	0.9993
Peso specifico determinato (Mg/m³):	2.701	2.703

Peso specifico calcolato (Mg/m³):	2.702
---	--------------

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH3	m 12.00 - 12.50	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903026	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

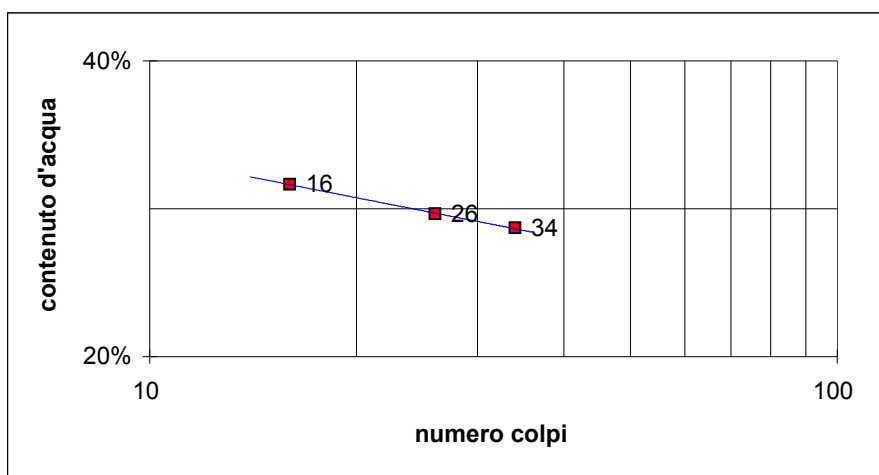
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	34	26	16			
massa umida+ tara (g)	23.23	24.22	26.41	12.31	12.49	493.34
massa secca+ tara (g)	18.54	19.18	20.59	10.47	10.64	422.27
acqua contenuta (g)	4.69	5.04	5.82	1.84	1.85	71.07
tara (g)	2.19	2.18	2.20	2.20	2.19	195.88
peso secco (g)	16.35	17.00	18.39	8.27	8.45	226.39
contenuto d'acqua	28.7%	29.6%	31.6%	22.2%	21.9%	31.4%

Umidità Naturale **Wn = 31%**
Limite Liquido **LL = 30%**
Limite Plastico **LP = 22%**
Indice Plastico **IP = 8%**



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 12.00 - 12.50		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903027	rev.00 del:	19/06/19

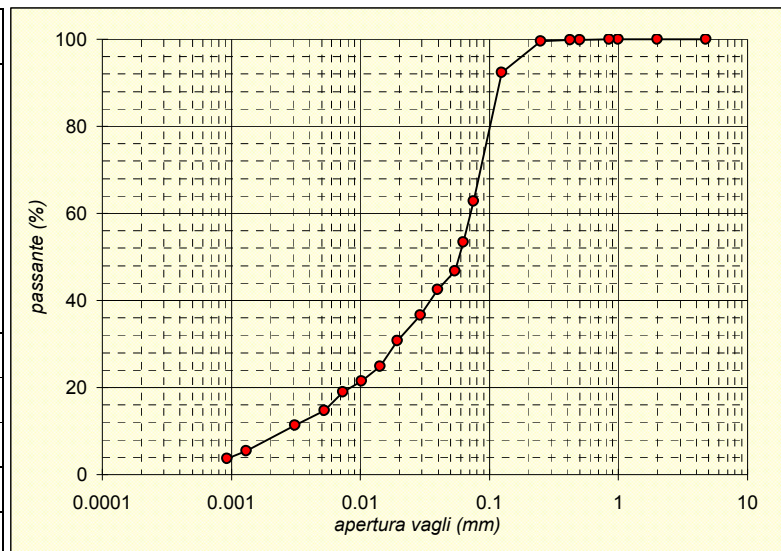
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.02	0.01	0.01	99.99
573	setaccio 1	0.06	0.03	0.04	99.96
290	setaccio 0.85	0.04	0.02	0.05	99.95
291	setaccio 0.5	0.20	0.09	0.14	99.86
292	setaccio 0.425	0.09	0.04	0.18	99.82
293	setaccio 0.250	0.58	0.26	0.44	99.56
282	setaccio 0.125	16.21	7.16	7.60	92.40
283	setaccio 0.075	67.03	29.61	37.21	62.79
286	setaccio 0.063	21.37	9.44	46.65	53.35
-	calcolato 0.0544	14.86	6.56	53.21	46.79
-	calcolato 0.0397	9.57	4.23	57.43	42.57
-	calcolato 0.0293	13.40	5.92	63.35	36.65
-	calcolato 0.0193	13.40	5.92	69.27	30.73
-	calcolato 0.0141	13.40	5.92	75.18	24.82
-	calcolato 0.0102	7.65	3.38	78.57	21.43
-	calcolato 0.0073	5.74	2.54	81.10	18.90
-	calcolato 0.0053	9.57	4.23	85.33	14.67
-	calcolato 0.0031	7.65	3.38	88.71	11.29
-	calcolato 0.0013	13.40	5.92	94.63	5.37
-	calcolato 0.0009	3.83	1.69	96.32	3.68
-	fondo	8.34	3.68	100.00	0.00
TOTALE		226.39		φ max (mm) = 2.3	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.01																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>t° C</th> <th>Tempo (s)</th> <th>Letture</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>21</td><td>30</td><td>31.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>60</td><td>28.5</td></tr> <tr><td>21</td><td>120</td><td>25.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>300</td><td>21.5</td></tr> <tr><td>21</td><td>600</td><td>18.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>1200</td><td>16.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>2400</td><td>14.5</td></tr> <tr><td>21</td><td>4800</td><td>12.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>14400</td><td>10.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>86400</td><td>6.5</td></tr> <tr><td>21</td><td>172800</td><td>5.5</td></tr> </tbody> </table>	t° C	Tempo (s)	Letture	21	30	31.0	21	60	28.5	21	120	25.0	21	300	21.5	21	600	18.0	21	1200	16.0	21	2400	14.5	21	4800	12.0	21	14400	10.0	21	86400	6.5	21	172800	5.5	
t° C	Tempo (s)	Letture																																			
21	30	31.0																																			
21	60	28.5																																			
21	120	25.0																																			
21	300	21.5																																			
21	600	18.0																																			
21	1200	16.0																																			
21	2400	14.5																																			
21	4800	12.0																																			
21	14400	10.0																																			
21	86400	6.5																																			
21	172800	5.5																																			
Rapporti granulometrici																																					
USCS UNI																																					
GHIAIA > 4,75 mm > 2,00 mm	0.0% 0.0%																																				
SABBIA > 0,075 mm > 0,063 mm	37.2% 46.6%																																				
LIMO > 2 μ > 2 μ	54.5% 45.1%																																				
ARGILLA < 2 μ < 2 μ	8.3% 8.3%																																				



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56111

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 0187243064:

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 009

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

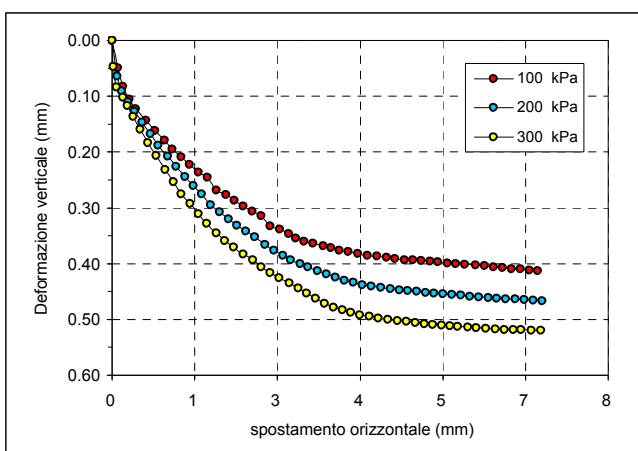
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH3 m 12.00 - 12.50		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903028	rev.00 del:	19/06/19

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

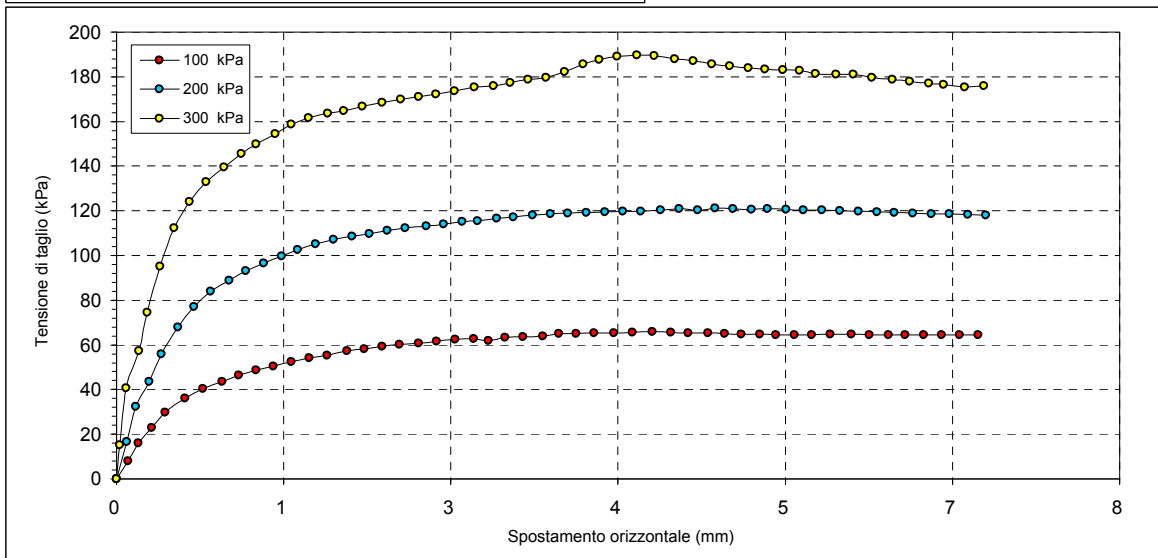
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 20$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Sabbia fina con limo debolmente argilloso grigio



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
σ_v (kPa)	100	200	300
W ini (%)	31.4	31.1	31.1
γ ini (Mg/m ³)	1.91	1.93	1.89
γ_d ini (Mg/m ³)	1.46	1.47	1.44
S ini (%)	99	100	97
W fin (%)	27.8	24.9	25.2
γ fin (Mg/m ³)	1.97	2.02	2.01
γ_d fin (Mg/m ³)	1.54	1.61	1.61
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m ³)	2.702		
H fine cons (mm)	19.905	19.636	19.409



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56111

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 0187243064:

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 009

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH3 m 12.00 - 12.50		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903028	rev.00 del:	19/06/19

PROVINO 1 100 kPa			PROVINO 2 200 kPa			PROVINO 3 300 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.095	7.922	0.049	0.082	16.587	0.064	0.026	15.137	0.047
0.181	16.022	0.083	0.159	32.432	0.091	0.077	40.673	0.084
0.289	23.060	0.105	0.266	43.432	0.110	0.183	57.402	0.102
0.398	29.886	0.123	0.368	55.739	0.127	0.255	74.484	0.117
0.563	36.004	0.143	0.504	67.800	0.147	0.356	95.210	0.136
0.708	40.355	0.162	0.636	77.031	0.167	0.471	112.186	0.159
0.868	43.644	0.179	0.771	83.857	0.188	0.599	124.070	0.183
1.004	46.402	0.195	0.924	88.773	0.208	0.739	132.876	0.207
1.149	48.772	0.209	1.065	93.229	0.226	0.886	139.667	0.232
1.289	50.540	0.223	1.208	98.625	0.244	1.025	145.503	0.254
1.438	52.309	0.236	1.355	99.737	0.260	1.147	149.994	0.275
1.585	54.183	0.246	1.489	102.460	0.275	1.303	154.557	0.293
1.733	55.386	0.268	1.636	105.042	0.295	1.437	158.624	0.311
1.896	57.190	0.277	1.783	107.093	0.308	1.577	161.489	0.328
2.034	58.251	0.287	1.935	108.650	0.320	1.739	163.469	0.345
2.183	59.206	0.297	2.076	109.817	0.332	1.868	164.813	0.359
2.327	60.125	0.306	2.228	111.161	0.342	2.021	166.829	0.371
2.482	60.726	0.314	2.375	112.186	0.352	2.183	168.421	0.383
2.633	61.575	0.333	2.545	113.318	0.366	2.336	169.871	0.394
2.785	62.353	0.339	2.690	113.955	0.376	2.481	171.109	0.406
2.938	62.848	0.346	2.839	115.157	0.385	2.624	172.170	0.416
3.055	61.858	0.355	2.967	115.475	0.393	2.777	173.620	0.426
3.196	63.237	0.360	3.126	116.572	0.400	2.942	175.388	0.435
3.340	63.485	0.364	3.260	117.138	0.406	3.097	175.990	0.444
3.506	63.839	0.368	3.420	118.128	0.413	3.238	177.334	0.453
3.636	65.147	0.372	3.565	118.694	0.419	3.385	178.819	0.462
3.780	65.183	0.376	3.712	119.012	0.425	3.530	179.774	0.471
3.925	65.324	0.379	3.860	119.295	0.430	3.682	182.320	0.478
4.088	65.324	0.382	4.014	119.614	0.434	3.834	185.680	0.483
4.243	65.536	0.385	4.160	119.896	0.438	3.970	187.626	0.487
4.404	65.784	0.387	4.307	119.896	0.441	4.116	189.146	0.492
4.559	65.678	0.389	4.471	120.215	0.443	4.276	189.677	0.495
4.698	65.430	0.391	4.626	120.781	0.445	4.422	189.288	0.498
4.864	65.218	0.393	4.777	120.215	0.447	4.588	187.908	0.500
4.997	65.006	0.394	4.919	121.064	0.449	4.743	187.166	0.503
5.134	64.723	0.395	5.065	120.781	0.450	4.891	185.574	0.504
5.290	64.617	0.396	5.218	120.498	0.452	5.042	184.938	0.506
5.420	64.475	0.397	5.352	120.781	0.453	5.191	183.983	0.508
5.570	64.475	0.399	5.503	120.604	0.454	5.331	183.417	0.509
5.714	64.369	0.400	5.645	120.356	0.456	5.478	183.098	0.510
5.867	64.723	0.401	5.798	120.285	0.457	5.614	182.745	0.512
6.042	64.723	0.403	5.944	119.932	0.459	5.745	181.259	0.513
6.189	64.475	0.404	6.100	119.755	0.460	5.912	181.012	0.514
6.346	64.475	0.406	6.252	119.472	0.461	6.056	181.012	0.515
6.485	64.440	0.407	6.394	119.224	0.462	6.211	179.632	0.516
6.636	64.405	0.409	6.548	118.977	0.463	6.376	178.890	0.517
6.784	64.369	0.410	6.698	118.765	0.464	6.518	177.970	0.518
6.932	64.334	0.412	6.848	118.517	0.465	6.676	176.945	0.518
7.080	64.334	0.413	6.998	118.270	0.466	6.800	176.414	0.518
			7.148	118.022	0.467	6.971	175.494	0.520
						7.128	175.990	0.520

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo RomagnoliIo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56111

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 0187243064:

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 009

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH3 m 12.00 - 12.50		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903028	rev.00 del:	19/06/19

Consolidazione Provino 1

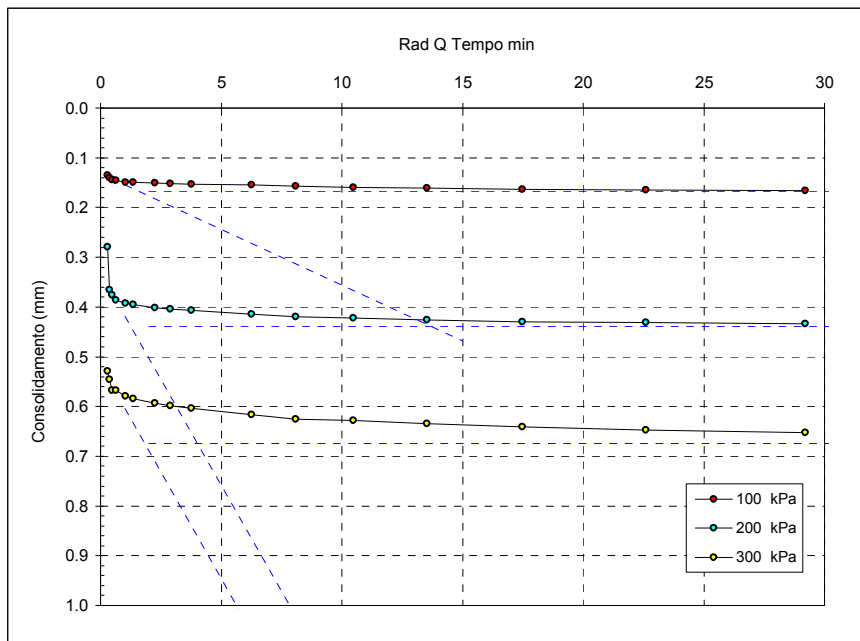
100 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.135
0.14	0.140
0.23	0.144
0.39	0.146
1.08	0.149
1.81	0.150
5.05	0.151
8.44	0.152
14.09	0.153
39.29	0.155
65.61	0.157
109.58	0.160
182.98	0.161
305.58	0.163
510.33	0.164
852.27	0.165

Consolidazione Provino 2

200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.279
0.14	0.365
0.23	0.376
0.39	0.386
1.08	0.393
1.81	0.396
5.05	0.401
8.44	0.404
14.09	0.407
39.29	0.414
65.61	0.419
109.58	0.422
182.98	0.425
305.58	0.430
510.33	0.431
852.27	0.434

Consolidazione Provino 3

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.529
0.14	0.546
0.23	0.568
0.39	0.568
1.08	0.579
1.81	0.584
5.05	0.594
8.44	0.598
14.09	0.603
39.29	0.617
65.61	0.625
109.58	0.629
182.98	0.634
305.58	0.640
510.33	0.648
852.27	0.653



t_{100} min
(Bishop ed Henkel)

Provino 1
2.5

Provino 2
1.5

Provino 3
3.3

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



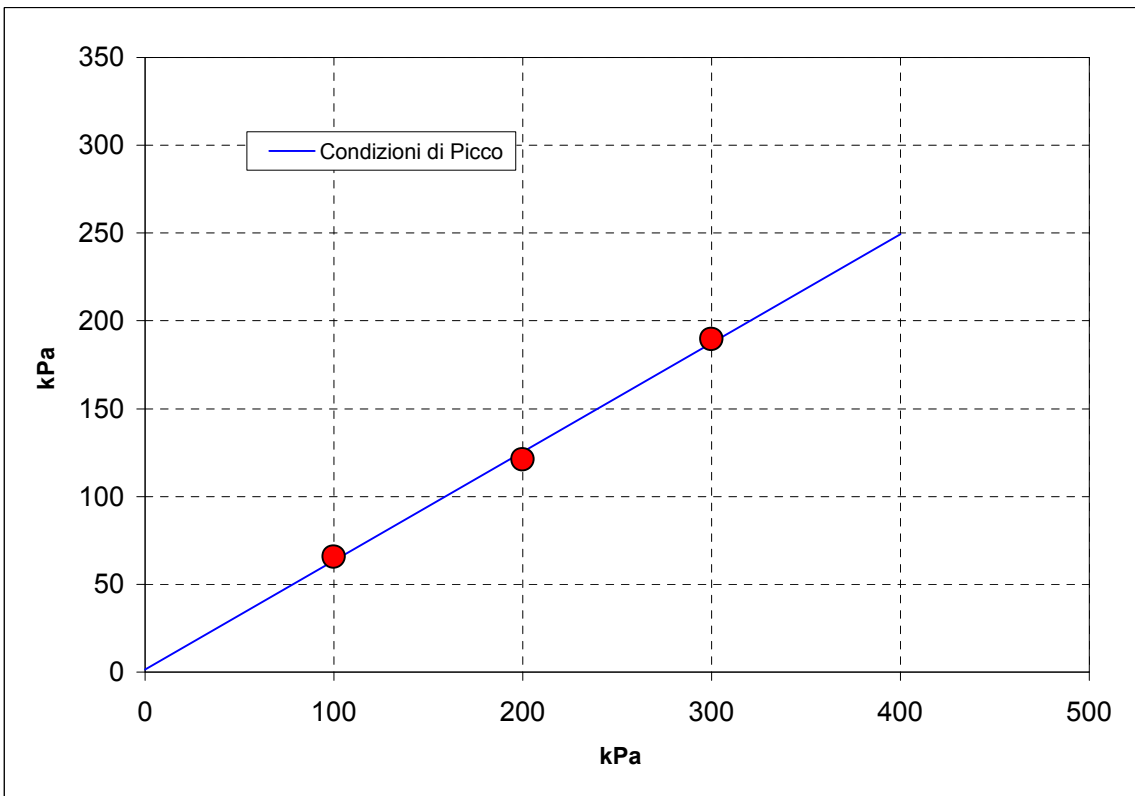
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S1SH3		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19

Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Tensione di taglio (kPa)	65.78	121.06	189.68
Condizioni di Picco	Coesione:	1.62 kPa	Angolo di attrito: 32°



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 4.50 - 4.95		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903041	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

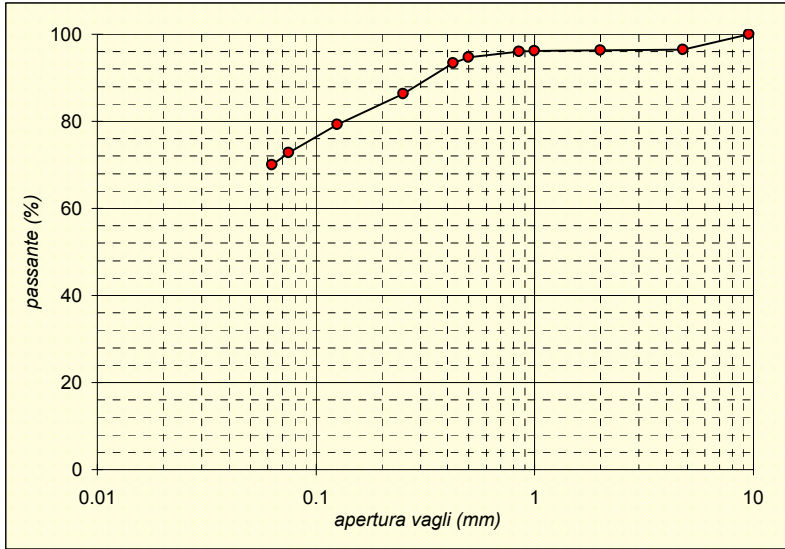
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo e argilla con sabbia medio fina marrone grigiastro

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	10.37	3.48	96.52
572	setaccio	2	0.43	0.14	96.38
573	setaccio	1	0.82	0.27	96.10
290	setaccio	0.85	0.34	0.11	95.99
291	setaccio	0.5	3.63	1.22	94.77
292	setaccio	0.425	4.36	1.46	93.31
293	setaccio	0.250	20.95	7.03	86.28
282	setaccio	0.125	20.88	7.00	79.28
283	setaccio	0.075	19.52	6.55	72.74
286	setaccio	0.063	8.05	2.70	70.04
	fondo	208.84	70.04	100.00	0.00
	TOTALE	298.19			

φ max (mm) = 7.4

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	3.5%	3.6%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	23.8%	26.3%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	72.7%	70.0%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 15.00 - 15.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903042	rev.00 del:	19/06/19

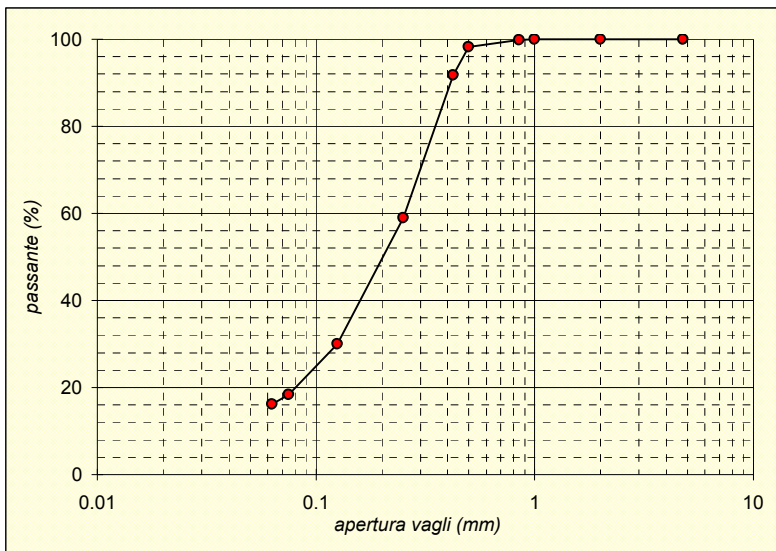
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.01	0.00	0.00	100.00
573	setaccio 1	0.27	0.07	0.07	99.93
290	setaccio 0.85	0.03	0.01	0.08	99.92
291	setaccio 0.5	6.75	1.66	1.73	98.27
292	setaccio 0.425	26.28	6.45	8.19	91.81
293	setaccio 0.250	133.64	32.82	41.01	58.99
282	setaccio 0.125	117.77	28.92	69.93	30.07
283	setaccio 0.075	47.43	11.65	81.58	18.42
286	setaccio 0.063	9.15	2.25	83.83	16.17
	fondo	65.86	16.17	100.00	0.00
TOTALE		407.19			φ max (mm) = 2.0

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
USCS UNI		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	81.6%	83.8%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	18.4%	16.2%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 18.00 - 18.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n.º:	GF1903043	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

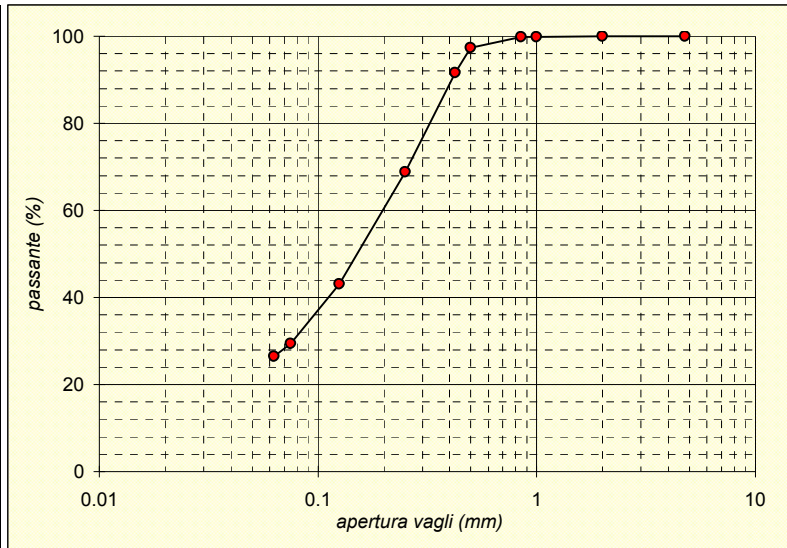
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa argillosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.15	0.03	0.03	99.97
573	setaccio 1	0.24	0.05	0.08	99.92
290	setaccio 0.85	0.18	0.04	0.11	99.89
291	setaccio 0.5	12.58	2.51	2.63	97.37
292	setaccio 0.425	28.48	5.69	8.32	91.68
293	setaccio 0.250	114.17	22.82	31.14	68.86
282	setaccio 0.125	128.70	25.72	56.85	43.15
283	setaccio 0.075	68.67	13.72	70.58	29.42
286	setaccio 0.063	15.00	3.00	73.58	26.42
	fondo	132.23	26.42	100.00	0.00
	TOTALE	500.40			

φ max (mm) = 2.4

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	70.6%	73.5%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	29.4%	26.4%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 21.00 - 21.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903044	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

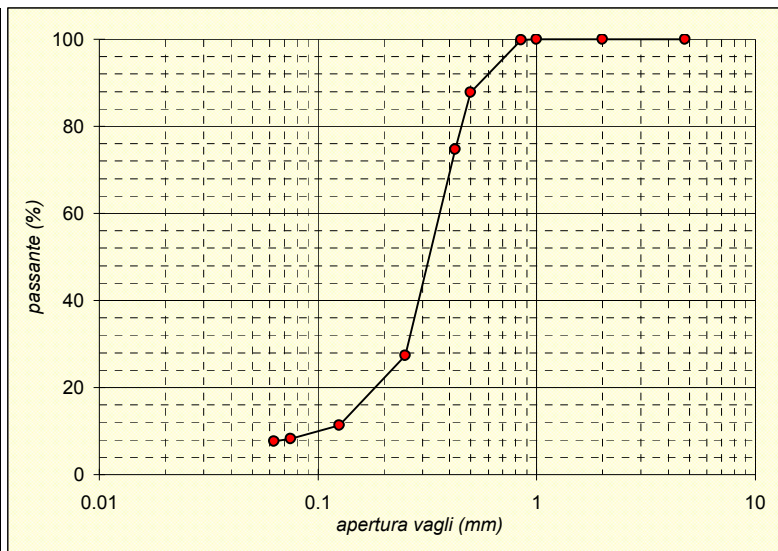
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.05	0.02	0.02	99.98
573	setaccio 1	0.13	0.05	0.07	99.93
290	setaccio 0.85	0.10	0.04	0.10	99.90
291	setaccio 0.5	32.66	12.09	12.20	87.80
292	setaccio 0.425	35.44	13.12	25.32	74.68
293	setaccio 0.250	127.83	47.33	72.65	27.35
282	setaccio 0.125	43.26	16.02	88.67	11.33
283	setaccio 0.075	8.46	3.13	91.80	8.20
286	setaccio 0.063	1.45	0.54	92.34	7.66
	fondo	20.70	7.66	100.00	0.00
	TOTALE	270.08			

φ max (mm) = 2.3

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	91.8%	92.3%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	8.2%	7.7%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 24.00 - 24.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903045	rev.00 del:	19/06/19

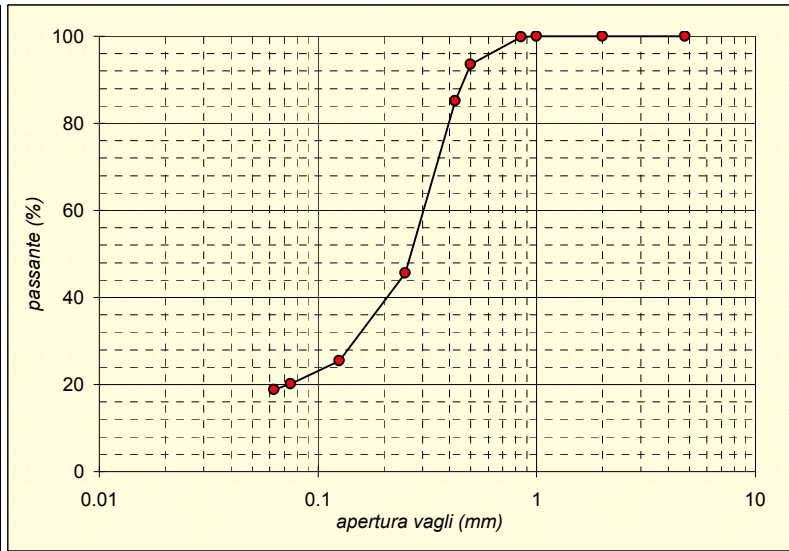
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limoso argillosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.13	0.04	0.04	99.96
573	setaccio 1	0.09	0.03	0.06	99.94
290	setaccio 0.85	0.12	0.03	0.09	99.91
291	setaccio 0.5	23.08	6.44	6.53	93.47
292	setaccio 0.425	29.77	8.30	14.83	85.17
293	setaccio 0.250	142.02	39.61	54.44	45.56
282	setaccio 0.125	72.06	20.10	74.54	25.46
283	setaccio 0.075	18.85	5.26	79.79	20.21
286	setaccio 0.063	4.72	1.32	81.11	18.89
	fondo	67.74	18.89	100.00	0.00
TOTALE		358.58			φ max (mm) = 2.6

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	79.8%	81.1%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	20.2%	18.9%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

CAMPIONE: S1Spt6 m 27.00 - 27.45

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903046 rev.00 del: 19/06/19

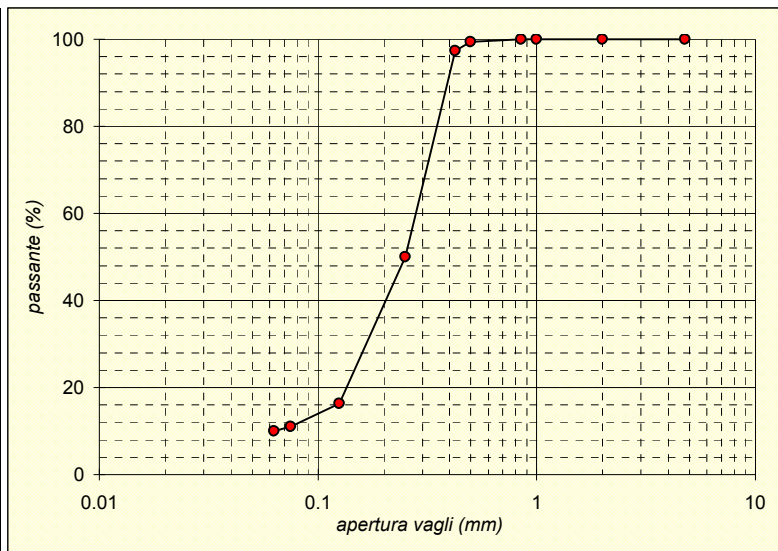
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina grigio

codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.06	0.02	0.02	99.98
573	setaccio 1	0.11	0.03	0.05	99.95
290	setaccio 0.85	0.06	0.02	0.07	99.93
291	setaccio 0.5	1.59	0.45	0.52	99.48
292	setaccio 0.425	7.46	2.12	2.64	97.36
293	setaccio 0.250	166.46	47.39	50.03	49.97
282	setaccio 0.125	118.31	33.68	83.71	16.29
283	setaccio 0.075	18.57	5.29	89.00	11.00
286	setaccio 0.063	3.65	1.04	90.04	9.96
	fondo	35.00	9.96	100.00	0.00
TOTALE		351.27			ϕ max (mm) = 2.4

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
USCS		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	89.0%	90.0%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	11.0%	10.0%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it




Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDE GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**
CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**
CAMPIONE: **S2SH1 m 12.00 - 12.50**
COMMESSA: 18673/18
VERBALE ACC.: VGF185/19
DATA CONSEGNA: 12/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 12.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 58 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	90	56	DESCRIZIONE: Limo con argilla sabbioso grigio
	110	24	W naturale (%) 29.4 γ naturale (Mg/m ³) 1.89 γ secco (Mg/m ³) 1.46 γ immerso (Mg/m ³) 0.92 porosità (%) 46 indice dei vuoti 0.85 grado di saturazione (%) 94 massa specifica (Mg/m ³) 2.701
	55	45	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale SI Trassiale UU SI Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto - Peso di Volume SI Espansione L.L. - Peso Specifico SI Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
12.50 basso			NOTE: -

Io Sperimentatore
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**UMIDITA' DI UNA TERRA
UNI EN ISO 17892-1**

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**
CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**
CAMPIONE: **S2SH1 m 12.00 - 12.50**

COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903029	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:
Limo con argilla sabbioso grigio**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	228.22	2.19
TERRA UMIDA (g)	408.92	124.18
TERRA ESSICATA* (g)	367.94	96.47
UMDITA' DETERMINATA (%)	29.3	29.4

UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	29.4
------------------------	---	-------------

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S2SH1 m 12.00 - 12.50**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903030 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con argilla sabbioso grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	137.19	136.29
ALTEZZA (cm)	7.64	7.63
DIAMETRO (cm)	3.84	3.84
MASSA LORDA (g)	304.23	302.84
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.89	1.89
MEDIA (Mg/m³)	=	1.89

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT**Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)****Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119**

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO
UNI EN ISO 17892-3**

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2SH1 m 12.00 - 12.50		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903031	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**Limo con argilla sabbioso grigio**

cod.bilancia 480

determinazione picnometro n:	1 (pic. 001)	2 (pic. 002)
terra (g):	16.79	18.27
temperatura (°C):	23.0	23.0
picnometro + acqua (g):	154.35	154.35
picnometro + terra (g):	164.94	165.85
fattore K	0.9993	0.9993
Peso specifico determinato (Mg/m³):	2.706	2.697

Peso specifico calcolato (Mg/m³):	2.701
---	--------------

Io Sperimentatore:
dott. Roberto BellanovaIl Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2SH1	m 12.00 - 12.50	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903032	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

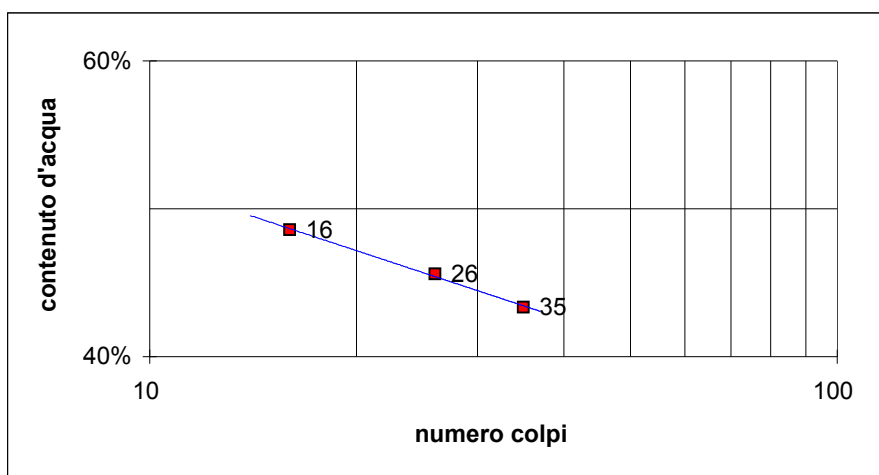
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con argilla sabbioso grigio

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	35	26	16			
massa umida+ tara (g)	23.51	20.75	22.26	13.06	12.96	408.92
massa secca+ tara (g)	17.07	14.94	15.70	10.93	10.85	367.94
acqua contenuta (g)	6.44	5.81	6.56	2.13	2.11	40.98
tara (g)	2.21	2.19	2.20	2.26	2.18	228.22
peso secco (g)	14.86	12.75	13.50	8.67	8.67	139.72
contenuto d'acqua	43.3%	45.6%	48.6%	24.6%	24.3%	29.3%

Umidità Naturale **Wn = 29%**
Limite Liquido **LL = 46%**
Limite Plastico **LP = 24%**
Indice Plastico **IP = 21%**



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 12.00 - 12.50		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903033	rev.00 del:	19/06/19

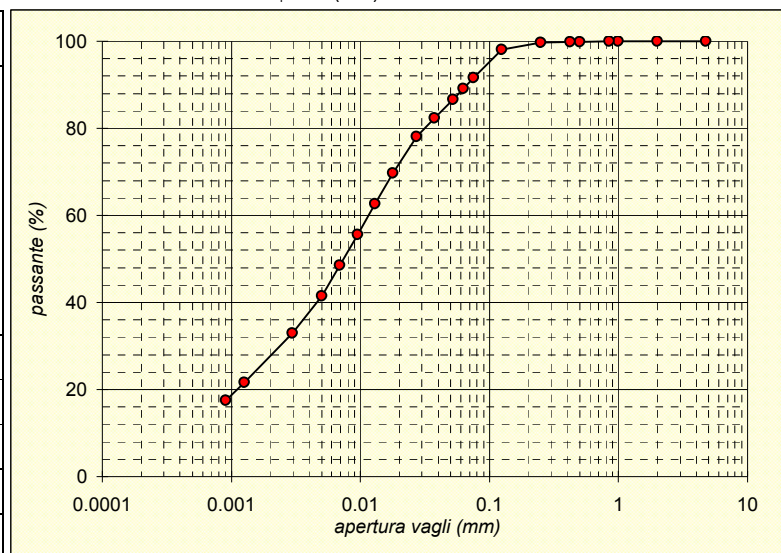
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con argilla sabbioso grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.03	0.02	0.02	99.98
573	setaccio 1	0.04	0.03	0.05	99.95
290	setaccio 0.85	0.02	0.01	0.06	99.94
291	setaccio 0.5	0.04	0.03	0.09	99.91
292	setaccio 0.425	0.06	0.04	0.14	99.86
293	setaccio 0.250	0.21	0.15	0.29	99.71
282	setaccio 0.125	2.36	1.69	1.98	98.02
283	setaccio 0.075	9.04	6.47	8.45	91.55
286	setaccio 0.063	3.39	2.43	10.87	89.13
-	calcolato 0.0521	3.50	2.50	13.38	86.62
-	calcolato 0.0376	5.92	4.24	17.61	82.39
-	calcolato 0.0272	5.92	4.24	21.85	78.15
-	calcolato 0.0179	11.84	8.47	30.32	69.68
-	calcolato 0.0130	9.86	7.06	37.38	62.62
-	calcolato 0.0095	9.86	7.06	44.43	55.57
-	calcolato 0.0069	9.86	7.06	51.49	48.51
-	calcolato 0.0050	9.86	7.06	58.55	41.45
-	calcolato 0.0030	11.84	8.47	67.02	32.98
-	calcolato 0.0013	15.78	11.29	78.32	21.68
-	calcolato 0.0009	5.92	4.24	82.55	17.45
-	fondo	24.38	17.45	100.00	0.00
TOTALE		139.72		φ max (mm) = 2.4	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.02	
° C	Tempo (s)	Letture
21	30	34.0
21	60	32.5
21	120	31.0
21	300	28.0
21	600	25.5
21	1200	23.0
21	2400	20.5
21	4800	18.0
21	14400	15.0
21	86400	11.0
21	172800	9.5
Rapporti granulometrici		
USCS UNI		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	8.4%	10.9%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	63.8%	61.4%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	27.8%	27.8%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA
ASTM 2850 - 95**

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE:

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903034 rev.0 del: 19/06/19

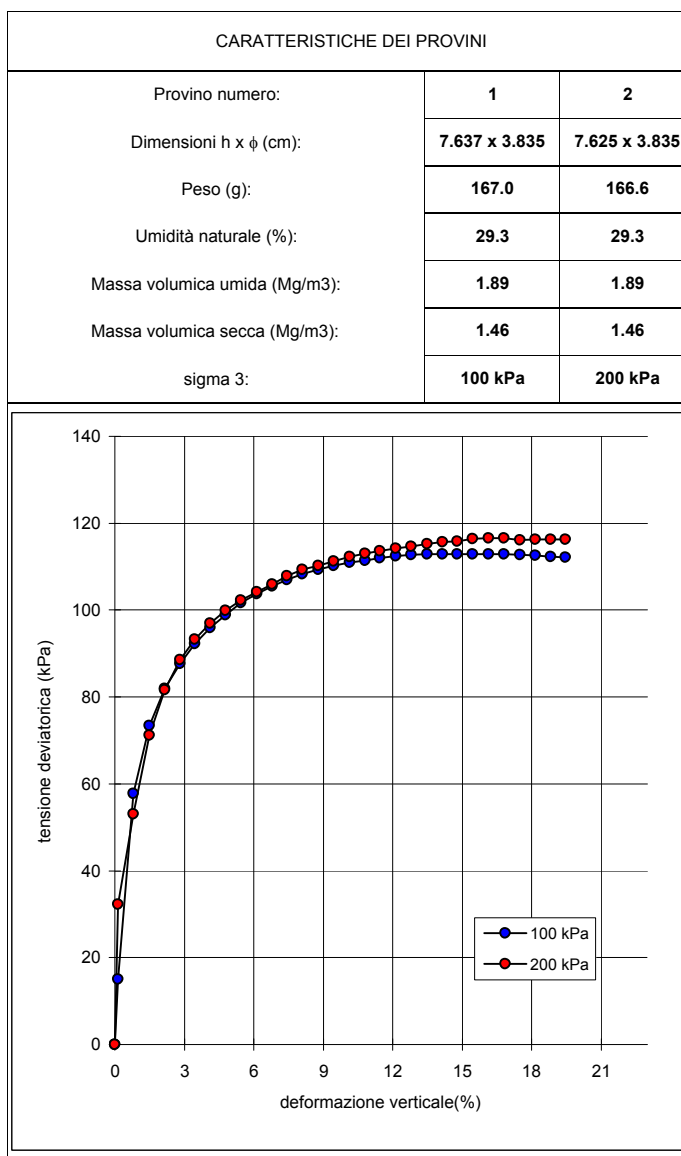
cod. int. Strumentazione: 480 -537-469-708-476

Modello pressa: **TECNOTEST TR 115/300**

Velocità della pressa: **0,75 mm/min**

NATURA DEL CAMPIONE: **Limo da sabbioso a deb. argilloso marrone giallastro**

PROVINO 1		PROVINO 2	
DEF. VERTICALE	TENSIONE A ROTTURA	DEF. VERTICALE	TENSIONE A ROTTURA
(ε) %	(σ1 - σ3) kPa	(ε) %	(σ1 - σ3) kPa
0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	15.04	0.14	32.33
0.81	57.70	0.81	53.07
1.50	73.42	1.50	71.21
2.17	81.90	2.17	81.65
2.81	87.67	2.81	88.60
3.45	92.19	3.45	93.28
4.11	95.97	4.11	96.96
4.78	98.92	4.78	99.91
5.46	101.65	5.46	102.31
6.13	103.70	6.13	104.18
6.80	105.46	6.80	105.94
7.44	106.97	7.44	107.86
8.10	108.28	8.10	109.40
8.78	109.38	8.78	110.24
9.46	110.20	9.46	111.30
10.14	110.93	10.14	112.25
10.81	111.41	10.81	112.96
11.46	111.99	11.46	113.68
12.13	112.44	12.13	114.26
12.80	112.79	12.80	114.60
13.48	112.88	13.48	115.20
14.15	112.90	14.15	115.72
14.80	112.85	14.80	115.80
15.46	112.86	15.46	116.37
16.14	112.89	16.14	116.52
16.81	112.93	16.81	116.60
17.51	112.77	17.51	116.19
18.18	112.63	18.18	116.31
18.83	112.29	18.83	116.22
19.48	112.10	19.48	116.28



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. Massimo Romagnoli

Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA
ASTM 2850 - 95**

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**CAMPIONE: **0**

COMMESSA: 18673/18

DURATA PROVE:

00/01/00

VERBALE ACC.: VGF185/19

DATA CONSEGNA:

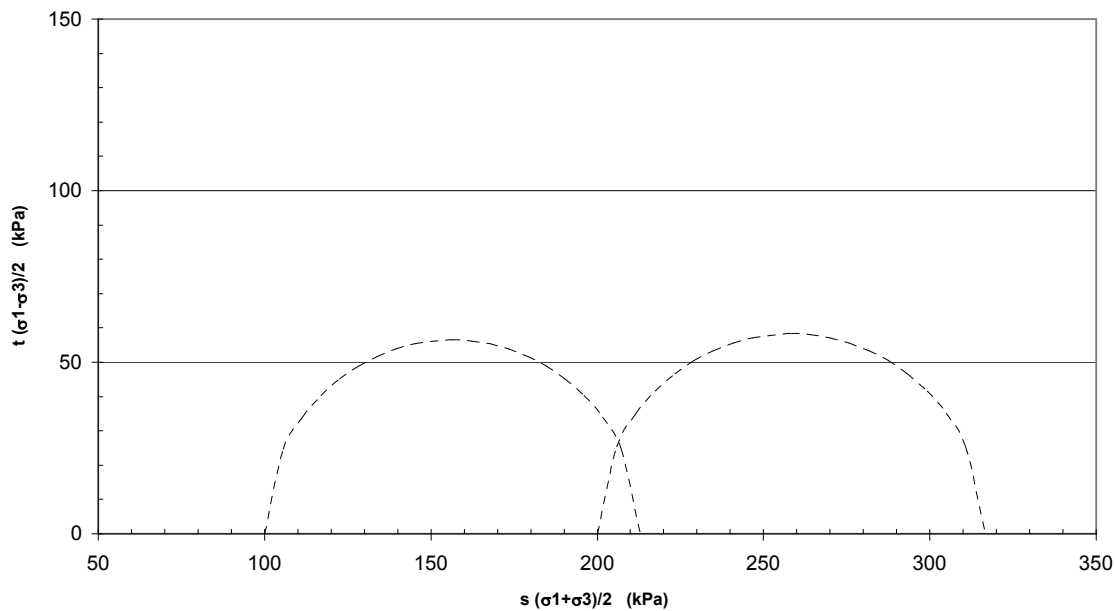
00/01/00

Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.

CONDIZIONI A ROTTURA

Sigma 3:	100	200	
Tensione deviatorica a rottura (kPa):	112.93	116.60	
Deformazione a rottura (%):	16.81	16.81	

Stress Path



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONECOMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**CAMPIONE: **S2Cr1 m 8.50 - 9.00**


COMMESSA: 18673/18

VERBALE ACC.: VGF185/19

DATA CONSEGNA: 12/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 8.50	LUNGHEZZA (cm): - GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3																																
	DESCRIZIONE: Sabbia medio fina limosa grigio																																
	<table> <tr><td>W naturale (%)</td><td>18.7</td></tr> <tr><td>γ ricostituito (Mg/m³)</td><td>1.95</td></tr> <tr><td>γ secco (Mg/m³)</td><td>1.64</td></tr> <tr><td>γ immerso (Mg/m³)</td><td>1.03</td></tr> <tr><td>porosità (%)</td><td>39</td></tr> <tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.64</td></tr> <tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>79</td></tr> <tr><td>massa specifica (Mg/m³)</td><td>2.691</td></tr> </table>	W naturale (%)	18.7	γ ricostituito (Mg/m ³)	1.95	γ secco (Mg/m ³)	1.64	γ immerso (Mg/m ³)	1.03	porosità (%)	39	indice dei vuoti	0.64	grado di saturazione (%)	79	massa specifica (Mg/m ³)	2.691																
W naturale (%)	18.7																																
γ ricostituito (Mg/m ³)	1.95																																
γ secco (Mg/m ³)	1.64																																
γ immerso (Mg/m ³)	1.03																																
porosità (%)	39																																
indice dei vuoti	0.64																																
grado di saturazione (%)	79																																
massa specifica (Mg/m ³)	2.691																																
	PROVE ESEGUITE <table> <tr><td>Umidità Naturale</td><td>SI</td><td>Trassiale UU</td><td>-</td></tr> <tr><td>Limiti Atterberg</td><td>SI</td><td>Trassiale CIU</td><td>-</td></tr> <tr><td>Gran. Setacciatura</td><td>SI</td><td>Edometria</td><td>-</td></tr> <tr><td>Gran. Sedimentazione</td><td>SI</td><td>Taglio Diretto</td><td>SI</td></tr> <tr><td>Peso di Volume</td><td>SI</td><td>Espansione L.L.</td><td>-</td></tr> <tr><td>Peso Specifico</td><td>SI</td><td>Trassiale Cicl. + C.M.</td><td>-</td></tr> <tr><td>Analisi Chimica</td><td>-</td><td>Colonna Risonante</td><td>-</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>Taglio Torsionale Cicl.</td><td>-</td></tr> </table>	Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-	Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-	Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-	Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	SI	Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-	Peso Specifico	SI	Trassiale Cicl. + C.M.	-	Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-			Taglio Torsionale Cicl.	-
	Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-																													
Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-																														
Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-																														
Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	SI																														
Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-																														
Peso Specifico	SI	Trassiale Cicl. + C.M.	-																														
Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	-																														
		Taglio Torsionale Cicl.	-																														
	NOTE: -																																
9.00 basso																																	

Io Sperimentatore
dott. Roberto BellanovaIl Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S2Cr1 m 8.50 - 9.00**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903035 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	460.84	2.22
TERRA UMIDA (g)	968.63	110.63
TERRA ESSICATA* (g)	886.48	93.96
UMDITA' DETERMINATA (%)	19.3	18.2
UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	18.7

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara**

CANTIERE: **Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara**

CAMPIONE: **S2Cr1 m 8.50 - 9.00**

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903036 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	42.98	42.98
ALTEZZA (cm)	2.01	2.01
DIAMETRO (cm)	5.99	5.99
MASSA LORDA (g)	153.38	152.96
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.95	1.94
MEDIA (Mg/m³)	=	1.95

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT**Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)****Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119**

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO CON PICNOMETRO
UNI EN ISO 17892-3**

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2Cr1	m 8.50 - 9.00	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903037	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**Sabbia medio fina limosa grigio**

cod.bilancia 480

determinazione	1	2
picnometro n:	(pic. 001)	(pic. 002)
terra (g):	15.82	15.58
temperatura (°C):	23.0	23.0
picnometro + acqua (g):	154.35	154.35
picnometro + terra (g):	164.29	164.15
fattore K	0.9993	0.9993
Peso specifico determinato (Mg/m³):	2.689	2.694

Peso specifico calcolato (Mg/m³):	2.691
---	--------------

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2Cr1	m 8.50 - 9.00	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903038	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

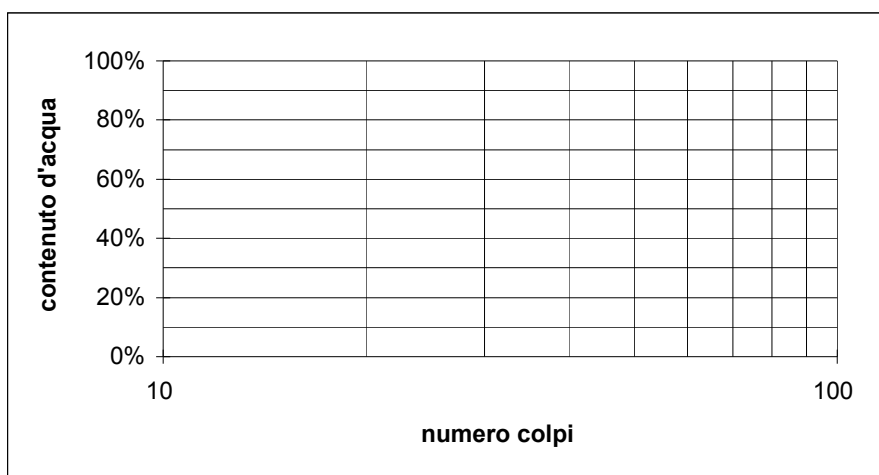
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi						
massa umida+ tara (g)						968.63
massa secca+ tara (g)						886.48
acqua contenuta (g)	NON DETERMINABILE			NON PLASTICO		82.15
tara (g)						460.84
peso secco (g)						425.64
contenuto d'acqua						19.3%

Umidità Naturale **Wn = 19%**
Limite Liquido **LL = nd**
Limite Plastico **LP = np**
Indice Plastico **IP = nd**



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2Cr1	m 8.50 - 9.00	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903039	rev.00 del:	19/06/19

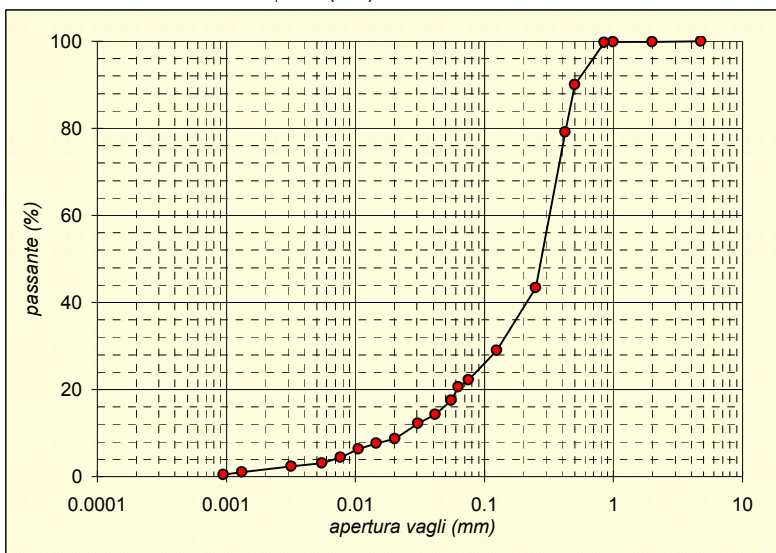
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	0.36	0.08	0.08	99.92
573	setaccio 1	0.42	0.10	0.18	99.82
290	setaccio 0.85	0.33	0.08	0.26	99.74
291	setaccio 0.5	41.67	9.79	10.05	89.95
292	setaccio 0.425	46.31	10.88	20.93	79.07
293	setaccio 0.250	151.76	35.65	56.59	43.41
282	setaccio 0.125	61.69	14.49	71.08	28.92
283	setaccio 0.075	28.59	6.72	77.80	22.20
286	setaccio 0.063	6.63	1.56	79.35	20.65
-	calcolato 0.0553	13.35	3.14	82.49	17.51
-	calcolato 0.0416	13.97	3.28	85.77	14.23
-	calcolato 0.0304	8.38	1.97	87.74	12.26
-	calcolato 0.0204	15.37	3.61	91.35	8.65
-	calcolato 0.0146	4.19	0.98	92.33	7.67
-	calcolato 0.0105	5.59	1.31	93.65	6.35
-	calcolato 0.0076	8.38	1.97	95.62	4.38
-	calcolato 0.0055	5.59	1.31	96.93	3.07
-	calcolato 0.0032	2.79	0.66	97.59	2.41
-	calcolato 0.0013	5.59	1.31	98.90	1.10
-	calcolato 0.0009	2.79	0.66	99.55	0.45
-	fondo	1.90	0.45	100.00	0.00
TOTALE		425.64		φ max (mm) = 2.5	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	49.96																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>t° C</th> <th>Tempo (s)</th> <th>Letture</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>21</td><td>30</td><td>30.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>60</td><td>25.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>120</td><td>22.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>300</td><td>16.5</td></tr> <tr><td>21</td><td>600</td><td>15.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>1200</td><td>13.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>2400</td><td>10.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>4800</td><td>8.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>14400</td><td>7.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>86400</td><td>5.0</td></tr> <tr><td>21</td><td>172800</td><td>4.0</td></tr> </tbody> </table>	t° C	Tempo (s)	Letture	21	30	30.0	21	60	25.0	21	120	22.0	21	300	16.5	21	600	15.0	21	1200	13.0	21	2400	10.0	21	4800	8.0	21	14400	7.0	21	86400	5.0	21	172800	4.0	
t° C	Tempo (s)	Letture																																			
21	30	30.0																																			
21	60	25.0																																			
21	120	22.0																																			
21	300	16.5																																			
21	600	15.0																																			
21	1200	13.0																																			
21	2400	10.0																																			
21	4800	8.0																																			
21	14400	7.0																																			
21	86400	5.0																																			
21	172800	4.0																																			
Rapporti granulometrici																																					
USCS																																					
GHIAIA	> 4,75 mm > 2,00 mm																																				
	0.0% 0.1%																																				
SABBIA	> 0,075 mm > 0,063 mm																																				
	77.8% 79.3%																																				
LIMO	> 2 μ > 2 μ																																				
	20.5% 18.9%																																				
ARGILLA	< 2 μ < 2 μ																																				
	1.7% 1.7%																																				



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

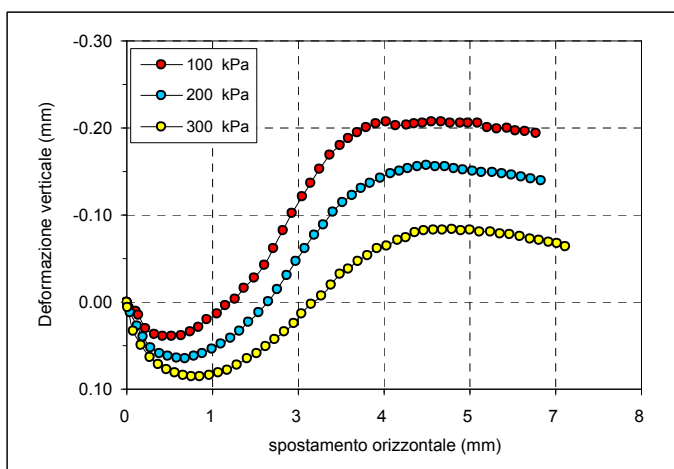
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2Cr1	m 8.50 - 9.00	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903040	rev.00 del:	19/06/19

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

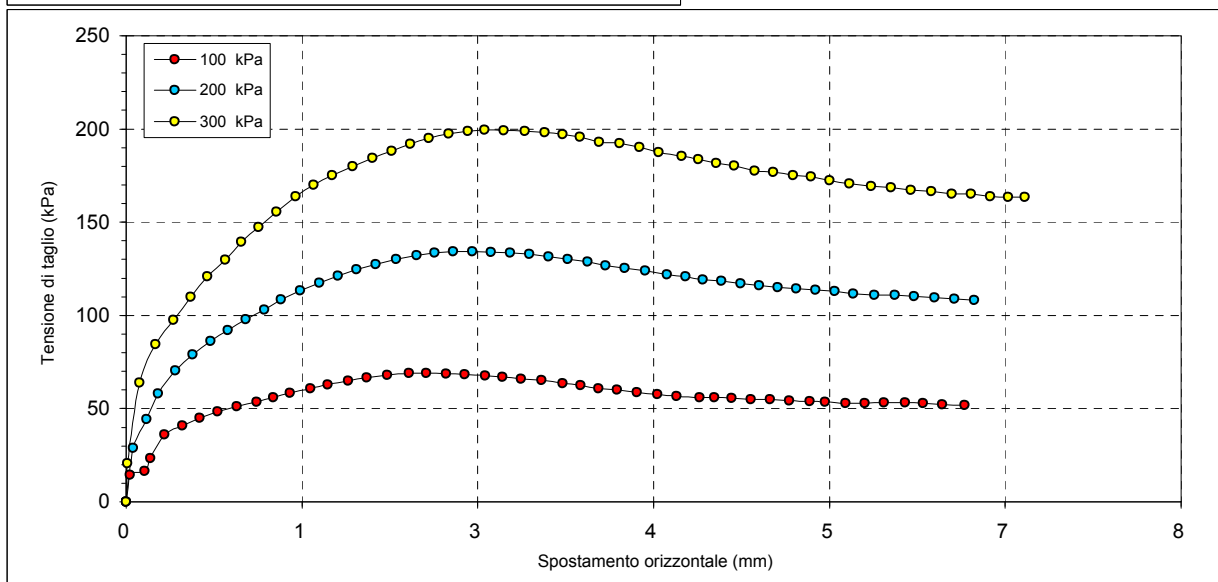
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA (Provini ricostituiti con materiale passante al setaccio 4.75 mm)
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 20$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo con sabbia grigio



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
σ_v (kPa)	100	200	300
W ini (%)	19.3	18.2	18.2
γ ini (Mg/m ³)	1.95	1.94	1.94
γ_d ini (Mg/m ³)	1.63	1.64	1.65
S ini (%)	80	77	77
W fin (%)	29.1	27.4	25.5
γ fin (Mg/m ³)	1.95	1.97	2.00
γ_d fin (Mg/m ³)	1.51	1.55	1.60
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m ³)	2.691		
H fine cons (mm)	19.905	19.636	19.409



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

Lo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2Cr1 m 8.50 - 9.00		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903040	rev.00 del:	19/06/19

PROVINO 1 100 kPa			PROVINO 2 200 kPa			PROVINO 3 300 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.029	14.465	0.006	0.055	28.719	0.012	0.009	20.690	0.006
0.143	16.375	0.010	0.160	44.245	0.027	0.106	63.980	0.033
0.189	23.484	0.015	0.252	58.109	0.040	0.228	84.529	0.049
0.301	35.934	0.030	0.383	70.452	0.052	0.369	97.544	0.063
0.438	40.885	0.037	0.518	78.835	0.059	0.504	109.923	0.071
0.576	44.846	0.039	0.659	86.500	0.062	0.635	120.710	0.077
0.716	48.277	0.039	0.795	92.097	0.064	0.774	129.870	0.081
0.868	51.283	0.038	0.938	98.004	0.065	0.901	139.349	0.084
1.019	53.617	0.034	1.079	103.168	0.062	1.037	147.413	0.085
1.152	55.952	0.029	1.213	108.579	0.059	1.174	155.724	0.085
1.282	58.392	0.020	1.362	113.424	0.054	1.327	163.646	0.084
1.441	60.762	0.013	1.509	117.421	0.048	1.465	169.906	0.081
1.575	62.778	0.004	1.657	121.170	0.041	1.613	175.247	0.078
1.736	64.970	-0.004	1.800	124.671	0.033	1.769	180.057	0.072
1.880	66.597	-0.016	1.951	127.571	0.023	1.925	184.442	0.065
2.042	67.977	-0.028	2.111	130.153	0.012	2.078	188.298	0.059
2.209	68.861	-0.043	2.271	132.063	-0.001	2.223	191.870	0.051
2.346	69.073	-0.062	2.412	133.548	-0.015	2.368	194.911	0.043
2.502	68.719	-0.082	2.559	134.185	-0.031	2.521	197.387	0.034
2.649	68.436	-0.102	2.706	134.362	-0.047	2.674	198.731	0.024
2.808	67.694	-0.121	2.852	134.044	-0.062	2.801	199.368	0.013
2.941	67.057	-0.137	3.000	133.584	-0.077	2.954	199.120	0.002
3.089	66.067	-0.153	3.152	132.806	-0.089	3.117	198.979	-0.007
3.249	65.147	-0.169	3.304	131.497	-0.104	3.274	198.024	-0.020
3.410	63.626	-0.180	3.453	130.224	-0.115	3.410	196.998	-0.032
3.550	62.389	-0.188	3.605	128.632	-0.123	3.549	195.654	-0.038
3.690	60.903	-0.195	3.749	126.793	-0.131	3.698	193.143	-0.047
3.838	59.984	-0.201	3.896	125.378	-0.137	3.856	192.365	-0.054
3.994	58.569	-0.205	4.060	123.822	-0.143	4.015	190.172	-0.062
4.155	57.543	-0.207	4.228	121.842	-0.148	4.164	187.519	-0.065
4.303	56.588	-0.203	4.372	120.710	-0.151	4.342	185.327	-0.071
4.482	56.093	-0.204	4.507	119.260	-0.154	4.472	183.841	-0.074
4.600	55.952	-0.205	4.653	118.411	-0.156	4.614	181.578	-0.080
4.733	55.775	-0.206	4.804	117.244	-0.157	4.754	180.128	-0.082
4.884	55.032	-0.207	4.947	116.041	-0.156	4.913	177.581	-0.083
5.033	54.926	-0.207	5.092	115.193	-0.156	5.059	176.945	-0.083
5.181	54.395	-0.206	5.239	114.308	-0.154	5.212	175.141	-0.084
5.342	53.865	-0.206	5.387	113.707	-0.152	5.352	174.292	-0.082
5.463	53.511	-0.206	5.540	113.035	-0.151	5.500	172.453	-0.083
5.622	53.052	-0.206	5.685	111.479	-0.149	5.654	170.826	-0.081
5.776	52.804	-0.201	5.851	110.948	-0.149	5.825	169.411	-0.081
5.925	53.228	-0.199	6.008	110.948	-0.148	5.978	168.527	-0.079
6.089	53.158	-0.200	6.161	110.170	-0.146	6.134	167.360	-0.078
6.228	53.052	-0.197	6.317	109.463	-0.144	6.295	166.582	-0.076
6.380	52.203	-0.196	6.474	108.897	-0.142	6.456	165.344	-0.073
6.555	51.778	-0.194	6.631	108.260	-0.140	6.605	165.309	-0.071
						6.756	163.929	-0.069
						6.895	163.505	-0.068
						7.026	163.328	-0.064

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo RomagnoliIo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT
 Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2Cr1	m 8.50 - 9.00	
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903040	rev.00 del:	19/06/19

Consolidazione Provino 1

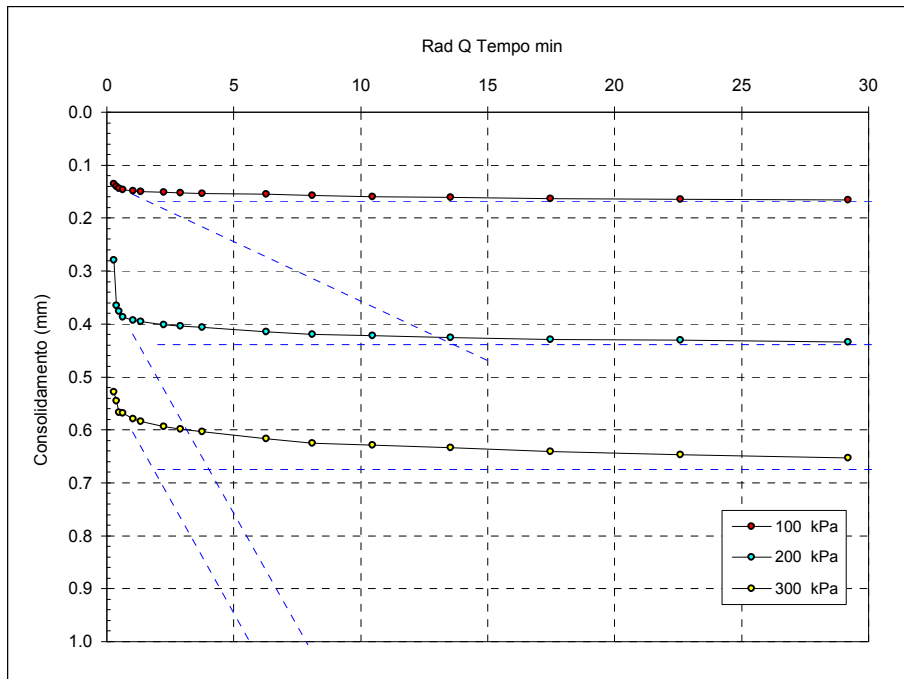
100 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.135
0.14	0.140
0.23	0.144
0.39	0.146
1.08	0.149
1.81	0.150
5.05	0.151
8.44	0.152
14.09	0.153
39.29	0.155
65.61	0.157
109.58	0.160
182.98	0.161
305.58	0.163
510.33	0.164
852.27	0.165

Consolidazione Provino 2

200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.279
0.14	0.365
0.23	0.376
0.39	0.386
1.08	0.393
1.81	0.396
5.05	0.401
8.44	0.404
14.09	0.407
39.29	0.414
65.61	0.419
109.58	0.422
182.98	0.425
305.58	0.430
510.33	0.431
852.27	0.434

Consolidazione Provino 3

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.529
0.14	0.546
0.23	0.568
0.39	0.568
1.08	0.579
1.81	0.584
5.05	0.594
8.44	0.598
14.09	0.603
39.29	0.617
65.61	0.625
109.58	0.629
182.98	0.634
305.58	0.640
510.33	0.648
852.27	0.653



t_{100} min
 (Bishop ed Henkel)
 Provino 1
 2.5
 Provino 2
 1.5
 Provino 3
 3.3

Il Direttore del Laboratorio terre:
 dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
 dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



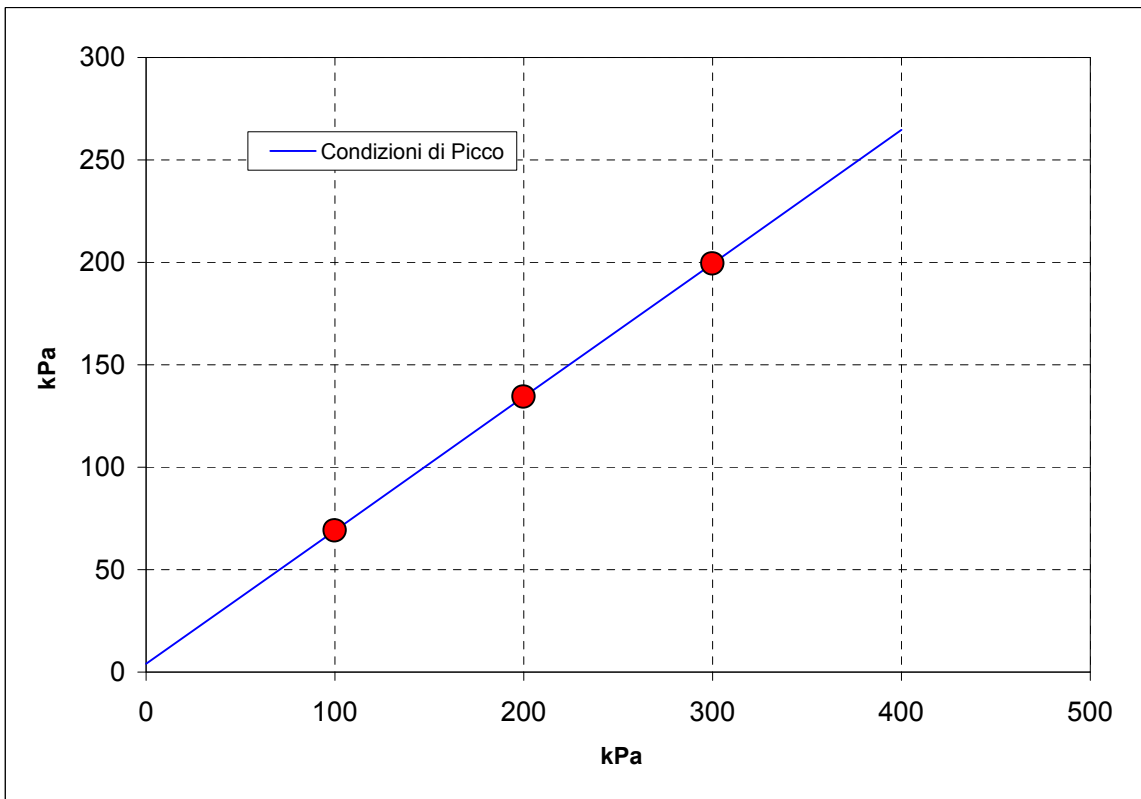
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	S2Cr1		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19

Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Tensione di taglio (kPa)	69.07	134.36	199.37
Condizioni di Picco	Coesione:	3.97 kPa	Angolo di attrito: 33°



FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 4.00 - 4.75		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903047	rev.00 del:	19/06/19

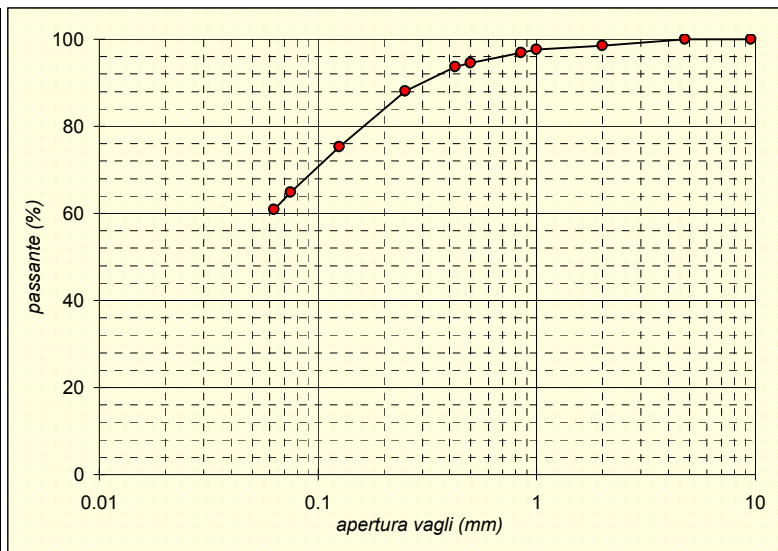
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa marrone

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	2	11.34	1.44	98.56
573	setaccio	1	7.64	0.97	97.59
290	setaccio	0.85	5.20	0.66	96.93
291	setaccio	0.5	18.11	2.30	94.63
292	setaccio	0.425	7.09	0.90	93.73
293	setaccio	0.250	44.26	5.62	88.11
282	setaccio	0.125	100.49	12.76	75.35
283	setaccio	0.075	82.54	10.48	64.87
286	setaccio	0.063	31.74	4.03	60.84
	fondo	479.14	60.84	100.00	0.00
TOTALE		787.55			φ max (mm) = 2.6

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
USCS		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	1.4%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	35.1%	37.7%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	64.9%	60.8%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

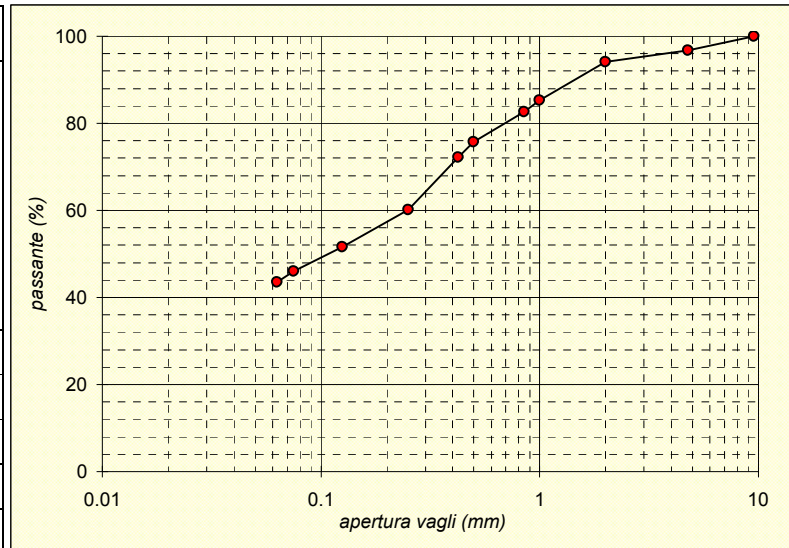
ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 6.00 - 6.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903048	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina con limo e argilla debolmente ghiaiosa marrone						
codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)	
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	23.02	3.20	3.20	96.80
572	setaccio	2	18.84	2.62	5.82	94.18
573	setaccio	1	64.08	8.91	14.73	85.27
290	setaccio	0.85	18.84	2.62	17.35	82.65
291	setaccio	0.5	49.91	6.94	24.29	75.71
292	setaccio	0.425	25.39	3.53	27.82	72.18
293	setaccio	0.250	86.52	12.03	39.85	60.15
282	setaccio	0.125	61.63	8.57	48.42	51.58
283	setaccio	0.075	39.77	5.53	53.95	46.05
286	setaccio	0.063	18.34	2.55	56.50	43.50
	fondo	312.84	43.50	100.00	100.00	0.00
TOTALE		719.18			ϕ max (mm) = 6.3	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	3.2%	5.8%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	50.7%	50.7%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	46.0%	43.5%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

CAMPIONE: S2Spt3 m 9.00 - 9.45

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903049 rev.00 del: 19/06/19

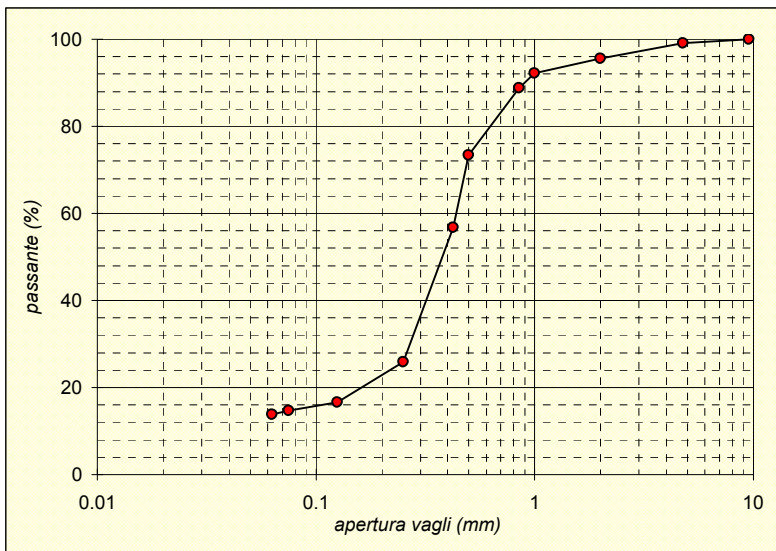
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	5.02	0.82	99.18
572	setaccio	2	22.05	3.62	95.56
573	setaccio	1	20.00	3.28	92.28
290	setaccio	0.85	20.80	3.41	88.87
291	setaccio	0.5	94.57	15.51	73.35
292	setaccio	0.425	101.53	16.65	56.70
293	setaccio	0.250	188.15	30.86	25.84
282	setaccio	0.125	56.55	9.28	16.56
283	setaccio	0.075	11.50	1.89	14.68
286	setaccio	0.063	5.12	0.84	13.84
	fondo	84.36	13.84	100.00	0.00
TOTALE		609.65		φ max (mm) = 5.3	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.8%	4.4%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	84.5%	81.7%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	14.7%	13.8%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 15.00 - 15.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903050	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

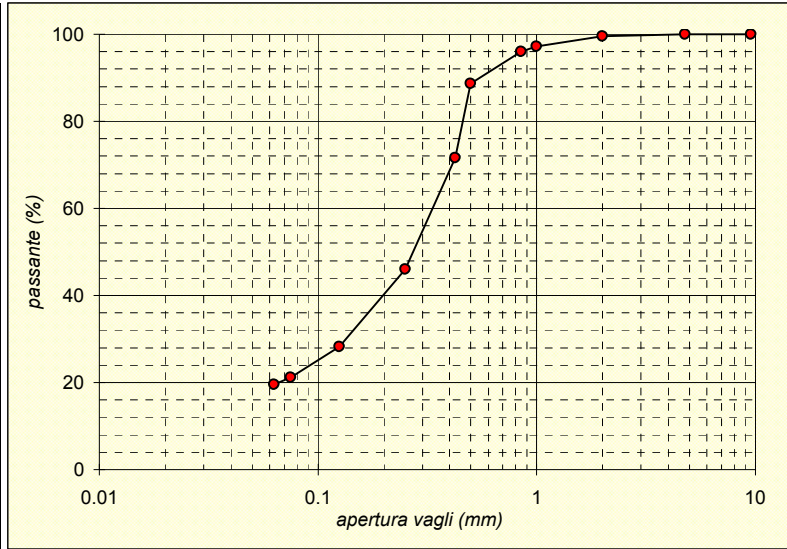
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	2	1.67	0.41	99.59
573	setaccio	1	9.77	2.40	97.19
290	setaccio	0.85	4.68	1.15	96.04
291	setaccio	0.5	30.17	7.41	88.63
292	setaccio	0.425	69.54	17.08	71.55
293	setaccio	0.250	103.90	25.52	46.03
282	setaccio	0.125	72.64	17.84	28.19
283	setaccio	0.075	28.83	7.08	21.11
286	setaccio	0.063	6.56	1.61	19.50
	fondo	79.39	19.50	100.00	0.00
TOTALE		407.15			

φ max (mm) = 2.1

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
USCS		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.4%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	78.9%	80.1%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	21.1%	19.5%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara

CANTIERE: Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara

CAMPIONE: S2Spt5 m 18.00 - 18.45

COMMESSA: 18673/18 DURATA PROVE: 13 - 18/06/19

VERBALE ACC.: VGF185/19 DATA CONSEGNA: 12/06/19

GEO - CERT. n°: GF1903051 rev.00 del: 19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

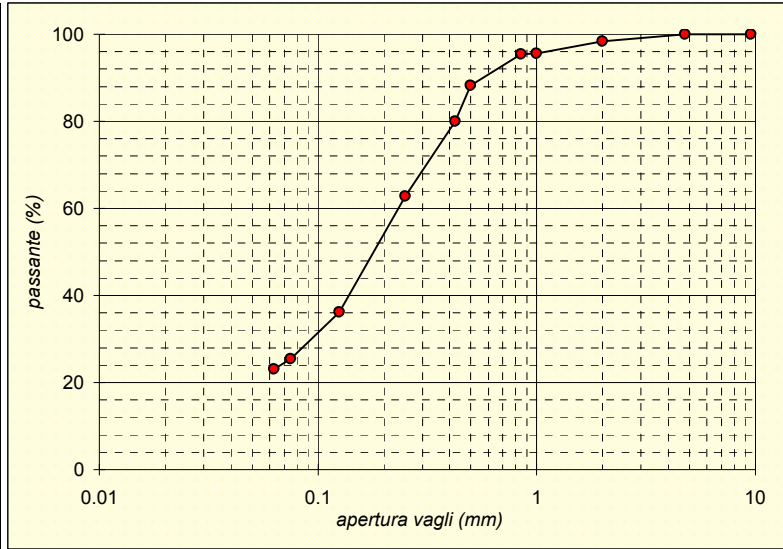
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	2	6.24	1.68	98.32
573	setaccio	1	10.29	2.77	95.55
290	setaccio	0.85	0.67	0.18	95.37
291	setaccio	0.5	26.56	7.15	88.22
292	setaccio	0.425	30.43	8.19	80.03
293	setaccio	0.250	63.82	17.18	62.85
282	setaccio	0.125	99.26	26.72	36.13
283	setaccio	0.075	39.68	10.68	25.45
286	setaccio	0.063	8.73	2.35	23.10
	fondo	85.81	23.10	100.00	0.00
TOTALE		371.49			

φ max (mm) = 2.4

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
USCS UNI		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	1.7%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	74.6%	75.2%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	25.4%	23.1%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 21.00 - 21.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903052	rev.00 del:	19/06/19

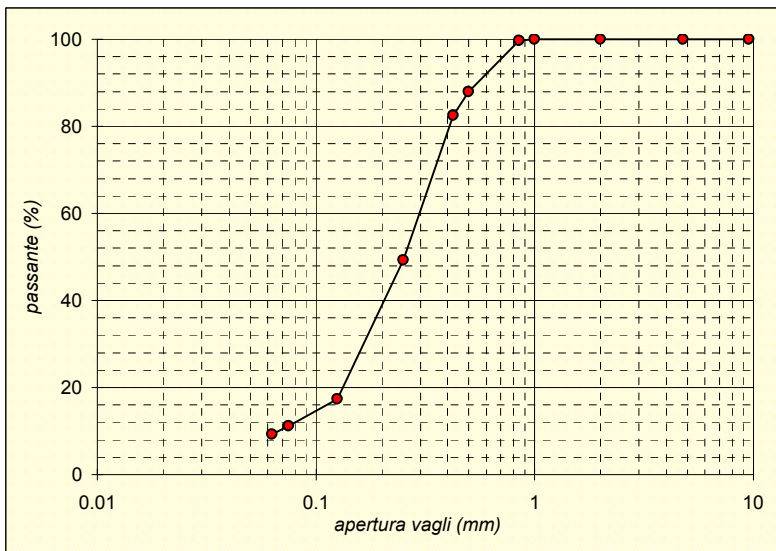
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	2	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	1	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	0.85	1.04	0.29	99.71
291	setaccio	0.5	41.88	11.71	88.00
292	setaccio	0.425	19.78	5.53	82.47
293	setaccio	0.250	118.48	33.13	49.34
282	setaccio	0.125	114.22	31.94	17.40
283	setaccio	0.075	22.14	6.19	11.20
286	setaccio	0.063	6.83	1.91	9.30
	fondo	33.24	9.30	100.00	0.00
TOTALE		357.61			φ max (mm) = 0.9

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	88.8%	90.7%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	11.2%	9.3%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 24.00 - 24.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903053	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

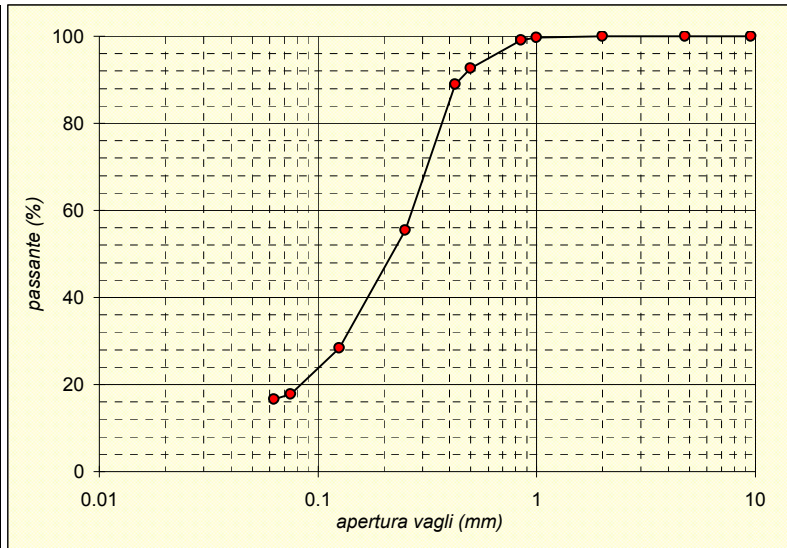
Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	2	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	1	1.92	0.31	99.69
290	setaccio	0.85	3.40	0.55	99.14
291	setaccio	0.5	40.40	6.54	92.60
292	setaccio	0.425	22.49	3.64	88.96
293	setaccio	0.250	207.45	33.58	55.38
282	setaccio	0.125	167.17	27.06	28.32
283	setaccio	0.075	64.99	10.52	17.80
286	setaccio	0.063	7.48	1.21	16.59
	fondo	102.48	16.59	100.00	0.00
	TOTALE	617.78			

φ max (mm) = 1.1

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-
t° C	Tempo (s)
-	30
-	60
-	120
-	300
-	600
-	1200
-	2400
-	4800
-	14400
-	86400
-	172800

Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	82.2%	83.4%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	17.8%	16.6%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA (per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422			
COMMITTENTE:	Regione Emilia Romagna - v.le Cavour 77 - 44121 Ferrara		
CANTIERE:	Ponte Bardella - Via Vallelunga, Pontelagoscuro, Ferrara		
CAMPIONE:	m 27.00 - 27.45		
COMMESSA:	18673/18	DURATA PROVE:	13 - 18/06/19
VERBALE ACC.:	VGf185/19	DATA CONSEGNA:	12/06/19
GEO - CERT. n°:	GF1903054	rev.00 del:	19/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

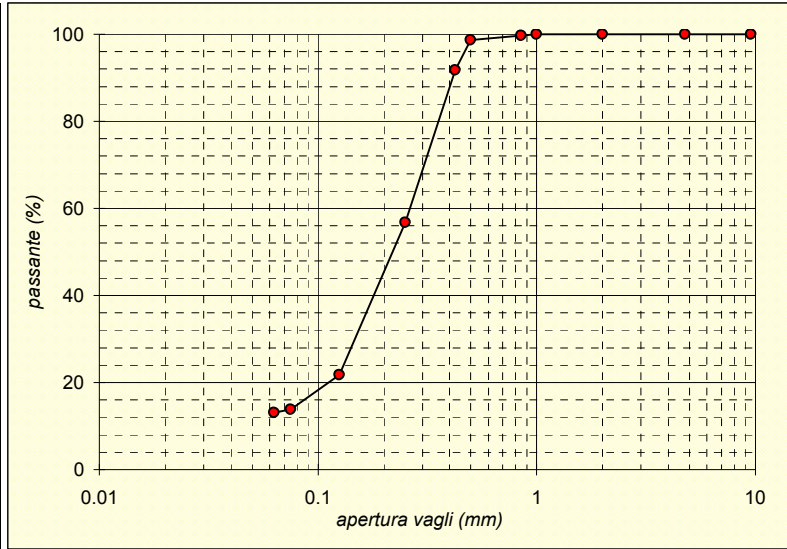
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Sabbia medio fina limosa grigio

codici	vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
570	setaccio	9.51	0.00	0.00	100.00
571	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	2	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	1	0.10	0.03	99.97
290	setaccio	0.85	0.90	0.27	99.70
291	setaccio	0.5	3.33	1.00	98.70
292	setaccio	0.425	23.03	6.91	91.79
293	setaccio	0.250	116.57	34.97	56.82
282	setaccio	0.125	116.74	35.02	21.80
283	setaccio	0.075	26.50	7.95	13.85
286	setaccio	0.063	2.70	0.81	13.04
	fondo	43.47	13.04	100.00	0.00
TOTALE		333.34			

φ max (mm) = 1.0

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	-	
t° C	Tempo (s)	Letture
-	30	-
-	60	-
-	120	-
-	300	-
-	600	-
-	1200	-
-	2400	-
-	4800	-
-	14400	-
-	86400	-
-	172800	-
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	86.1%	87.0%
LIMO + ARGILLA	< 0,075 mm	< 0,063 mm
	13.9%	13.0%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

Commessa 18673 - 18

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E
LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO

ALLEGATO 4

PROSPEZIONE GEOFISICA

***Indagine HVSR presso Ponte Bardella - Via Vallelunga,
Pontelagoscuro, Ferrara (FE)***

Emissione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato
Rev. 00	20/06/2019	Antonio Battiato	Donato Fiore	Massimo De Iasi

AVELLINO DEPARTMENT

Via Campo di Fiume, 13 – 83030 Montefredane (AV)
Tel.: +39 0825 24353 - Fax.: +39 0825 248705

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648 - Capitale sociale 7.144.000,00 euro
Sede Legale: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it

Ubicazione



Foto Acquisizione



Latitudine	Longitudine
44.878043°	11.601933°

GRILLA42 REGIONE EMILIA ROMAGNA IDROVIA 18673-18

Strumento: TE3-0338/02-17

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 20/06/19 10:16:23 Fine registrazione: 20/06/19 10:36:23

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

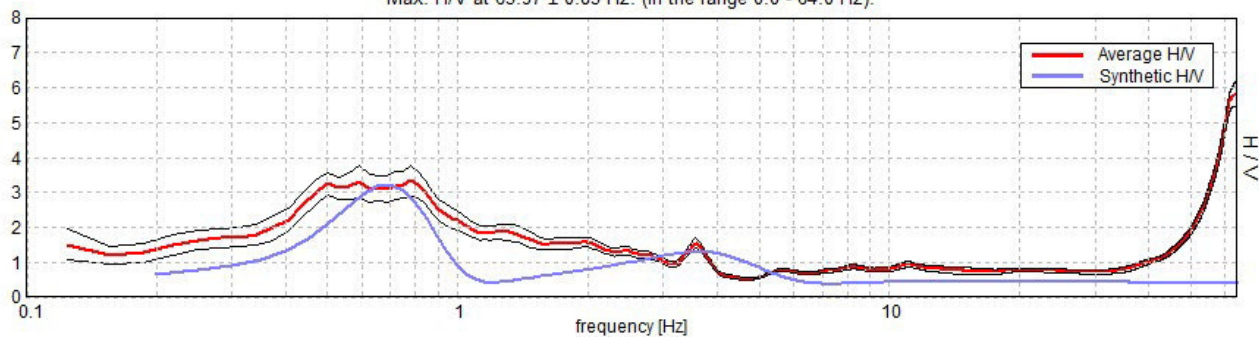
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

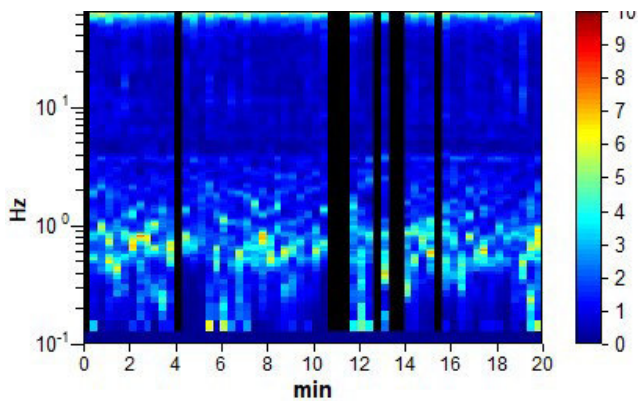
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

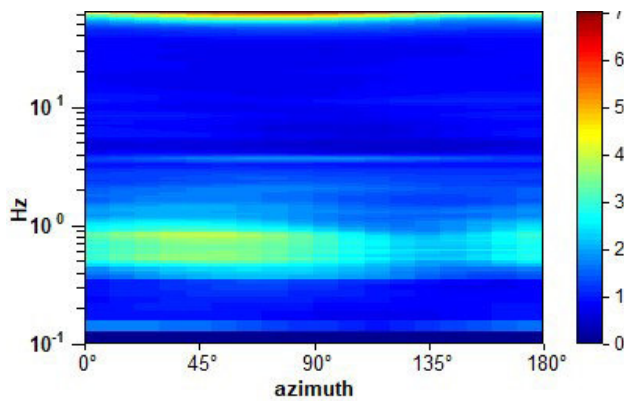
Max. H/V at 63.97 ± 0.85 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



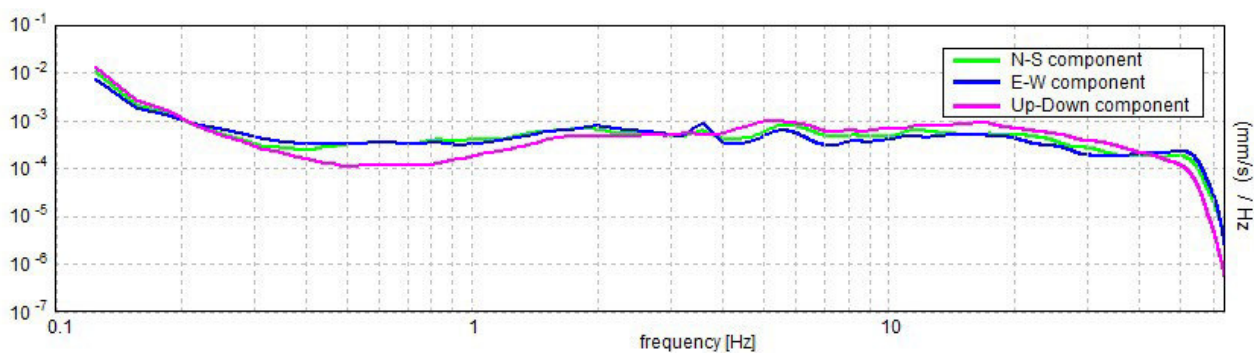
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



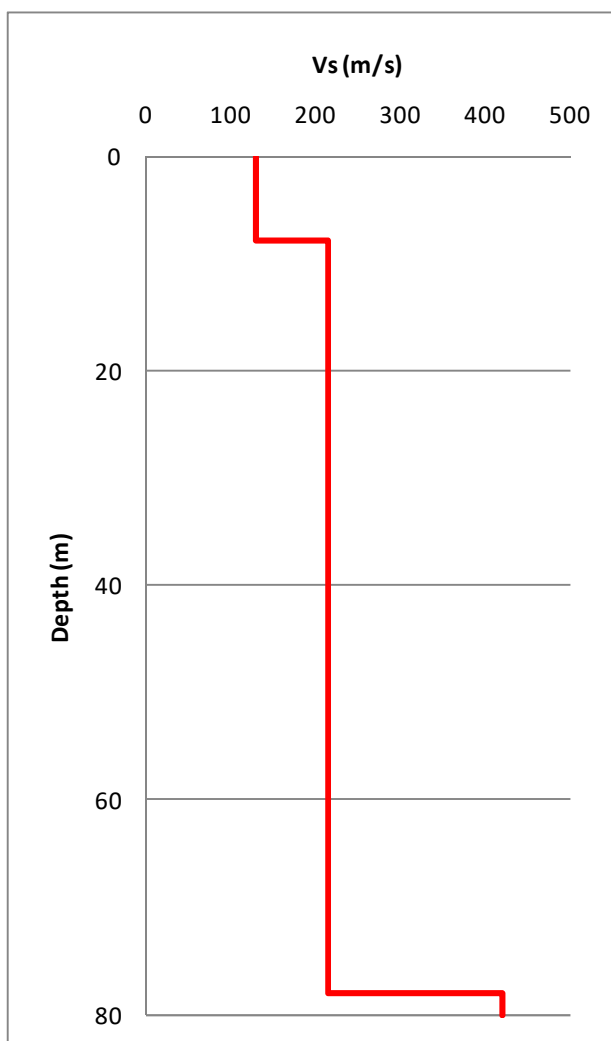
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
8.00	8.00	130
78.00	70.00	215
inf.	inf.	420

$V_{s_{eq}(0.0-30.0)} = 183 \text{ m/s}$



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

Picco H/V a 63.97 ± 0.85 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$65248.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	54.625 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$5.84 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01328 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.84937 < 3.19844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4277 < 1.58$	OK	

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

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

Commessa 18673 - 18

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E
LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO

ALLEGATO 5

ANALISI CHIMICHE

MILANO DEPARTMENT
Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

LAB N° 0297
Membro degli Accordi di Mutuo
Riconoscimento EA, IAF e ILAC

RAPPORTO DI PROVA n° 19LA03716 DEL 12/06/2019

COMMITTENTE : **Regione Emilia Romagna Agenzia Regionale per la sicurezza e la protezione civile Servizio Area Reno Po di Volano**
V. le Cavour 77
44121 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :

Descrizione : **C1**
Matrice : Terreno
Riferimento : **COMMESSA N° 18673/18**

DATI DEL PRELIEVO :

Luogo di prelievo : **INDAGINI GEOTECNICHE DEL PONTE BARDELLA A FERRARA DA REALIZZARSI NELL'AMBITO DEI LAVORI DI ADEGUAMENTO DELL'IDROVIA FERRARESE AL TRAFFICO DI V CLASSE EUROPEA**
Prelevato da : Personale Socotec Infrastructure
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : 30/05/2019
Data arrivo campione : 03/06/2019
Data inizio prove : 03/06/2019
Data fine prove : 11/06/2019

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI:

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	85,3				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	99,8				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	4,7	± 0.5	20	50	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
* Berillio	mg/kgss	< 2		2	10	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	4
Cadmio	mg/kgss	< 0,5		2	15	LABO 09 Ed.11^ (2019)	0.5
Cobalto	mg/kgss	9,9	± 1.0	20	250	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Cromo	mg/kgss	80	± 8	150	800	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	66	± 7	120	500	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Piombo	mg/kgss	7,6	± 0.8	100	1000	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Rame	mg/kgss	18,1	± 1.8	120	600	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
* Vanadio	mg/kgss	29		90	250	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	40
Zinco	mg/kgss	48	± 5	150	1500	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	< 20		50	750	LABO 11 Ed.08^ (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 19LA03716 del 12/06/2019

Toluene	mg/kgss	< 0,0005	0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01	1	100	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI						
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	< 0,002	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	< 0,002	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	< 0,002	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	< 0,002	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	< 0,01	10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	< 0,002	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
PCB Congeneri						
* 2,2',4,5,5' PENTA-CB (PCB 101)	mg/kgss	0			LABO 04 Ed.08^ (2016)	
* 2,3,3',4,4' PENTA-CB (PCB 105)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4',6 PENTA-CB (PCB 110)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,4,4',5 PENTA-CB (PCB 114)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3',4,4',5 PENTA-CB (PCB 118)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2',3,4,4',5 PENTA-CB (PCB 123)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 3,3',4,4',5 PENTA-CB (PCB 126)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4' ESA-CB (PCB 128)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5' ESA-CB (PCB 138)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 153)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4,4',5 ESA-CB (PCB 156)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4,4',5' ESA-CB (PCB 157)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 167)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 3,3',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 169)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5 EPTA-CB (PCB 170)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,5',6' EPTA-CB (PCB 177)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5,5' EPTA-CB (PCB 180)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5,6' EPTA-CB (PCB 183)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4',5,5',6' EPTA-CB (PCB 187)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4,4',5,5' EPTA-CB (PCB 189)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5,5', OCTA-CB (PCB 194)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5,6' OCTA-CB (PCB 196)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5,5',6 OCTA-CB (PCB 203)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5,5',6' OCTA-CB (PCB 209)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001

MILANO DEPARTMENT
 Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

LAB N° 0297
 Membro degli Accordi di Mutuo
 Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Segue rapporto di prova n° 19LA03716 del 12/06/2019

* 2,4,4' TRI-CB (PCB 28)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 3,3',4,4' TETRA-CB (PCB 77)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 3,4,4',5 TETRA-CB (PCB 81)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 2,2',3,5',6 PENTA-CB (PCB 95)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 2,2',4,4',5 PENTA-CB (PCB 99)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* Sommatoria Pcb congeneri	mg/kgss	< 0,001	0.06	5	LABO 04 Ed.08^ (2016)	
* Amianto in microscopia ottica	P/A	Assente	1000	1000	NIOSH 9002 : 1994	

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.
 Eventuali pareri e interpretazioni non sono oggetto di accreditamento.

Il parametro contrassegnato con il simbolo § indica che la prova supera il limite normativo di riferimento.

Il parametro contrassegnato con il simbolo (E) indica che la prova è stata eseguita presso laboratorio esterno.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LR (limite di rilevabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot uc$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Tutti i parametri sono effettuati sulla frazione inferiore 2 mm.

Le sommatorie dei dati inferiori al limite di rilevabilità, dove non diversamente esplicitato, sono state eseguite in conformità al Rapporto ISTISAN 04/15 secondo il criterio "Lower-Bound" ($<LR=0$).

I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a Prova.

Le registrazioni relative al campione provato verranno conservate presso il laboratorio per dieci anni.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Socotec Italia S.r.l. .

La Responsabile del Laboratorio

Dr. Silvia Longhi
 (Ord. Naz.le Biologi Sez. A n°AA_081148)

MILANO DEPARTMENT
Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

LAB N° 0297
Membro degli Accordi di Mutuo
Riconoscimento EA, IAF e ILAC

RAPPORTO DI PROVA n° 19LA03717 DEL 12/06/2019

COMMITTENTE : **Regione Emilia Romagna Agenzia Regionale per la sicurezza e la protezione civile Servizio Area Reno Po di Volano**
V. le Cavour 77
44121 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :

Descrizione : **C2**
Matrice : Terreno
Riferimento : **COMMESSA N° 18673/18**

DATI DEL PRELIEVO :

Luogo di prelievo : **INDAGINI GEOTECNICHE DEL PONTE BARDELLA A FERRARA DA REALIZZARSI NELL'AMBITO DEI LAVORI DI ADEGUAMENTO DELL'IDROVIA FERRARESE AL TRAFFICO DI V CLASSE EUROPEA**
Prelevato da : Personale Socotec Infrastructure
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : 30/05/2019
Data arrivo campione : 03/06/2019
Data inizio prove : 03/06/2019
Data fine prove : 11/06/2019

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI:

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	83,0				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	69,9				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	3,0	± 0.3	20	50	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
* Berillio	mg/kgss	< 2		2	10	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	4
Cadmio	mg/kgss	< 0,5		2	15	LABO 09 Ed.11^ (2019)	0.5
Cobalto	mg/kgss	6,7	± 0.7	20	250	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Cromo	mg/kgss	42	± 4	150	800	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	44	± 4	120	500	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Piombo	mg/kgss	13,9	± 1.4	100	1000	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Rame	mg/kgss	17,7	± 1.8	120	600	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
* Vanadio	mg/kgss	16,8		90	250	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	40
Zinco	mg/kgss	48	± 5	150	1500	LABO 09 Ed.11^ (2019)	2.5
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	< 20		50	750	LABO 11 Ed.08^ (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 19LA03717 del 12/06/2019

Toluene	mg/kgss	< 0,0005	0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01	1	100	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI						
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	0,01	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,01	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,01	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	< 0,002	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	0,01	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	0,04	10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	< 0,002	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
PCB Congeneri						
* 2,2',4,5,5' PENTA-CB (PCB 101)	mg/kgss	0			LABO 04 Ed.08^ (2016)	
* 2,3,3',4,4' PENTA-CB (PCB 105)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4',6 PENTA-CB (PCB 110)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,4,4',5 PENTA-CB (PCB 114)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3',4,4',5 PENTA-CB (PCB 118)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2',3,4,4',5 PENTA-CB (PCB 123)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 3,3',4,4',5 PENTA-CB (PCB 126)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4' ESA-CB (PCB 128)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5' ESA-CB (PCB 138)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 153)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4,4',5 ESA-CB (PCB 156)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4,4',5' ESA-CB (PCB 157)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 167)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 3,3',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 169)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5 EPTA-CB (PCB 170)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,5',6' EPTA-CB (PCB 177)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5,5' EPTA-CB (PCB 180)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5,6' EPTA-CB (PCB 183)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4',5,5',6 EPTA-CB (PCB 187)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,3,3',4,4',5,5' EPTA-CB (PCB 189)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5,5', OCTA-CB (PCB 194)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5,6' OCTA-CB (PCB 196)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,4,4',5,5',6 OCTA-CB (PCB 203)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001
* 2,2',3,3',4,4',5,5',6' OCTA-CB (PCB 209)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.001

MILANO DEPARTMENT
Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

LAB N° 0297
Membro degli Accordi di Mutuo
Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Segue rapporto di prova n° 19LA03717 del 12/06/2019

* 2,4,4' TRI-CB (PCB 28)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 3,3',4,4' TETRA-CB (PCB 77)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 3,4,4',5 TETRA-CB (PCB 81)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 2,2',3,5',6 PENTA-CB (PCB 95)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* 2,2',4,4',5 PENTA-CB (PCB 99)	mg/kgss	< 0,001			LABO 04 Ed.08^ (2016)	0.00 1
* Sommatoria Pcb congeneri	mg/kgss	< 0,001	0.06	5	LABO 04 Ed.08^ (2016)	
* Amianto in microscopia ottica	P/A	Assente	1000	1000	NIOSH 9002 : 1994	

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.
Eventuali pareri e interpretazioni non sono oggetto di accreditamento.

Il parametro contrassegnato con il simbolo § indica che la prova supera il limite normativo di riferimento.

Il parametro contrassegnato con il simbolo (E) indica che la prova è stata eseguita presso laboratorio esterno.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LR (limite di rilevabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot uc$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Tutti i parametri sono effettuati sulla frazione inferiore 2 mm.

Le sommatorie dei dati inferiori al limite di rilevabilità, dove non diversamente esplicitato, sono state eseguite in conformità al Rapporto ISTISAN 04/15 secondo il criterio "Lower-Bound" ($<LR=0$).

I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a Prova.

Le registrazioni relative al campione provato verranno conservate presso il laboratorio per dieci anni.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Socotec Italia S.r.l. .

La Responsabile del Laboratorio

Dr. Silvia Longhi
(Ord. Naz.le Biologi Sez. A n°AA_081148)