



Regione Lombardia  
Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità



CODICE COMMESSA	LIVELLO PROGETTAZIONE	D.P.R. 207/10	PROGRESSIVO ELABORATO	CATEGORIA OPERA	NUMERO OPERA	REVISIONE	SCALA
Q 0 3	D	b	0 0 7	I G	- -	R 0	---

AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DEL  
NODO DI BOVISA - COMUNE DI MILANO  
*Progetto Definitivo*

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1				
	0	Lug. 2020	Prima emissione		

NORD\_ING

NORD\_ING S.r.l.  
IL DIRETTORE TECNICO  
Ing. Antonella Volta

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.  
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA  
IL DIRETTORE  
Ing. Marco Mariani

Progettista



Collaborazione

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

FILE:

# REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



**PROJECT:**

ADEGUAMENTO E POTENZIAMENTO DEL NODO DI BOVISA

**LOCATION:**

BOVISA, MILANO

**CLIENT:**

FERROVIENORD S.P.A.

**OBJECT:**

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



**Tecno In Ref.:** R.C. 143/18  
**Revision n°:** 0  
**Date:** Marzo 2019  
**Description:** emissione

**Redacted by:**  
**Reviewed by:**  
**Approved by:**  
**Document code:**

D.ssa Geol. Carmela Guastaferro  
D.ssa Geol. Maria Giovanna Camuti  
Dr. Geol. Lucio Amato  
Report Geo.doc

## INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3.	SONDAGGI	4
4.	PROVE S.P.T.	6
5.	PRELIEVO DI CAMPIONI GEOTECNICI E PROVE DI LABORATORIO	9
6.	PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H.	10
7.	PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC	11
7.1	OPERAZIONI PRELIMINARI	11
7.2	PROVE A CARICO COSTANTE	12
8.	PROSPEZIONE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW	13
8.1	DESCRIZIONE DEL METODO D'INDAGINE, ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI	13
8.2	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	15
	Risultanze dell'indagine MASW <sub>01</sub>	16
	Risultanze dell'indagine MASW <sub>02</sub>	19
8.3	DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_s$ EQUIVALENTE	22
9.	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA	23
9.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA	23
9.2	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	24
9.3	DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE	25
9.4	DESCRIZIONE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI	26
9.5	RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA	27
	Tomografia sismica L1	28
	Tomografia sismica L2	30

### ALLEGATI:

**ALLEGATO 1: UBICAZIONE INDAGINI**

**ALLEGATO 2: STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI**

**ALLEGATO 3: ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H.**

**ALLEGATO 4: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI**

**ALLEGATO 5: ELABORATI PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC**

**ALLEGATO 6: CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO**

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato "Report indagini geognostiche" viene redatto per il Progetto di ammodernamento e potenziamento del nodo di Bovisa (Milano).

Nell'ambito del progetto summenzionato è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla determinazione delle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e geofisiche delle litologie presenti nell'area di interesse.

La campagna di indagine geognostica è stata così articolata:

- n°2 sondaggi geognostici (S1 e S2) ad andamento verticale a carotaggio continuo spinti ad una profondità di 25m da p.c. con esecuzione di prove SPT in foro di sondaggio, prelievo di campioni per prove di laboratorio geotecnico;
- n°2 sondaggi geognostici (S3 e S4) ad andamento verticale a carotaggio continuo spinti ad una profondità di 50m da p.c. con esecuzione di prove SPT in foro di sondaggio, prelievo di campioni per prove di laboratorio geotecnico ed esecuzione di prove di permeabilità;
- n° 68 prove penetrometriche SPT
- n° 17 prelievi di campioni rimaneggiati e 1 campione indisturbato sottoposti a prove di laboratorio geotecnico
- n°1 installazione di tubazione piezometrica nel sondaggio S1;
- n° 4 prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 4 DPSH spinte sino a rifiuto posizionate accanto ai sondaggi;
- n° 2 indagini sismiche MASW rispettivamente posizionate rispettivamente in prossimità dei sondaggi S2 e S3;
- n° 2 profili sismici a rifrazione in P eseguiti lungo le stesse basi sismiche delle MASW.
- esecuzione di prove di laboratorio geotecnico;
- documentazione fotografica delle indagini;
- relazione delle attività in sito e laboratorio.

Le attività di cantiere si sono espletate nei mesi di giugno, luglio e agosto 2018.

Tutte le indagini sono state effettuate nel rispetto delle disposizioni delle specifiche tecniche e delle norme AGI 1977/1994.





*Figura 1-1: Stralcio planimetrico dell'area di interesse con ubicazione delle indagini*

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

Si riporta, di seguito, l'elenco della normativa di riferimento osservata:

- Norme Tecniche per le Costruzioni "Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- Allegati alle Norme Tecniche per le Costruzioni "Approvate con Decreto Ministeriale 14.01.2008"
- Raccomandazioni AGI (1977-1994)
- Modalità Tecniche ANISG (1977)

### 3. SONDAGGI

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti in conformità alle Raccomandazioni AGI (1977) ed alle Modalità Tecniche ANISIG (1977).

Le attività di esecuzione dei sondaggi sono state eseguite da personale specializzato in perforazioni.

La squadra operativa è stata composta da n°1 sondatore, n° 1 aiuto sondatore e dal geologo, il quale ha provveduto alla stesura dei log stratigrafici.

I sondaggi a carotaggio continuo, sono stati eseguiti a rotazione con il metodo classico con sistema ad aste e carotiere. Tale perforazione avviene tramite aste di collegamento che vengono estratte dopo ogni manovra (tratto perforato) per recuperare dal carotiere, posto alla base della colonna di aste, il materiale carotato. Il raggiungimento di profondità maggiori avviene aggiungendo in superficie aste alla batteria. Le aste impiegate hanno diametro di 76.1 mm. Per stabilizzare le pareti del foro ed evitare che frani viene inserita la tubazione di rivestimento metallico provvisorio di diametro 127mm.

Per i sondaggi sono stati usati carotieri semplici, con diametro esterno di 127 e 152mm (diametro interno 101 e 131 mm).

Sono state utilizzate la sonda perforatrice cingolata **Beretta T57** con le caratteristiche tecniche riassunte di seguito:

- testa di rotazione a motore idraulico
- cambio a 4 rapporti di velocità
- coppia torcente 600 Kgm
- velocità max di rotazione 450 giri/min
- slitta di avanzamento 3.40 m
- cingoli con pattini in gomma
- argano idraulico
- freno idraulico
- svita aste idraulico
- doppia morsa
- antenna ribaltamento idraulico H = 6,50 m

e la sonda perforatrice **Gelma Nenzi 2** con le caratteristiche tecniche riassunte di seguito:

- Testa Rotazione
- Coppia max 10.500 kNm
- Velocità min / max 0 - 600 rpm
- Peso Totale 18000 kg
- Camion tipo Iveco Magirus
- larghezza 2450 mm
- lunghezza 8150 mm
- Stabilizzatori indipendenti 4 Nr.
- Motore diesel tipo DEUTZ F6L914
- Potenza 84 kw
- Corsa rotary 5750 mm
- Forza spinta 80 kN
- Forza tiro 80 kN
- Doppie morse
- Diammin / max 50- 300 mm
- Forza chiusura 400 kN
- Argano

- Forza sollevamento max21 kN
- Velocità fune 40 m/min
- Argano wire line 300 m
- Pompa fanghi triplex 200
- Pompa scarotatrice 200 bar
- Estrusore per carotiere

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici munite di scomparti divisorii e coperchio apribile di dimensioni 5 m X 1 m, ed una volta scortecciate sono state fotografate ed analizzate da un geologo.

Su ogni cassetta è stato indicato l'oggetto, il cantiere, la località, la profondità, la data e la sigla identificativa del sondaggio.

Al termine delle operazioni di carotaggio, tutti i fori sono stati richiusi ad eccezione del sondaggio S1 in cui è stata installata una tubazione piezometrica per il monitoraggio del livello di falda.

I log stratigrafici di ogni singolo sondaggio sono riportati nell'*Allegato 2 – Stratigrafie dei sondaggi*.

#### 4. PROVE S.P.T.

Le prove SPT (Standard Penetration Test) sono state eseguite rispettando la normativa vigente (AGI, 1977) e le modalità esecutive del capitolato speciale d'appalto.

La prova consente di determinare la resistenza di un terreno alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

La modalità esecutiva consiste nell'infissione nel terreno alla base del sondaggio di un campionatore per tre tratti consecutivi, di 150 mm ciascuno, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione, N1, N2, N3.

Per N1 = 50 colpi, e l'avanzamento dell'infissione è inferiore ai 150mm, l'infissione viene sospesa. Per N1 < 50 colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 300 mm, contando separatamente il numero di colpi necessari all'avanzamento per la penetrazione dei primi e dei secondi 150 mm (N2 e N3), sino al limite di 100 colpi (N2 + N3 < 100 colpi). Se con N1 + N3 = 100 colpi non si raggiunge l'avanzamento di 300 mm, l'infissione viene sospesa e la prova si dovrà considerare conclusa.

Sono state eseguite complessivamente n° 68 prove con punta aperta; i risultati sono riportati nelle schede stratigrafiche allegate (ALL.2) e nella tabella riepilogativa seguente:

N.	ID son- daggio	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
1	S1	1.50	1.95	spt1: 3-5-7	12
2	S1	3.00	3.45	spt2: 9-11-12	23
3	S1	4.50	4.95	spt3: 15-17-15	32
4	S1	6.00	6.45	spt4: 8-13-16	29
5	S1	7.50	7.95	spt5: 18-20-20	40
6	S1	9.00	9.45	spt6: 12-13-17	30
7	S1	10.50	10.95	spt7: 17-23-21	44
8	S1	12.00	12.45	spt8: 13-19-23	42
9	S1	13.50	13.95	spt9: 13-17-20	37
10	S1	15.00	15.45	spt10: 18-19-23	42
11	S1	18.00	18.45	spt11: 15-17-15	32
12	S1	21.00	21.45	spt12: 22-27-32	59
13	S1	24.00	24.45	spt13: 25-29-33	62
14	S2	1.50	1.95	spt1: 7-5-8	13
15	S2	3.00	3.45	spt2: 3-4-4	8
16	S2	4.50	4.95	spt3: 13-17-16	33
17	S2	6.00	6.45	spt4: 19-20-17	37
18	S2	7.50	7.95	spt5: 18-23-22	45
19	S2	9.00	9.45	spt6: 15-27-19	46
20	S2	10.50	10.95	spt7: 20-26-25	51
21	S2	12.00	12.45	spt8: 18-28-31	59
22	S2	13.50	13.95	spt9: 18-18-21	39

N.	ID son- daggio	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
23	S2	15.00	15.45	spt10: 20-15-17	32
24	S2	18.00	18.45	spt11: 11-14-19	33
25	S2	21.00	21.45	spt12: 18-30-30	60
26	S2	24.00	24.45	spt13: 15-27-32	59
27	S3	1.50	1.95	spt1: 4-3-2	5
28	S3	3.00	3.45	spt2: 2-1-1	2
29	S3	4.50	4.95	spt3: 2-3-2	5
30	S3	6.00	6.45	spt4: 17-43-43	86
31	S3	7.50	7.95	spt5: 20-29-33	62
32	S3	9.00	9.45	spt6: 22-28-40	68
33	S3	10.50	10.95	spt7: 17-21-19	40
34	S3	12.00	12.45	spt8:16-12-17	29
35	S3	13.50	13.95	spt9:17-27-30	57
36	S3	15.00	15.45	spt10: 14-26-30	56
37	S3	18.00	18.45	spt11: 17-21-18	39
38	S3	21.00	21.45	spt12: 18-23-21	44
39	S3	24.00	24.45	spt13: 50 R+2 cm	rifiuto
40	S3	27.00	27.45	spt14: 16-23-25	48
41	S3	30.00	30.45	spt15: 25-38-50 R+8 cm	rifiuto
42	S3	33.00	33.45	spt16: 50 R+6 cm	rifiuto
43	S3	36.00	36.45	spt17: 45-50 R+5 cm	rifiuto
44	S3	39.00	39.45	spt18: 43-47-42	89
45	S3	42.00	42.45	spt19: 34-39-45	84
46	S3	45.00	45.45	spt20: 36-36-46	82
47	S3	48.00	48.45	spt21:32-38-41	79
48	S4	1.50	1.95	spt1: 3-4-3	7
49	S4	3.00	3.45	spt2: 2-2-3	5
50	S4	4.50	4.95	spt3:2-3-4	7
51	S4	6.00	6.45	spt4: 15-14-21	35
52	S4	7.50	7.95	spt5: 23-24-29	53
53	S4	9.00	9.45	spt6: 18-16-14	30
54	S4	10.50	10.95	spt7: 17-21-19	40
55	S4	12.00	12.45	spt8:16-12-17	29
56	S4	13.50	13.95	spt9:17-27-30	57
57	S4	15.00	15.45	spt10: 14-26-30	56
58	S4	18.00	18.45	spt11: 17-21-18	39
59	S4	21.00	21.45	spt12: 18-24-28	52
60	S4	24.00	24.45	spt13: 33-36-37	73
61	S4	27.00	27.45	spt14: 12-13-18	31

N.	ID son- daggio	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
62	S4	30.00	30.45	spt15: 18-24-26	50
63	S4	33.00	33.45	spt16:16-25-31	56
64	S4	36.00	36.45	spt17: 31-34-39	73
65	S4	39.00	39.45	spt18: 24-23-26	49
66	S4	42.00	42.45	spt19: 19-21-25	46
67	S4	45.00	45.45	spt20: 34-35-31	66
68	S4	48.00	48.45	spt21:28-26-29	55

Tabella 4-1: Prove SPT eseguite con relativo n° di colpi

La strumentazione impiegata per l'esecuzione delle prove SPT consiste in:

- Tubo campionatore apribile longitudinalmente:  $\emptyset$  est= 50.8 mm;  $\emptyset$  int= 35 mm L minima (escluso tagliente principale)>457 mm; L utile = 630 mm;
- Scarpa tagliente terminale (con rastremazione negli ultimi 19 mm) = 76 mm; il campionatore è munito di valvola a sfera alla sommità e aperture di scarico e sfiato;
- Massa battente di peso 63,5 kg che cade da 75 cm di altezza;
- Aste collegate al campionatore aventi peso per metro lineare 6.5 kg ( $\pm 0.5$  kg/ml). Le aste saranno diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova  $< 1^\circ/\circ$ . La caduta del maglio deve essere libera; pertanto deve essere adottato un dispositivo di sganciamento.

## 5. PRELIEVO DI CAMPIONI GEOTECNICI E PROVE DI LABORATORIO

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati n.17campioni rimaneggiati e n. 1 campione indisturbato da sottoporre a prove di laboratorio.

Sigla campione	Sigla di laboratorio	Profondità di prelievo (m)		Peso di volume naturale $\gamma_n$ (KN/m <sup>3</sup> )	Peso volume del secco $\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	Contenuto d'acqua W (%)	Peso specifico dei grani $G_s$ (-)	Porosità n (%)	Indice dei vuoti e (-)	Grado di saturazione G (%)	Distribuzione granulometrica (%)					Limiti di Atterberg (%)			Prova di taglio diretto consolidata drenata CD	
		da	a								Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia	Ciottoli	WL	WP	IP	Angolo di attrito $\phi$	Coesione (kPa)
S1-CR1	T.1777/18	6,80	7,00								6,00		35,04	58,96	0,00					
S1-CR2	T.1778/18	12,70	13,00								17,00		47,01	35,99	0,00					
S2-CR1	T.1779/18	18,00	18,30								9,00		27,41	63,59	0,00					
S2-CR2	T.1780/18	22,00	22,30								9,50		73,81	16,69	0,00					
S3-CR1	T.1764/19	5,50	6,00								16,50		36,95	46,55	0,00					
S3-CR2	T.1765/18	20,00	20,50								15,50	68,50	16,00	0,00	0,00	42,50	29,77	12,73		
S3-CR3	T.1766/18	23,50	24,00								2,50	4,50	57,00	36,00	0,00					
S3-CR4	T.1767/18	29,00	29,50								10,00	18,00	48,00	24,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.		
S3-CI1	T.1781/18	34,50	35,00	19,03	15,47	23,02	2,58	39,94	0,67	89,14	3,00	33,00	55,00	9,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	35,09	14,50
S3-CR5	T.1768/18	39,50	40,00								9,00		51,02	39,98	0,00					
S3-CR6	T.1769/18	47,50	48,00								5,50	10,50	63,00	21,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.		
S4-CR1	T.1770/18	6,00	6,50								14,70		36,17	49,13	0,00					
S4-CR2	T.1771/18	10,00	10,50								6,00	10,10	50,90	33,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.		
S4-CR3	T.1772/18	18,00	18,50								13,00		86,17	0,83	0,00					
S4-CR4	T.1773/18	20,00	20,50								16,00		44,33	39,67	0,00					
S4-CR5	T.1774/18	29,00	29,50								9,00	12,00	68,00	11,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.		
S4-CR6	T.1775/18	37,00	37,50								7,00	12,00	70,00	11,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.		
S4-CR7	T.1776/18	44,50	45,00								8,50	20,00	47,50	24,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.		

Tabella 5-1: Scheda sintetica dei campioni prelevati e dei risultati delle prove



In *Tabella 5-1* si riporta uno schema sintetico dei campioni prelevati e dei risultati ottenuti, mentre per la visione di dettaglio si rimanda ai certificati allegati (ALL.6):

Tutti i campioni sono stati catalogati con apposita etichetta riportando le seguenti informazioni: sigla identificativa del sondaggio, numero del campione, tipologia di prelievo, profondità del prelievo, committente, data, località, oggetto del lavoro.

## 6. PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H.

Le prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH) sono state eseguite in prossimità dei sondaggi recanti la stessa numerazione, con un **PENETROMETRO PAGANI TG63/200** rispondente alle seguenti caratteristiche riconosciute nella procedura ISSMFE (1988) dall'ASSOCIAZIONE GEOTECNICA INTERNAZIONALE.

Riferimento norme	DIN 4094
Altezza di caduta	75 cm
Peso massa battente	63,5 kg
Peso sistema di caduta	8.0 kg
Diametro della punta conica	50,46 mm
Angolo al vertice della punta conica	90°
Area della punta conica	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso batteria di aste concentriche	6,30 kg/m cad
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m

La prova penetrometrica dinamica pesante continua, consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica, avvitata all'estremità inferiore di una batteria di aste metalliche, mediante battitura con un maglio che cade liberamente da un'altezza costante (vedi caratteristiche sopra elencate); i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prefissata vengono annotati e costituiscono la resistenza del terreno alla penetrazione della punta conica.

Le letture sono state effettuate ogni 20 cm (**N<sub>20</sub>**).

La procedura di riferimento è quella della International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering ISSMGE (Stefanoff et alii 1988).

In allegato (ALL.3) si riporta l'elaborazione della prova sotto forma di tabelle e grafici.

## 7. PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

Durante le fasi di perforazione sono state eseguite n. 4 prove Lefranc a carico costante al fine di determinare la permeabilità, nei tratti selezionati dei fori, dei terreni interessati dalla perforazione.

Le prove di permeabilità Lefranc consistono nella misurazione della velocità di assorbimento di acqua, per immissione o estrazione, in un tratto di perforo opportunamente realizzato.

Esse possono essere eseguite a **carico idraulico costante**, misurando la quantità d'acqua immessa o estratta, o a **carico idraulico variabile**, misurando i livelli dell'acqua a intervalli di tempo progressivamente crescenti.

Le prove di permeabilità consentono di valutare il coefficiente di permeabilità K del tratto di prova.

Nel caso specifico la prova è stata effettuata a carico idraulico costante.

In allegato (ALL.5)) sono fornite le schede di elaborazione in cui, oltre ai dati misurati in campagna, si riporta il calcolo della permeabilità.

Si è applicata la seguente formula:

$$K=Q/C_f \cdot h \cdot d$$

dove:

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)

Q=portata immessa (mc/s)

C<sub>f</sub>=coefficiente di forma (adimensionale)

h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)

d=diametro tratto di prova (m)

### 7.1 Operazioni preliminari

Nel corso della perforazione sono state effettuate misurazioni del livello dell'acqua tali da determinare, se presente, il livello statico della falda.

La sezione di prova è stata predisposta alla profondità desiderata, con dimensioni tali da avere flussi di acqua dal foro al terreno misurabili dagli strumenti a disposizione.

La formazione della sezione di prova è stata effettuata con modalità scelte in base alla natura del terreno, osservando le seguenti precauzioni:

- la perforazione è avvenuta in maniera da arrecare il minor disturbo possibile al terreno;
- l'infissione della tubazione di rivestimento è avvenuta in modo tale da impedire sifonamenti alla base della stessa;
- si è evitata la formazione di pannelli poco permeabili di terreno rimaneggiato dal carotaggio sulla parete del foro (a tal fine la perforazione è stata eseguita una manovra di pulizia con circolazione di acqua).

## 7.2 Prove a carico costante

La prova si effettua innalzando o abbassando il livello dell'acqua nel foro rispetto al livello statico della falda e misurando le portate immesse o emunte, mantenendo costante il livello dinamico.

Si opera come segue:

- si misura, se presente, il livello dell'acqua in foro;
- si mette nel foro la tubazione di immissione dell'acqua o la pompa per l'emungimento;
- si collega il dispositivo per la regolazione e la misurazione del flusso di acqua;
- si immette acqua limpida nel foro, oppure la si emunge con la pompa sommersa, fino a raggiungere il livello dinamico dell'acqua desiderato;
- si attende che il flusso si stabilizzi e quindi si effettuano, ad intervalli stabiliti, le letture di portata al contatore, per un tempo di 60 minuti (tali tempi possono essere variati a seconda delle esigenze e delle richieste).

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della prova eseguita e del valore di "k" ottenuto:

ID sondaggio	Tratto di prova	K (m/s)	litologia
<b>S3</b>	18.70 – 19.50	5,4E-04	Sabbia con ghiaia e rari ciottoli
<b>S3</b>	23.40 – 24.00	4,9E-04	Sabbia con ghiaia
<b>S4</b>	17.10 – 18.00	4,9E-04	Sabbia deb. Limosa con ghiaia
<b>S4</b>	24.80 – 25.50	7,7E-04	Sabbia deb. limosa e ghiaia, rari ciottoli

*Tabella 7-1: Scheda sintetica delle prove Lefranc*

## 8. PROSPEZIONE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

### 8.1 Descrizione del metodo d'indagine, acquisizione ed elaborazione dei dati

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di uno stendimento di sensori multipli (geofoni) disposti sulla superficie libera del terreno. Quando si energizza in un punto della sua superficie libera del terreno, si generano diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie, hanno origine onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera, si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love.

Nel metodo MASW di seguito descritto, si usano le sole onde di superficiali di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali, intervengono due aspetti che rendono il contributo di dette onde prevalente sul contributo delle onde di volume. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che, allontanandosi dalla sorgente, le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perché esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo d'indagine MASW, descritto nella presente nota, è del tipo attivo ovvero le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate ad uno stendimento lineare di sensori.

Questo consente di ottenere uno spettro delle velocità di fase (ovvero una curva di dispersione) sperimentale apparente, generalmente nel range di frequenze compreso tra 4.5÷80 Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa (di norma) entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidità o **rigidità sismica** dei litotipi costituenti il sottosuolo e della lunghezza dell'allineamento di sensori.

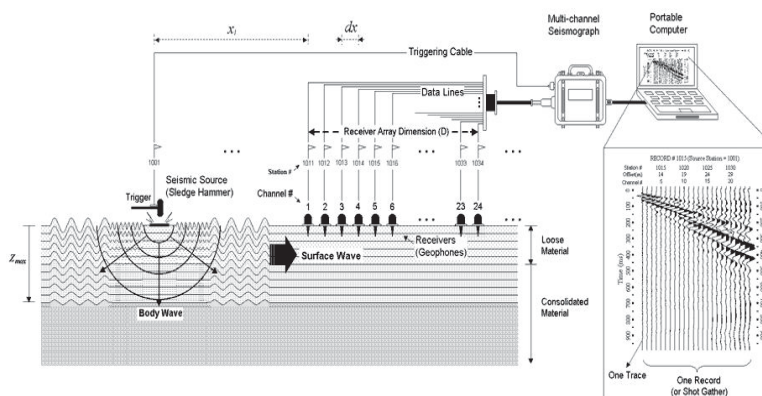
Il processo che viene usato per produrre profili di velocità delle onde S a partire dalle onde di Rayleigh, con la tecnica MASW, richiede tre passi:

1. Dopo aver visionato i files d'interesse ed impostate le caratteristiche geometriche del profilo, in primo luogo viene calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, mediante un processo di elaborazione che consente di estrarre la suddetta curva dallo spettro nel dominio frequenza-numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo di moto misurato originariamente nel dominio spazio-tempo;
2. Successivamente, viene calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente numerica mediante modellizzazione del sottosuolo in termini di velocità delle onde P ed S, intervallo dei valori del coefficiente di Poisson e densità dei terreni;

3. La terza fase consiste, infine, nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS, modificando opportunamente lo spessore degli orizzonti litologici e la densità fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e quella numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

L'analisi multicanale delle onde di superficie può essere applicata in due differenti modi: attiva o passiva. La differenza tra le due tecniche, oltre che nella passiva non si prevedono energizzazioni artificiali, è essenzialmente legata alla possibilità di avere sorgenti naturali che possono fornire l'energia sufficiente per ottenere curve di dispersioni di buona qualità. Il sistema di indagine attiva consiste nell'usare una sorgente sismica ed una serie di ricevitori posti su una linea retta.

Uno schema tipico di acquisizione di un rilievo MASW è mostrato in *Figura8-1*.



*Figura8-1– Esempio di configurazione sorgente-ricevitore per l'esecuzione di un profilo MASW*

Per l'indagine sismica in oggetto è stato eseguito uno stendimento di lunghezza pari a 46 m. Tale allineamento sismico ha previsto l'utilizzo di 24 geofoni con distanza intergeofonica pari a 2 m.

Dopo aver posizionato il profilo, si è proceduto all'energizzazione, ai due estremi del profilo a 5 e 10 m., mediante massa battente su una piastra metallica disposta al terreno, effettuando sia misurazioni singole che mediante sommatoria sincrona del segnale (stacking).

Avvalendosi di software specialistici di post-processing è stato possibile ottenere il profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo e, di conseguenza, calcolare la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,30.

## 8.2 Strumentazione utilizzata

Per le indagini in oggetto è stata utilizzata un'attrezzatura costituita da un sismografo digitale MAE mod. X610-S avente le seguenti caratteristiche:

- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Guadagno di preamplificazione: 24 e 36 dB
- Delay: da 0 a 100 sec ad intervalli di 1 campione a passo
- Tipo di guadagno: Automatico (AGC)
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB, 80% della frequenza di Nyquist, -80dB
- Intervalli di campionamento: 1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 21800 con incrementi di 512
- Interfacce disponibili: LAN, USB, VGA
- Canali: configurazioni da 24, 48 o 72. Possibilità di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Visualizzazione in tempo reale dei segnali provenienti dai geofoni
- Trigger: positive, negative (opzionale a chiusura di contatto) con soglia regolabile da software
- Formato dei dati: SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII
- Alimentazione: 12V DC, fornita da apposito power box ricaricabile. Assorbimento medio: 1.5°
- Display: LCD 12.2" con touch-screen integrato optical bonding.
- Geofoni OYOGEOSPACE, 4.5 Hz per la rilevazione delle onde superficiali.



I segnali acquisiti in campo, sono stati campionati a frequenza variabile da 1.000 a 2.000 cps operando con differenti settaggi della macchina.



### Risultanze dell'indagine MASW01

L'elaborazione dei dati è stata effettuata selezionando, tra tutti i segnali acquisiti, il sismogramma di seguito riportato (Figura8-2) in cui sono riportate le tracce sismiche registrate sull'intero array di geofoni costituenti lo stendimento.

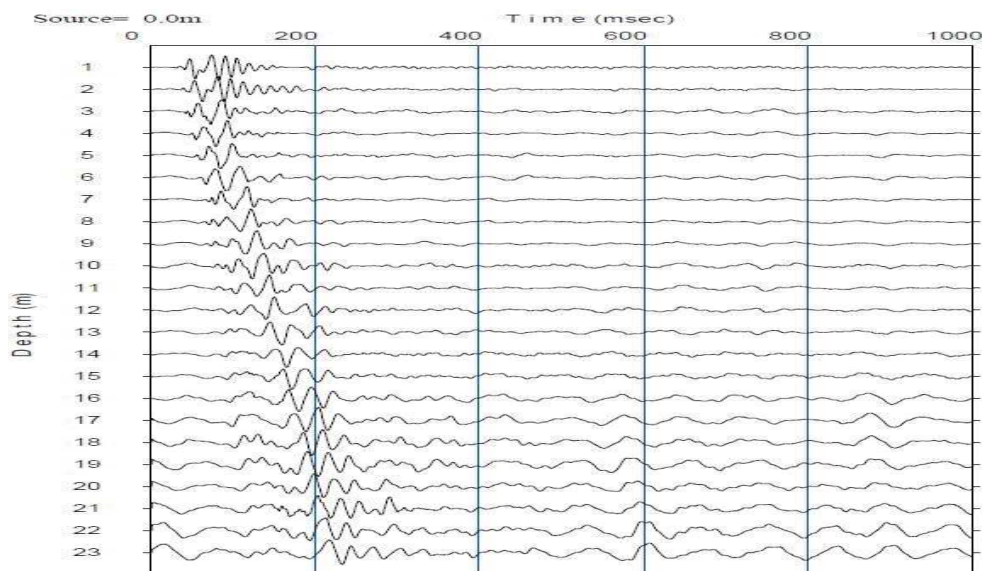


Figura8-2– Milano Bovisa. Indagine MASW 2 -Sismogramma.

A seguito del post-processing è stato elaborato il diagramma velocità di fase-frequenza dal quale è stata estratta la curva di dispersione di seguito riportata (Figura8-3).

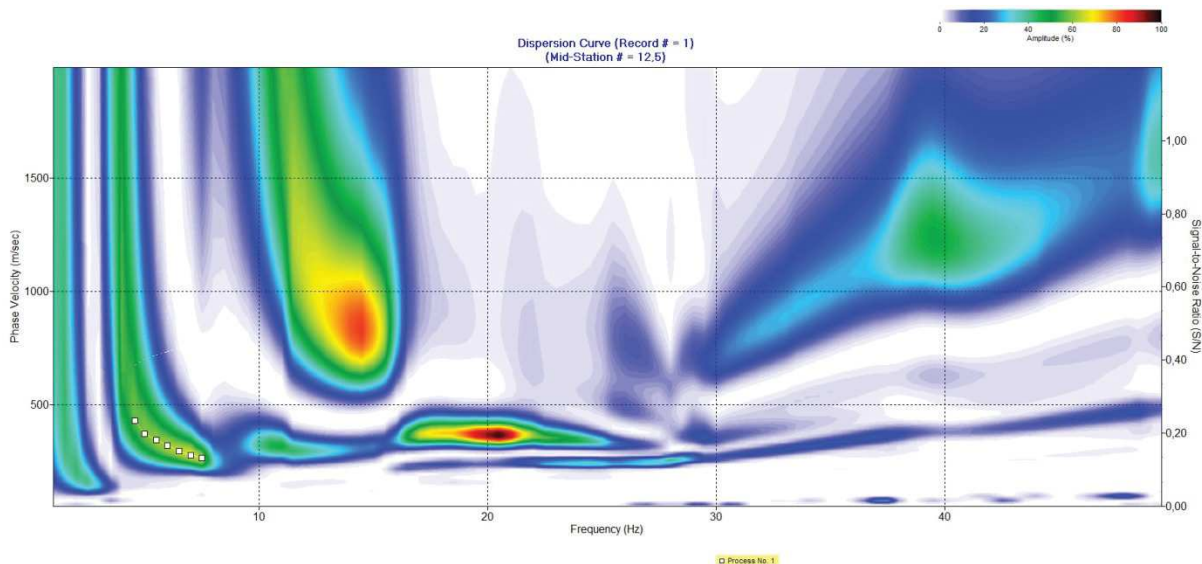


Figura8-3– Milano Bovisa. Indagine MASW01  
Diagramma velocità di fase-frequenza e curva di dispersione.



Ultimato il processo di inversione, è stato ricavato il profilo verticale dell'andamento della velocità delle onde S di seguito diagrammato (Figura8-4).

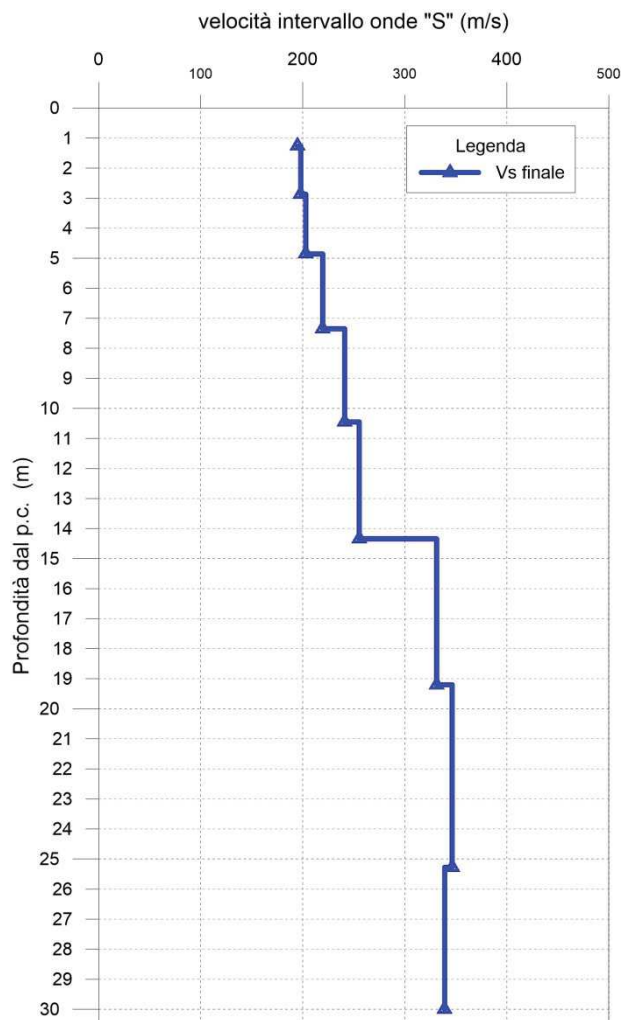


Figura8-4– Milano Bovisa. Indagine MASW01.  
Andamento del profilo delle velocità delle onde S con la profondità.

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i valori di profondità e velocità medie delle onde S:

Profondità (m dal p.c)	DELTA (h)	Vs (m/s)
1.3	1.3	195
2.9	1.6	198
4.9	2.0	203
7.4	2.5	220
10.5	3.1	241
14.3	3.9	255
19.2	4.9	331
25.3	6.1	347
30.00	4.7	339

*Tabella 8-1: Scheda Milano Bovisa. Indagine MASW01  
Profondità, spessore sismostrati e velocità medie delle onde S.*

#### Risultanze dell'indagine MASW02

L'elaborazione dei dati è stata effettuata selezionando, tra tutti i segnali acquisiti, il sismogramma di seguito riportato (Figura8-5) in cui sono riportate le tracce sismiche registrate sull'intero array di geofoni costituenti lo stendimento.

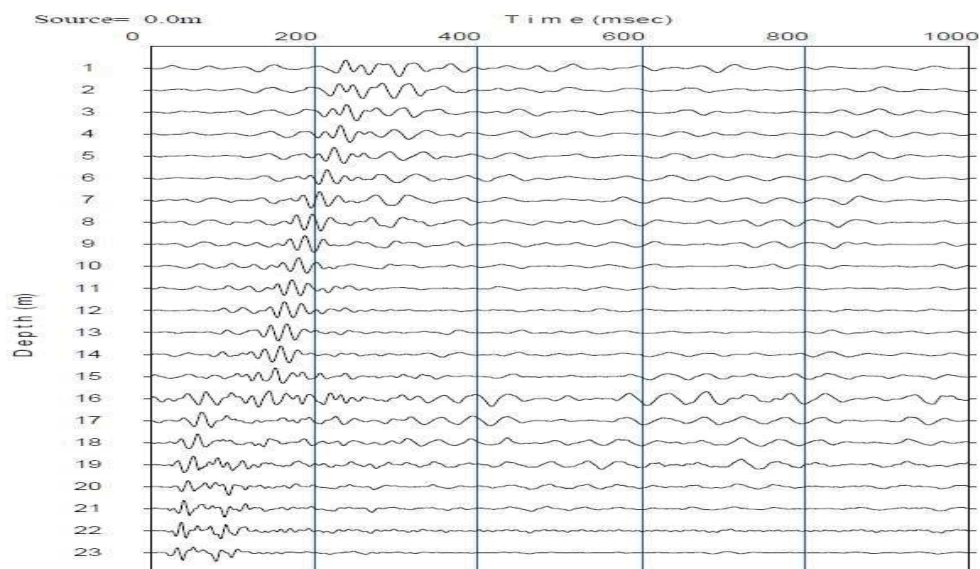


Figura8-5– Milano Bovisa. Indagine MASW02 - Sismogramma.

A seguito del post-processing è stato elaborato il diagramma velocità di fase-frequenza dal quale è stata estratta la curva di dispersione di seguito riportata (Figura8-6).

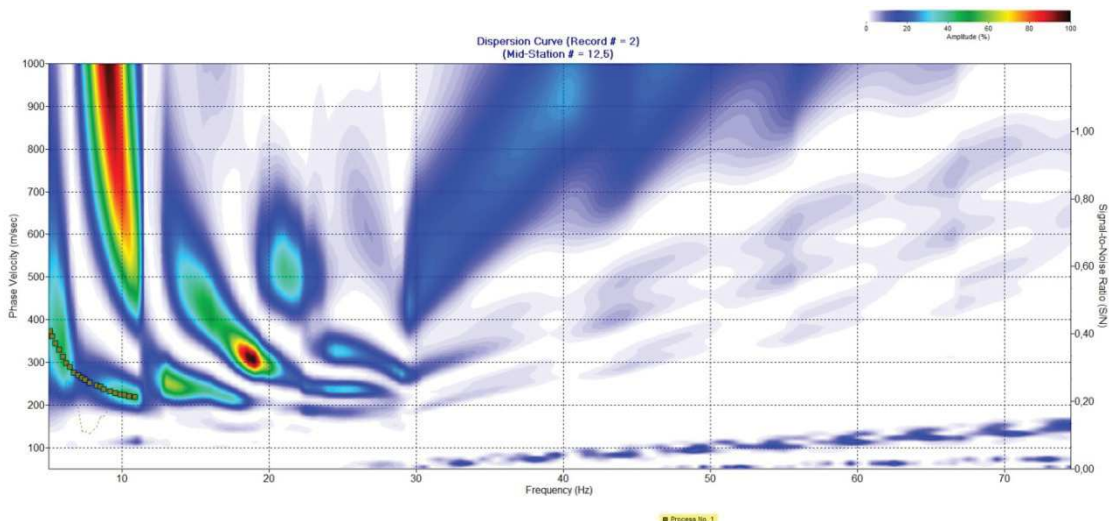
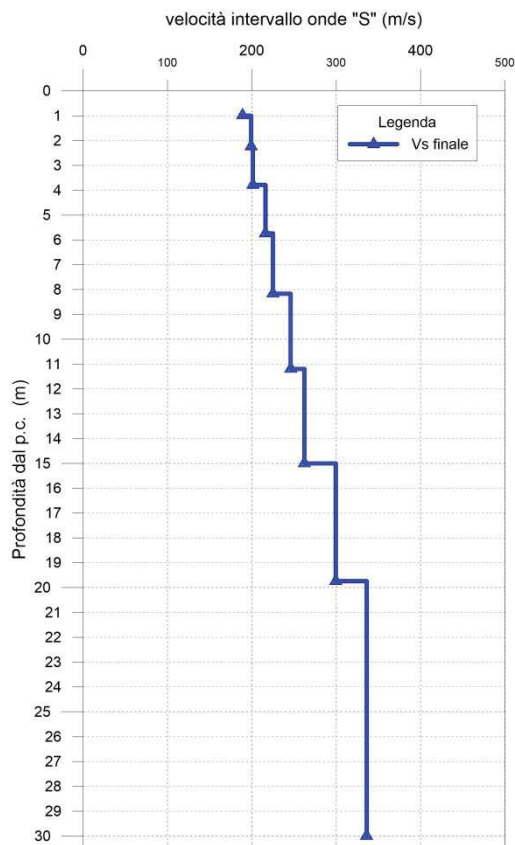


Figura8-6– Milano Bovisa. Indagine MASW02  
Diagramma velocità di fase-frequenza e curva di dispersione.

Ultimato il processo di inversione, è stato ricavato il profilo verticale dell'andamento della velocità delle onde S di seguito diagrammato (Figura8-7).



*Figura8-7– Milano Bovisa. Indagine MASW02.  
Andamento del profilo delle velocità delle onde S con la profondità.*

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i valori di profondità e velocità medie delle onde S:

Profondità (m dal p.c)	DELTA (h)	Vs (m/s)
1.00	1.0	189
2.2	1.2	199
3.8	1.6	201
5.7	2.0	216
8.2	2.4	225
11.2	3.0	246
15.0	3.8	262
19.7	4.7	299
30.0	10.3	336

*Tabella 8-2: Scheda Milano Bovisa. Indagine MASW02  
Profondità, spessore sismostrati e velocità medie delle onde S.*

### 8.3 Determinazione del parametro $V_S$ equivalente

Al fine di classificare il sottosuolo da un punto di vista sismico nonché per definire l'azione sismica di progetto e l'effetto della risposta sismica locale, la normativa europea (EUROCODICE 8) e quelle italiane, dall'OPCM 3274/2003 sino alle recenti "Norme Tecniche per le Costruzioni", approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, adottano, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili a determinate categorie, un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ .

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s) è definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  numero di strati;

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

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

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

Mediante le risultanze scaturite dalle prospezioni geofisiche descritte nel presente elaborato, l'elaborazione dei dati ha permesso di calcolare i seguenti valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$ :

Codice indagine	Valore $V_{S,eq}$
MASW <sub>01</sub>	273m/s
MASW <sub>02</sub>	267m/s

## 9. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA

### 9.1 Descrizione della metodologia

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o S) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. Le onde elastiche sono, quindi, rilevate da un array di geofoni, infissi al suolo, con spaziatura regolare.

I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima (calcolo) delle geometrie del sottosuolo (disposizione morfologica delle interfacce) e delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

La generazione delle onde elastiche avviene presso una base sismica (Fig. 9.1), operando con energizzazioni ripetute in modo da ottenere un segnale caratterizzato da un rapporto segnale-rumore soddisfacente. Tale geometria è necessaria per l'utilizzo successivo dell'algoritmo tomografico.

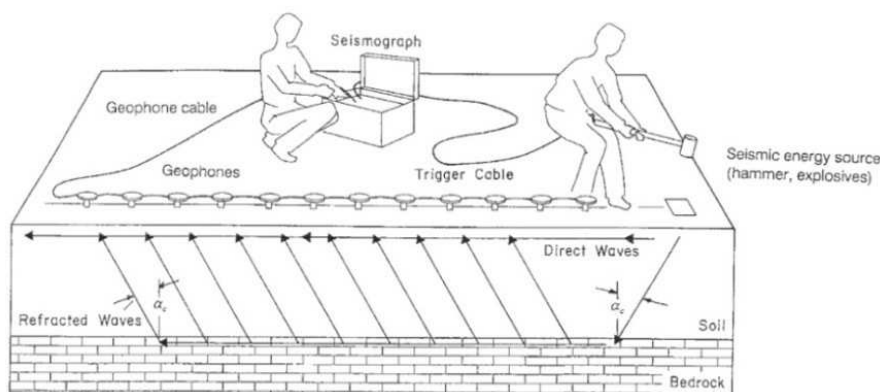


Fig. 9.1 – Schema esecutivo della sismica a rifrazione (fonte norma ASTM D 5777 – 00).

L'indagine eseguita con la metodologia della tomografia sismica a rifrazione necessita di un numero di tiri eseguiti sia internamente sia esternamente a ciascun stendimento. Nel caso in oggetto, sono stati eseguiti 7 tiri compresi come da schema sotto riportato (Fig. 9.2).

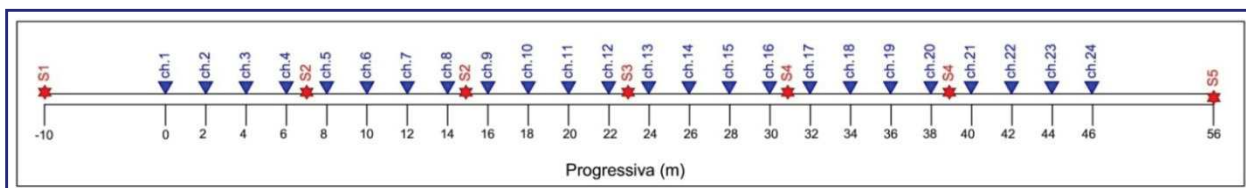


Fig. 9.2 – Tomografia sismica. Disposizione siti di energizzazione.

I sistemi energizzanti devono essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Per la generazione in onde P, la sorgente è generalmente costituita da un cannoncino industriale (tipo "minibang") ed eventualmente la mazza sismica.



## 9.2 Descrizione della strumentazione utilizzata

Di seguito sono riportate le specifiche della strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle indagini sismica a rifrazione:

Geofoni, a componente verticale, con frequenza pari a 14 Hz della OYO GEOSPACE.

Trigger, costituito da un dispositivo, collegato al sistema di acquisizione, che permette di avviare la registrazione del segnale sismico acquisito dai geofoni nell'istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Il sistema di "innesco" è stato realizzato mediante un geofono di superficie posizionato in prossimità della sorgente e attivato dall'impatto, nell'istante in cui la massa battente colpisce la sorgente.

Sistema di energizzazione, costituito, per la generazione delle onde P da una sorgente impattiva costituita da un martello da 10 kg e un piattello metallico posto al suolo.

I segnali sismici, sono stati acquisiti mediante un sismografo MAE mod. X610-S, di cui sono riportate le caratteristiche principali:

- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Guadagno di preamplificazione: 24 e 36 dB
- Delay: da 0 a 100 sec ad intervalli di 1 campione a passo
- Tipo di guadagno: Automatico (AGC)
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB, 80% della frequenza di Nyquist, -80dB
- Intervalli di campionamento: 1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 21800 con incrementi di 512
- Interfacce disponibili: LAN, USB, VGA
- Canali: configurazioni da 24, 48 o 72. Possibilità di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto.

### 9.3 Descrizione delle modalità esecutive

Nell'ambito della commessa in oggetto, come accennato in premessa, sono state eseguite n.2 prospezioni sismiche a rifrazione tomografiche la cui ubicazione è riportata in allegato 1.

Ciascun stendimento sismico è stato eseguito utilizzando n.24 geofoni a componente verticale con distanza intergeofonica di 2 m, per una lunghezza totale della base sismica di 46 metri, con acquisizione delle onde P.

Le modalità esecutive per effettuare l'elaborazione tomografica, differiscono dalla sismica convenzionale per il maggior numero di registrazioni che sono realizzare al fine di coprire in maniera omogenea l'intera sezione sismica in tutti i settori e fino alle profondità adeguate senza lasciare tratti scoperti o disomogenei.

Posizionati i geofoni sul terreno, essi sono collegati con appositi morsetti al cavo multipolare che viene connesso al sismografo.

Ultimata l'installazione sono effettuati alcuni tiri di prova per tarare i parametri di acquisizione del sismografo stesso.

Effettuate le operazioni di verifica e taratura della strumentazione, si procede all'acquisizione dei segnali su ciascun punto prestabilito ed alla memorizzazione dei dati sia sulla memoria di massa del sismografo sia sul pen drive.

Lungo lo stesso allineamento delle sismiche a rifrazione sono state eseguite le indagini MASW per la caratterizzazione sismica di sito, descritte nel capitolo precedente. In particolare la MASW-1 è stata eseguita lungo l'allineamento della L-1 e la MASW-2 lungo quello della L-2.

#### 9.4 Descrizione dell'elaborazione dei dati

I dati acquisiti in campo sono stati sottoposti ad una fase di pre-processing avvalendosi del software **ISeg2Segy** della **INTERPEX**. Tale fase è consistita nell'applicazione del DC removal, di filtraggio passa-banda e nell'ottimizzazione del guadagno.

Ultimata questa fase, si è proceduto con la determinazione dei primi tempi d'arrivo (*first break peak - F.B.P.*) delle onde P. Per ciascun file dati acquisito in campo, è stato creato un file txt contenente i tempi d'arrivo espressi in millisecondi (ms). Tutti i file relativi ai tempi d'arrivo sono confluiti in un foglio di calcolo al fine di poter restituire le cosiddette dromocrone ovvero la rappresentazione dei diagrammi tempi-distanze della sezione sismica.

Al fine di eseguire l'elaborazione, in termini di velocità di propagazione delle onde elastiche, sono stati ricavati tre file ascii relativi, rispettivamente, al numero e disposizione delle sorgenti (*file source*), al numero e disposizione dei geofoni (*file receiver*) ed ai tempi d'arrivo (*file observations*). Tali file costituiscono l'input per il software tomografico utilizzato **SeisOpt@2D** della **Optim™ software & data solutions**.

Il metodo tomografico utilizzato, si basa su un metodo di ottimizzazione non-lineare, noto come metodo di ottimizzazione numerica simulata (*simulatedannealing*), utilizzato per ricavare un modello di velocità delle onde sismiche, ad elevata risoluzione, dalla misurazione dei tempi di arrivo delle onde P.

Il metodo citato è un processo basato sul metodo di Monte-Carlo che può combinare i tempi di arrivo delle onde in un modello di velocità. Tale modello può essere considerato superiore ai più sofisticati metodi d'inversione non-lineare. L'algoritmo compie un'elaborazione impostando un modello con una variazione casuale del parametro d'interesse, sino a che il modello sismico sintetico dei tempi di arrivo delle onde sismiche calcolate non collima con i tempi di arrivo osservati.

Processi iterativi fanno in modo di far convergere la soluzione riducendo, ad ogni iterazione, lo scarto e eliminando quelle soluzioni i cui errori oltrepassano l'errore totale ammesso dall'algoritmo di calcolo.

In definitiva, il processo di ottimizzazione adottato troverà la soluzione testando diverse migliaia di soluzioni possibili prima di arrivare alla soluzione ottimale proposta che è quella, come detto in precedenza, in cui i tempi di arrivo calcolati coincidono, a meno di uno scarto ridotto, con quelli osservati.

In pratica, i software adottati, che si basano sul principio del *simulatedannealing*, pervengono ad un modello ottimizzato delle velocità utilizzando, in input, i soli tempi di primo arrivo delle onde sismiche e la geometria dell'array (distanze e variazioni di quota) non richiedendo informazioni preliminari sulla geometria della struttura sotterranea. L'algoritmo, come già accennato in precedenza, esegue ripetute modellizzazioni dirette laddove un nuovo modello proposto è accettato o rigettato in base ad un criterio di probabilità tenendo in considerazione l'andamento globale dei tempi di arrivo.

### 9.5 Risultanze dell'indagine sismica a rifrazione tomografica

Le prospezioni sismiche in oggetto sono state compiute posizionando al suolo basi sismiche aventi 24 canali e una lunghezza di 46 metri.

I dati sono stati acquistati energizzando in corrispondenza dei siti esterni, in prossimità degli estremi, in funzione della logistica, ed un numero di tiri interni variabile a seconda della lunghezza del profilo ma, comunque, non inferiore a tre.

Come accennato in precedenza, i tempi di arrivo delle onde P sono stati adoperati quale input (assieme alla geometria dei tiri di energizzazione e dei geofoni) nel software di elaborazione tomografica per ottenere le relative pseudosezioni sismiche.

Queste sono riportate esprimendo i dati di velocità delle onde di compressione mediante isolinee e campitura a falsi colori.

Di seguito, per ciascuna indagine, si riportano le seguenti informazioni / elaborazioni:

- dromocrone ottenute dalla lettura dei primi tempi d'arrivo delle onde P;
- stralcio ubicazione del profilo elaborato;
- pseudosezioni sismiche in onde P;
- analisi dei dati in velocità di propagazione delle onde elastiche in termini di gradiente geosismico per l'individuazione dei sismostrati.

### Tomografia sismica L1



Fig. 9.3 – Bovisa. Stralcio dell'ubicazione indagini

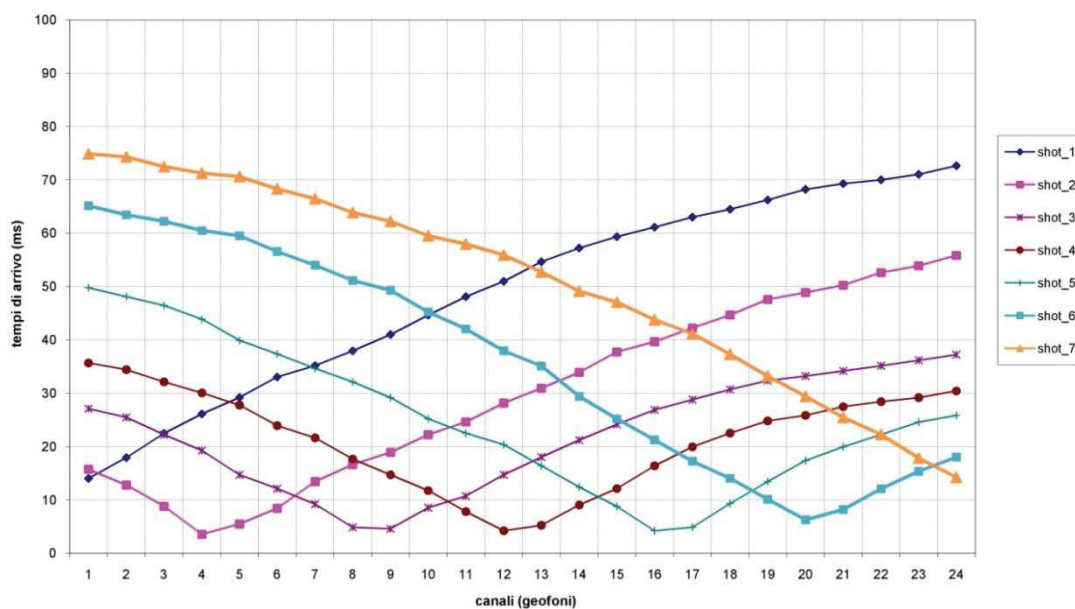


Fig. 9.4 – Bovisa. Tomografia sismica in onde P. Profilo L1. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico L1 ha permesso di evidenziare tre sismostrati che mostrano un graduale aumento dei valori di velocità con la profondità.

Il primo sismostrato, da p.c. fino a 2-4 m di profondità mostra valori di velocità delle onde di compressione entro 600 m/s.

Il secondo sismostrato, ad una profondità variabile compresa tra 2-4 m e 6-8 m., presenta velocità delle onde P comprese tra 600 e 1000 m/s.

In profondità la velocità delle onde P è superiore a 1000 m/s.

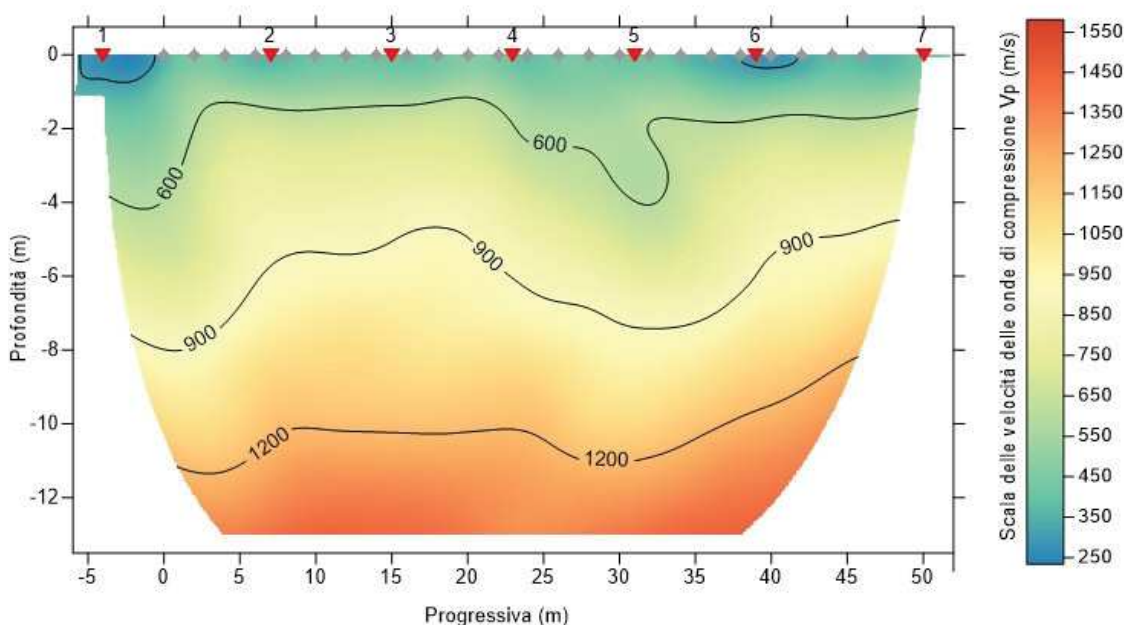


Fig. 9.5 – Bovisa. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo L1



### Tomografia sismica L2

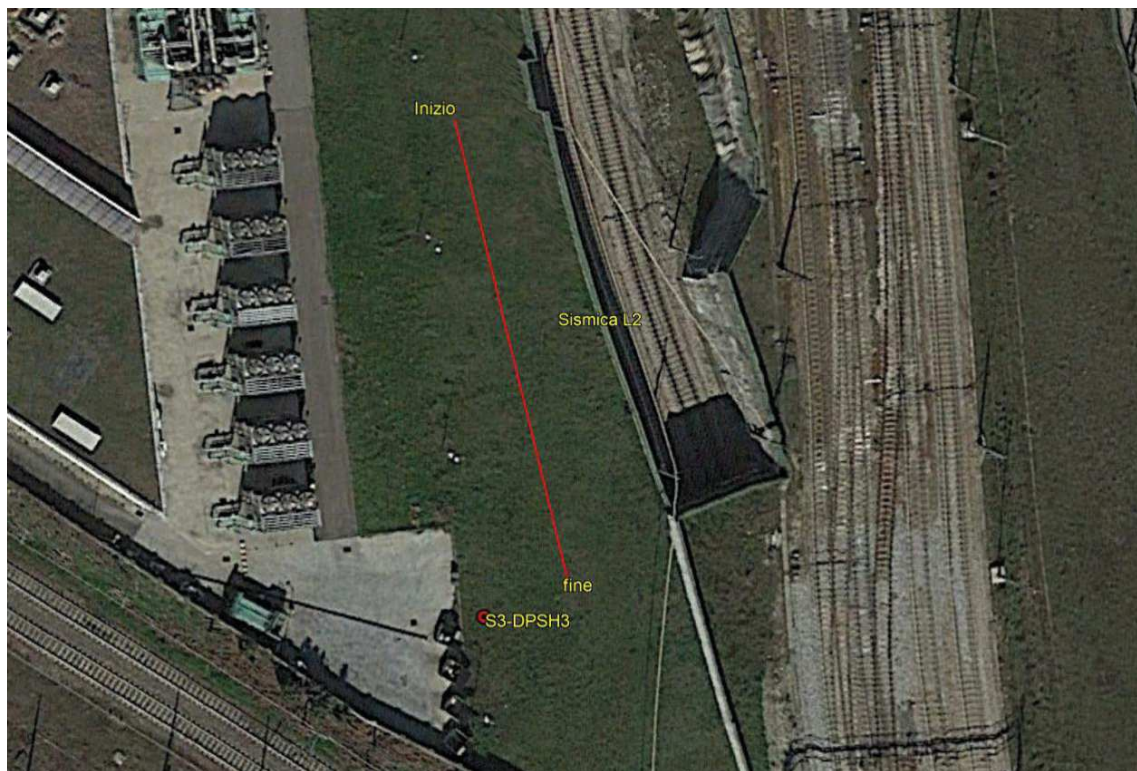


Fig. 9.6 – Bovisa. Stralcio dell'ubicazione indagini

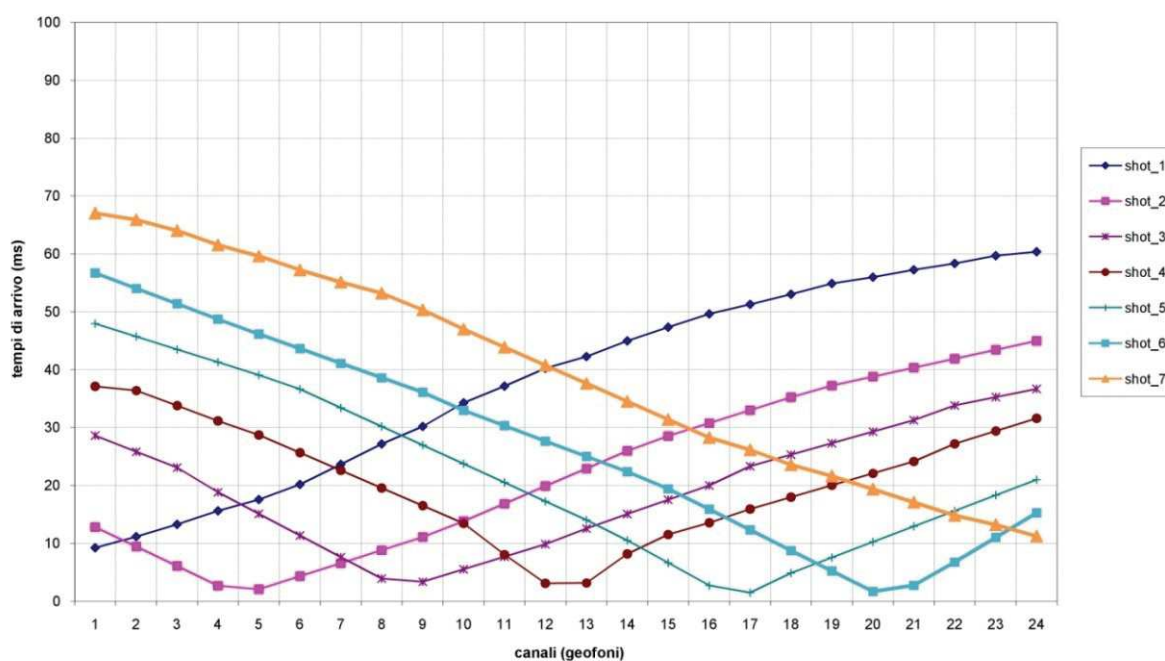


Fig. 9.7 – Bovisa. Tomografia sismica in onde P. Profilo L2. Dromocrone.



Anche la pseudosezione elaborata per il profilo sismico L2 ha permesso di evidenziare tre sismostrati che mostrano un graduale aumento dei valori di velocità con la profondità.

Il primo sismostrato, di spessore inferiore a 2 metri a partire dal p.c., presenta valori di  $V_p$  entro i 500 m/s.

Al di sotto s'individua un secondo sismostrato che si sviluppa, nei settori sinistro e centrale della pseudosezione (settore a nord, parte iniziale e centrale dell'allineamento sismico), per tutta la profondità investigata e, nel settore destro (a sud, parte finale dell'allineamento sismico), entro 5÷10 m dal p.c.; esso presenta valori compresi tra 500 m/s e 1000 m/s.

Un terzo sismostrato è individuato nel settore a destra della pseudo sezione, a profondità superiori a 5-10 m dal p.c. ed è caratterizzato da velocità delle onde P superiori a 1000 m/s.

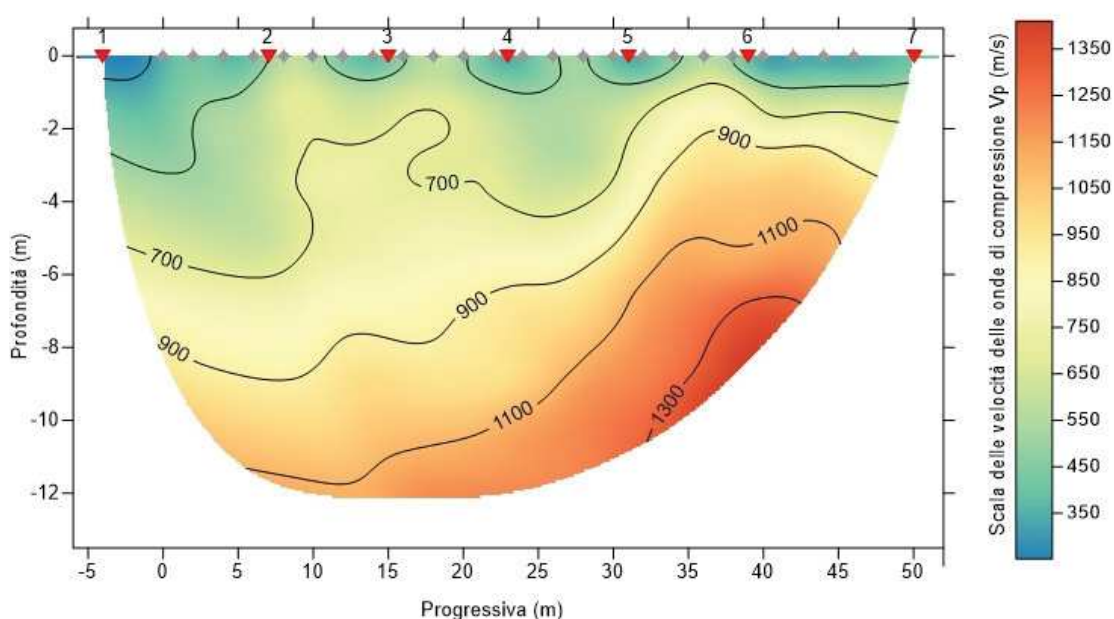


Fig. 9.8 – Bovisa. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo L2.

## **ALLEGATO 1: UBICAZIONE INDAGINI**



## **ALLEGATO 2: STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI**



Lat: 512387,416  
Long: 5038782,465  
Quota: 131,25 m s.l.m.  
Profondità: 25 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
Diam. min. (mm): 101  
Diam. max. (mm): 127  
Installazione: Beretta T57

Installazione: Piezometro a T.A.  
Data esecuzione: 02-03.07.2018  
Sondatore: Turano A.  
Geologo: Panvini G.

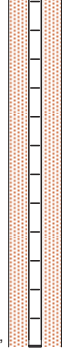
Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
0	0,00					0,0	0	0						
1						1,5	100		1,50					
2				Riparto: ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbiosa, con frammenti di asfalto e laterizi	3,4	1,95	100		spt1: 3-5-7					
3						3,0			3,00					
4	3,40					3,45	100		spt2: 9-11-12					
5				Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa medio-grossolana debolmente limosa, di colore grigio	2,9	4,5	100		4,50					
6						4,95	100		spt3: 15-17-15					5,0
7	6,30			Sabbia grossolana debolmente limosa grigia con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata	1,4	6,00	100		6,00					
8						6,45			spt4: 8-13-16			6,8 cr1		
9	7,70			Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa medio-grossolana debolmente limosa grigia	1,3	7,5	100		7,50					
10						7,95	100		spt5: 18-20-20					8,0
11	9,00					9,00	100		9,00					
12						9,45	100		spt6: 12-13-17					9,0
13						10,5	100		10,50					
14						10,95	100		spt7: 17-23-21					
15	14,90			Sabbia medio-grossolana con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata, debolmente limosa, localmente limosa, grigia	5,9	12,0	100		12,00					
16						12,45	100		spt8: 13-19-23			12,7 cr2		
17	16,00					13,5	100		13,50			13,0		
18						13,95	100		spt9: 13-17-20					
19	14,90			Sabbia medio fine da debolmente limosa a limosa marrone inglobante ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata	1,1	15,0	100		15,00					
20	16,50			Sabbia medio fine limosa marrone inglobante ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata	0,5	16,5	100		spt10: 18-19-23					
						18,0	100		18,00					
						18,45	100		spt11: 15-17-15					
						19,5	100							
							100							16,9

Sondaggio: S1  
Committente: FERROVIE NORD  
Oggetto: Esecuzione di indagine geognostica  
Site: Bovisa

Lat: 512387,416  
Long: 5038782,465  
Quota: 131,25 m s.l.m.  
Profondità: 25 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
Diam. min. (mm): 101  
Diam. max. (mm): 127  
Installazione: Beretta T57

Installazione: Piezometro a T.A.  
Data esecuzione: 02-03.07.2018  
Sondatore: Turano A.  
Geologo: Panvini G.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
21				Sabbia medio grossolana debolmente limosa, marrone con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata	8,5	21,0			21,00 spt12: 22-27-32 21,45					
22														
23														
24						23,5			24,00 spt13: 25-29-33 24,45					
25		25,00				24,0								

**Sondaggio: S2**  
**Committente: FERROVIE NORD**  
 **Oggetto: Esecuzione di indagine geognostica**  
**Site: Bovisa**

Lat: 512430,651  
Long: 5038594,388  
Quota: 131,52 m s.l.m.  
Profondità: 25 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
Diam. min. (mm): 101  
Diam. max. (mm): 127  
Installazione: Beretta T57

Installazione: Foro ritombato  
Data esecuzione: 25-26.06.2018  
Sondatore: Turano A.  
Geologo: Panvini G.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
0	0,00					0,0	0 25 50 75 100	0 25 50 75 100						
1						1,5			1,50					
2				Riporto: ghiaia eterometrica poligenica e sabbia con frammenti di asfalto e laterizi	4,8				spt1: 7-5-8					
3						3,0			1,95					
4						4,5			3,00					
5	4,80			Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa medio-grossolana debolmente limosa grigia	1,2				spt2: 3-4-4					
6	6,00					6,0			3,45					
7				Sabbia grossolana debolmente limosa, grigia, con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata	1,9				4,50					
8	7,90					7,5			spt3: 13-17-16					
9				Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa medio-grossolana debolmente limosa grigia	1,5				4,95					
10	9,40					9,0			6,00					
11				Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa medio-grossolana debolmente limosa, localmente limosa, grigia	3				spt4: 19-20-17					
12	12,40					12,0			6,45					
13						13,5			7,50					
14				Sabbia medio fine da debolmente limosa a limosa marrone inglobante ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata	3,2				spt5: 18-23-22					
15	15,60					15,0			7,95					
16						16,5			9,00					
17						18,0			spt6: 15-27-19					
18				Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata con sabbia debolmente limosa, di colore marrone	4,4				9,45					
19						19,5			10,50					
20	20,00								spt7: 20-26-25					
									10,95					
									12,00					
									spt8: 18-28-31					
									12,45					
									13,50					
									spt9: 18-18-21					
									13,95					
									15,00					
									spt10: 20-15-17					
									15,45					
									18,00					
									spt11: 11-14-19			18,0		
									18,45			cr1		
												18,3		



Sondaggio: S2  
Committente: FERROVIE NORD  
Oggetto: Esecuzione di indagine geognostica  
Site: Bovisa

Lat: 512430,651  
Long: 5038594,388  
Quota: 131,52 m s.l.m.  
Profondità: 25 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
Diam. min. (mm): 101  
Diam. max. (mm): 127  
Installazione: Beretta T57

Installazione: Foro ritombato  
Data esecuzione: 25-26.06.2018  
Sondatore: Turano A.  
Geologo: Panvini G.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
21						21,0			21,00 spt12: 18-30-30 21,45					
22												22,0 cr2 22,3		
23														
24						23,5 24,0			24,00 spt13: 15-27-32 24,45					
25		25,00												

**Sondaggio: S3**  
**Committente: FERROVIE NORD**  
**Oggetto: Esecuzione di indagine geognostica**  
**Site: Bovisa**

Lat: 512452,230  
 Long: 5038342,451  
 Quota: 130,66 m s.l.m.  
 Profondità: 50 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
 Diam. min. (mm): 131  
 Diam. max. (mm): 152  
 Installazione: Gelma Nentzi 2

Installazione: Foro ritombato  
 Data esecuzione: 06-09.08.18  
 Sondatore: Iacono S  
 Geologo: Scazzosi V.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
0	0,00					0,0								
1				Riporto: ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata e sabbia debolmente limosa di colore grigio chiaro. Presenti laterizi.	1,7	1,5	100		1,50					
2	1,70			Riporto: sabbia limosa grigio plumbeo con ghiaia eterometrica subarrotondata. Presenti laterizi	1,3		100		spt1: 4-3-2					
3	3,00			Riporto: sabbia limosa di colore grigio chiaro inglobante rara frazione ghiaiosa medio fine. Presenti rari laterizi	0,4	3,0			1,95					
4	3,40						100		3,00					
5	5,10			Riporto: sabbia limosa grigiastra con ghiaia e laterizi	1,7	4,5			spt2: 2-1-1					
6						4,5	100		3,45					
7						6,0			4,50					
8						7,5	100		spt3: 2-3-2					
9						9,0			4,95					
10						10,5	100		6,00				5,5	
11						12,0			spt4: 17-43-43				cr1	
12						13,5	100		6,45				6,0	
13						15,0			7,50					
14						16,5	100		spt5: 20-29-33					
15						18,0			7,95					
16						19,5	100		9,00					
17						21,0			spt6: 22-28-40					
18						22,5	100		9,45					
19	18,60					24,0			10,50					
20	19,00					25,5	100		spt7: 17-21-19					
	19,50					27,0			10,95					
				Ghiaia eterometrica debolmente ciottolosa con sabbia limosa di colore beige	13,5	12,0			12,00					
						13,5	100		spt8: 16-12-17					
						15,0			12,45					
						16,5	100		13,50					
						18,0			spt9: 17-27-30					
						19,5	100		13,95					
						21,0			15,00					
						22,5	100		spt10: 14-26-30					
						24,0			15,45					
						25,5	100		18,00					
						27,0			spt11: 17-21-18					
						28,5			18,45					
	18,60			Sabbia fine beige con ghiaia eterometrica subarrotondata	0,4								18,7	
	19,00			Ghiaia eterometrica ciottolosa eterometrica poligenica da arrotondata a subarrotondata	0,5								LFT1	
	19,50						100						19,5	
				Limo sabbioso argilloso di colore nocciola inglobante rara frazione ghiaiosa fine	1,5							20,0		
												cr2		

Lat: 512452,230  
Long: 5038342,451  
Quota: 130,66 m s.l.m.  
Profondità: 50 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
Diam. min. (mm): 131  
Diam. max. (mm): 152  
Installazione: Gelma Nentzi 2

Installazione: Foro ritombato  
Data esecuzione: 06-09.08.18  
Sondatore: Iacono S  
Geologo: Scazzosi V.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
21	21,00			Sabbia medio-grossolana inglobate rara frazione ghiaiosa	1	21,0			21,00 spt12: 18-23-21 21,45			20,5		
22	22,00													
23	23,00			Sabbia media di colore nocciola con screziature color ruggine con ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata	2	24,0	100		24,00 spt13: 50 R+2 cm 24,45			23,5 cr3	23,4 LF12	
24	24,00													
25	25,00			Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata con ciottoli, in matrice sabbio-limosa di colore grigio chiaro	3	27,0	100		27,00 spt14: 16-23-25 27,45					
26	26,00													
27	27,00			Sabbia medio grossolana con ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata,debolmente limosa, nocciola	2	29,0	100		29,00 cr4			29,0 cr4		
28	28,00													
29	29,00			Sabbia limosa color ocra inglobante rara frazione ghiaiosa	1	30,0			30,00 spt15: 25-38-50 R+8 cm 30,45			29,5		
30	30,00			Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata, debolmente ciottolosa, con sabbia debolmente limosa di colore grigio chiaro	1	31,0	100							
31	31,00													
32	32,00			Sabbia con ghiaia debolmente limosa di colore nocciola	3	33,0	100		33,00 spt16: 50 R+6 cm 33,45					
33	33,00													
34	34,00			Ghiaia eterometrica poligenica da subangolare a subarrotondata con sabbia limosa di colore grigio chiaro	0,4	34,40	100					34,5 Cl1		
35	34,40													
36	35,00			Sabbia con limo debolmente ghiaioso di colore marrone fino a 35,30 e beige nella parte sottostante	1,9	36,0			36,00 spt17: 45-50 R+5 cm 36,45			35,0		
37	36,30													
38	36,30			Sabbia limosa beige e ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata debolmente ciottolosa	2,7	39,0	100		39,00 spt18: 43-47-42 39,45			39,5 cr5		
39	39,00													
40	39,00						100					40,0		

**Sondaggio: S3**  
**Committente: FERROVIE NORD**  
**Oggetto: Esecuzione di indagine geognostica**  
**Site: Bovisa**

Lat: 512452,230      Sistema perforazione: Carotaggio continuo      Installazione: Foro ritombato  
 Long: 5038342,451      Diam. min. (mm): 131      Data esecuzione: 06-09.08.18  
 Quota: 130,66 m s.l.m.      Diam. max. (mm): 152      Sondatore: Iacono S  
 Profondità: 50 m      Installazione: Gelma Nentzi 2      Geologo: Scazzosi V.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
41							0 25 50 75 100	0 25 50 75 100						
42				Sabbia con ghiaia eterometrica poligenica debolmente limosa di colore grigio chiaro	6	42,0			42,00 spt19: 34-39-45 42,45					
43														
44							100							
45	45,00			Sabbia fine debolmente limosa di colore grigio chiaro	1	45,0			45,00 spt20: 36-36-46 45,45					
46	46,00						100							
47				Sabbia ghialoso limosa deolmente argillosa di colore grigio scuro brunastro	3							47,5 cr6		
48						48,0			48,00 spt21:32-38-41 48,45			48,0		
49	49,00						100							
50	50,00			Sabbia fine debolmente limosa di colore grigio chiaro	1									

**Sondaggio: S4**  
**Committente: FERROVIE NORD**  
 **Oggetto: Esecuzione di indagine geognostica**  
**Site: Bovisa**

Lat: 512478,027  
Long: 5038234,406  
Quota: 130,66 m s.l.m.  
Profondità: 50 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
Diam. min. (mm): 131  
Diam. max. (mm): 152  
Installazione: Gelma Nentzi 2

Installazione: Foro ritombato  
Data esecuzione: 28-31.08.18  
Sondatore: Iacono S  
Geologo: Scazzosi V.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
0		0,00		Riporto: sabbia limosa con ghiaia eterometrica color ocra	0,1	0,0								
1		0,10					100		1,50					
2				Riporto: sabbia limosa e ghiaia eterometrica poligenica subangolare debolmente ciottolosa di colore grigio con inclusi numerosi laterizi	2,9	1,5			spt1: 3-4-3					
3							100		1,95					
4		3,10		Limo debolmente sabbioso marrone, moderatamente consistente e debolmente umido	0,3	3,0			3,00					
5		3,40					100		spt2: 2-2-3					
6							100		3,45					
7				Riporto: ghiaia eterometrica poligenica con sabbia limosa di colore grigio con inclusi laterizi e frammenti di calcestruzzo	2,6	4,5			4,50					
8							100		spt3: 2-3-4					
9							100		4,95					
10		6,00				6,0			6,00			6,0		
11				Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata con sabbia limosa di colore grigio	3	7,5			spt4: 15-14-21			cr1		
12							100		6,45			6,5		
13							100		7,50					
14							100		spt5: 23-24-29					
15							100		7,95					
16		9,00		Sabbia con ghiaia eterometrica poligenica debolmnete limosa di colore grigio	1	9,0			9,00					
17							100		spt6: 18-16-14					
18		10,00				10,5			9,45			10,0		
19				Sabbia con ghiaia e ciottoli, limosa debolmente argillosa, di colore grigio chiaro	2	10,5			10,50			cr2		
20							100		spt7: 17-21-19			10,5		
21							100		10,95					
22		12,00				12,0			12,00					
23							100		spt8: 16-12-17					
24							100		12,45					
25						13,5			13,50					
26							100		spt9: 17-27-30					
27							100		13,95					
28				Sabbia debolmente limosa nocciola con ghiaia eterometrica poligenica da subarrotondata a subangolare debolmente ciottolosa	5,8	15,0			15,00					
29							100		spt10: 14-26-30					
30							100		15,45					
31							100							
32		17,80		Sabbia limosa di colore nocciola	0,2	18,0			18,00			18,0		
33		18,00		Sabbia limosa debolmente ghiaiosa dei colore nocciola	0,6				spt11: 17-21-18			cr3		
34		18,60							18,45			18,5		
35							100							
36							100					20,0		
37												cr4		

Lat: 512478,027  
Long: 5038234,406  
Quota: 130,66 m s.l.m.  
Profondità: 50 m

Sistema perforazione: Carotaggio continuo  
Diam. min. (mm): 131  
Diam. max. (mm): 152  
Installazione: Gelma Nentzi 2

Installazione: Foro ritombato  
Data esecuzione: 28-31.08.18  
Sondatore: Iacono S  
Geologo: Scazzosi V.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione		
21				Sabbia debolmente limosa con ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata debolmente ciottolosa. Si intercalano strati fino a decimetrici costituiti da sola sabbia debolmente limosa.	10,4	21,0			21,00 spt12: 18-24-28 21,45	Semplice 131	152mm	20,5				
22																
23								100								
24							24,0					24,00 spt13: 33-36-37 24,45				
25								100								LFT2 24,8 25,5
26																
27							27,0					27,00 spt14: 12-13-18 27,45				
28								100								
29	29,00					Sabbia limoso-ghiaiosa debolmente argillosa	1									29,0 cr5 29,5
30	30,00					Sabbia limosa con ghiaia eterometrica subarrotondata poligenica	6	30,0					30,00 spt15: 18-24-26 30,45			
31								100								
32																
33					33,0					33,00 spt16: 16-25-31 33,45						
34								100								
35				Ghiaia eterometrica subarrotondata e sabbia limosa color ocra con screziature color ruggine. Buona parte della frazione ghiaiosa pesenta patine di alterazione	2											
36	36,00						36,0			36,00 spt17: 31-34-39 36,45			37,0 cr6 37,5			
37								100								
38	38,00			Sabbia limosa nocciola debolmente ghiaiosa	3,8											
39							39,0			39,00 spt18: 24-23-26 39,45						
40								100								



Sondaggio: S4  
Committente: FERROVIE NORD  
Oggetto: Esecuzione di indagine geognostica  
Site: Bovisa

Lat: 512478,027      Sistema perforazione: Carotaggio continuo      Installazione: Foro ritombato  
Long: 5038234,406      Diam. min. (mm): 131      Data esecuzione: 28-31.08.18  
Quota: 130,66 m s.l.m.      Diam. max. (mm): 152      Sondatore: Iacono S  
Profondità: 50 m      Installazione: Gelma Nentzi 2      Geologo: Scazzosi V.

Scala (m)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Descrizione stratigrafica	Spessore (m)	Manovre (m.)	carotaggio (%)	RQD (%)	SPT (N1,N2,N3)	Carotiere	Rivestimento	Campioni	Lefranc Test	Installazione
41							0 25 50 75 100	0 25 50 75 100						
42	41,80					42,0			42,00 spt19: 19-21-25 42,45					
43				Sabbia limosa nocciola con ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata	3,2		100							
44												44,5 cr7		
45	45,00					45,0			45,00 spt20: 34-35-31 45,45			45,0		
46							100							
47														
48				Sabbia limosa nocciola debolmente ghiaiosa	5	48,0			48,00 spt21: 28-26-29 48,45					
49							100							
50	50,00													

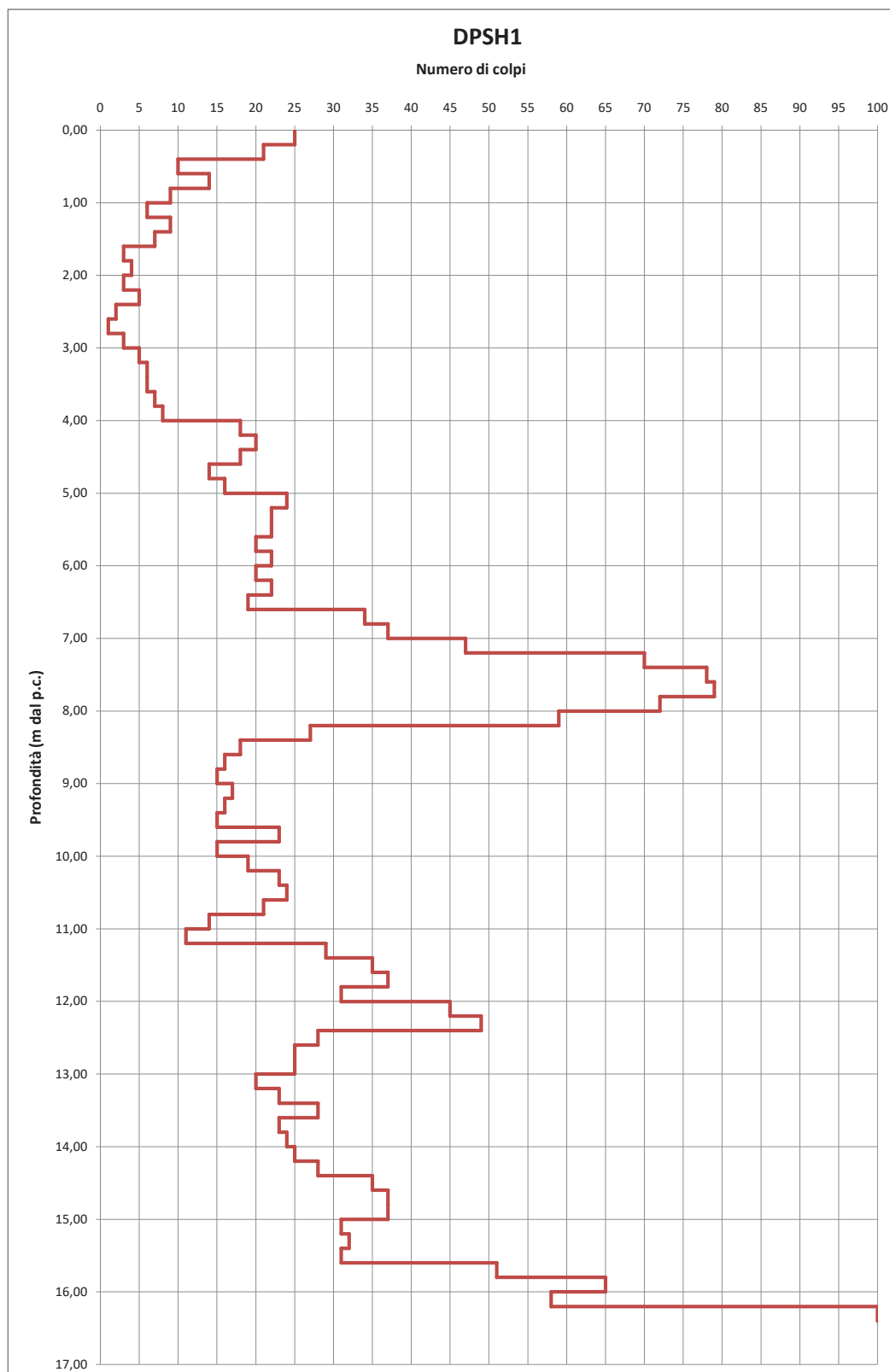
### **ALLEGATO 3 – ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H.**

Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova:	18/07/2018		
Prova n.:	DPSH 01		
Profondità (m):	16,40		
Tipo di penetrometro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	1 di 2

Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi
0,2	25	6,2	20	12,2	45	18,2		24,2		30,2	
0,4	21	6,4	22	12,4	49	18,4		24,4		30,4	
0,6	10	6,6	19	12,6	28	18,6		24,6		30,6	
0,8	14	6,8	19	12,8	25	18,8		24,8		30,8	
1	9	7	34	13	25	19		25		31	
1,2	6	7,2	37	13,2	20	19,2		25,2		31,2	
1,4	9	7,4	47	13,4	23	19,4		25,4		31,4	
1,6	7	7,6	70	13,6	28	19,6		25,6		31,6	
1,8	3	7,8	78	13,8	23	19,8		25,8		31,8	
2	4	8	79	14	24	20		26		32	
2,2	3	8,2	72	14,2	25	20,2		26,2		32,2	
2,4	5	8,4	59	14,4	28	20,4		26,4		32,4	
2,6	2	8,6	27	14,6	35	20,6		26,6		32,6	
2,8	1	8,8	18	14,8	37	20,8		26,8		32,8	
3	3	9	16	15	37	21		27		33	
3,2	5	9,2	15	15,2	31	21,2		27,2		33,2	
3,4	6	9,4	17	15,4	32	21,4		27,4		33,4	
3,6	6	9,6	16	15,6	31	21,6		27,6		33,6	
3,8	7	9,8	15	15,8	51	21,8		27,8		33,8	
4	8	10	19	16	65	22		28		34	
4,2	18	10,2	23	16,2	58	22,2		28,2		34,2	
4,4	20	10,4	24	16,4	100	22,4		28,4		34,4	
4,6	18	10,6	21	16,6		22,6		28,6		34,6	
4,8	14	10,8	14	16,8		22,8		28,8		34,8	
5	16	11	11	17		23		29		35	
5,2	24	11,2	29	17,2		23,2		29,2		35,2	
5,4	22	11,4	35	17,4		23,4		29,4		35,4	
5,6	22	11,6	37	17,6		23,6		29,6		35,6	
5,8	20	11,8	44	17,8		23,8		29,8		35,8	
6	22	12	31	18		24		30		36	

NOTE

Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova:	18/07/2018		
Prova n.:	DPSH 01		
Profondità (m):	16,40		
Tipo di penetrometro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	2 di 2

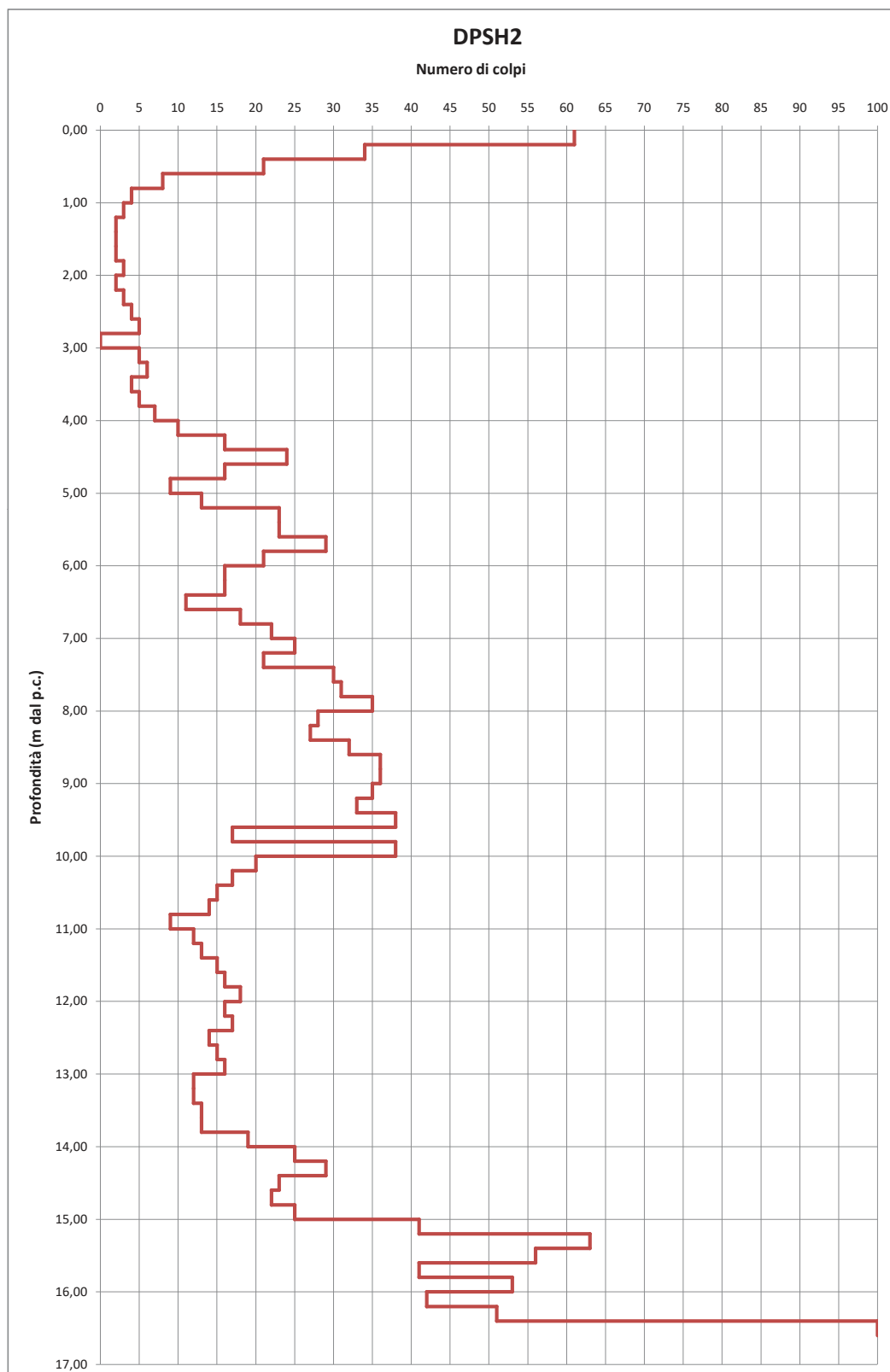


Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova:	18/07/2018		
Prova n.:	DPSH 02		
Profondità (m):	16,60		
Tipo di penetrometro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	1 di 2

Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi
0,2	61	6,2	16	12,2	16	18,2		24,2		30,2	
0,4	34	6,4	16	12,4	17	18,4		24,4		30,4	
0,6	21	6,6	13	12,6	14	18,6		24,6		30,6	
0,8	8	6,8	11	12,8	15	18,8		24,8		30,8	
1	4	7	18	13	16	19		25		31	
1,2	3	7,2	22	13,2	12	19,2		25,2		31,2	
1,4	2	7,4	25	13,4	12	19,4		25,4		31,4	
1,6	2	7,6	21	13,6	13	19,6		25,6		31,6	
1,8	2	7,8	30	13,8	13	19,8		25,8		31,8	
2	3	8	31	14	19	20		26		32	
2,2	2	8,2	35	14,2	25	20,2		26,2		32,2	
2,4	3	8,4	28	14,4	29	20,4		26,4		32,4	
2,6	4	8,6	27	14,6	23	20,6		26,6		32,6	
2,8	5	8,8	32	14,8	22	20,8		26,8		32,8	
3	0	9	36	15	25	21		27		33	
3,2	5	9,2	36	15,2	41	21,2		27,2		33,2	
3,4	6	9,4	35	15,4	63	21,4		27,4		33,4	
3,6	4	9,6	33	15,6	56	21,6		27,6		33,6	
3,8	5	9,8	38	15,8	41	21,8		27,8		33,8	
4	7	10	20	16	53	22		28		34	
4,2	10	10,2	17	16,2	42	22,2		28,2		34,2	
4,4	16	10,4	15	16,4	51	22,4		28,4		34,4	
4,6	24	10,6	14	16,6	100	22,6		28,6		34,6	
4,8	16	10,8	9	16,8		22,8		28,8		34,8	
5	9	11	12	17		23		29		35	
5,2	13	11,2	13	17,2		23,2		29,2		35,2	
5,4	23	11,4	15	17,4		23,4		29,4		35,4	
5,6	23	11,6	16	17,6		23,6		29,6		35,6	
5,8	29	11,8	22	17,8		23,8		29,8		35,8	
6	21	12	18	18		24		30		36	

NOTE

Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova:	18/07/2018		
Prova n.:	DPSH 02		
Profondità (m):	16,60		
Tipo di penetrometro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	2 di 2



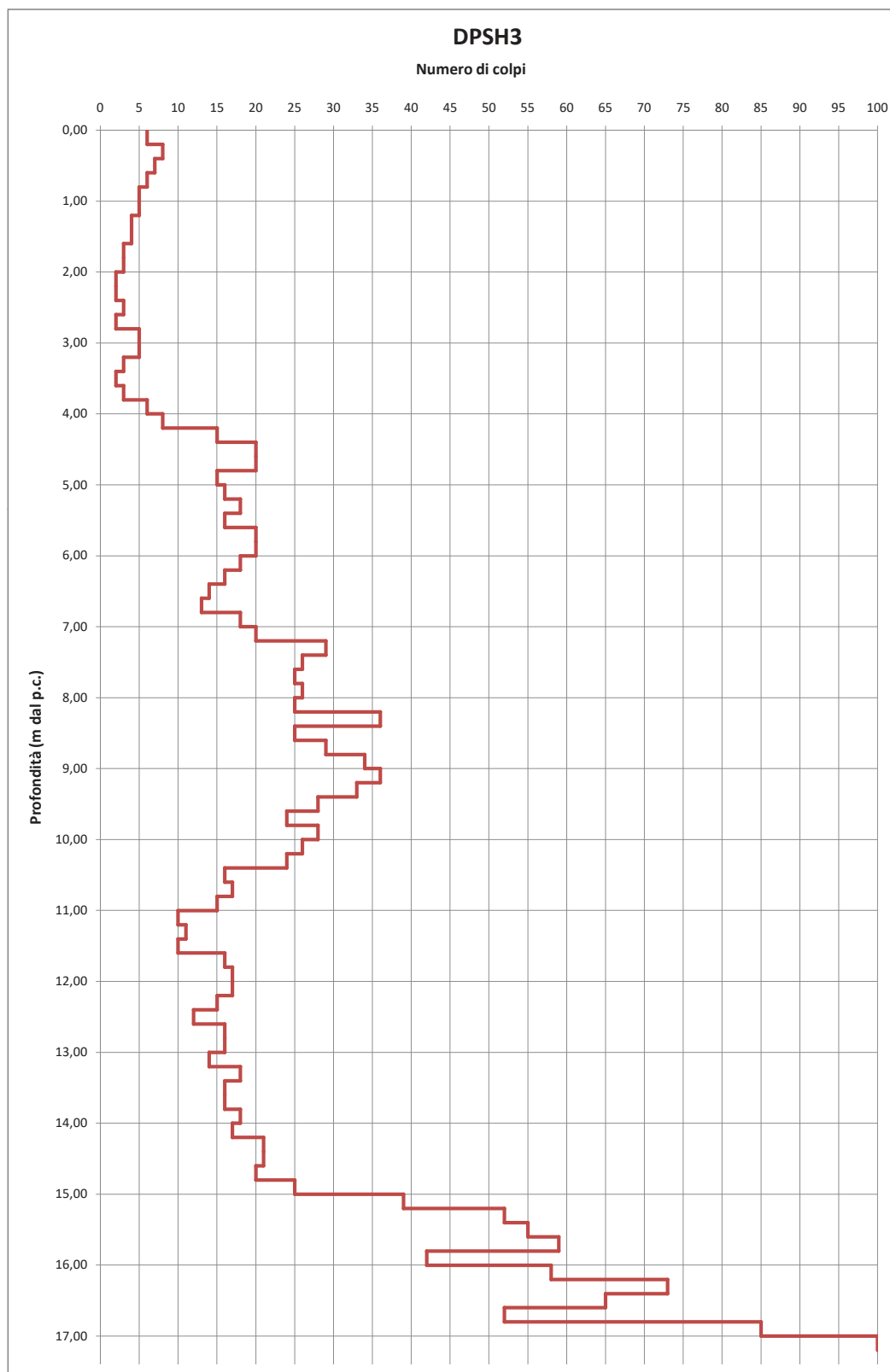


Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova:	28/08/2018		
Prova n.:	DPSH 03		
Profondità (m):	17,20		
Tipo di penetrometro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	1 di 2

Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi
0,2	6	6,2	18	12,2	17	18,2		24,2		30,2	
0,4	8	6,4	16	12,4	15	18,4		24,4		30,4	
0,6	7	6,6	16	12,6	12	18,6		24,6		30,6	
0,8	6	6,8	14	12,8	16	18,8		24,8		30,8	
1	5	7	13	13	16	19		25		31	
1,2	5	7,2	18	13,2	14	19,2		25,2		31,2	
1,4	4	7,4	20	13,4	18	19,4		25,4		31,4	
1,6	4	7,6	29	13,6	16	19,6		25,6		31,6	
1,8	3	7,8	26	13,8	16	19,8		25,8		31,8	
2	3	8	25	14	18	20		26		32	
2,2	2	8,2	26	14,2	17	20,2		26,2		32,2	
2,4	2	8,4	25	14,4	21	20,4		26,4		32,4	
2,6	3	8,6	36	14,6	21	20,6		26,6		32,6	
2,8	2	8,8	25	14,8	20	20,8		26,8		32,8	
3	5	9	29	15	25	21		27		33	
3,2	5	9,2	34	15,2	39	21,2		27,2		33,2	
3,4	3	9,4	36	15,4	52	21,4		27,4		33,4	
3,6	2	9,6	33	15,6	55	21,6		27,6		33,6	
3,8	3	9,8	28	15,8	59	21,8		27,8		33,8	
4	6	10	26	16	42	22		28		34	
4,2	8	10,2	24	16,2	58	22,2		28,2		34,2	
4,4	15	10,4	16	16,4	73	22,4		28,4		34,4	
4,6	20	10,6	17	16,6	65	22,6		28,6		34,6	
4,8	20	10,8	15	16,8	52	22,8		28,8		34,8	
5	15	11	10	17	85	23		29		35	
5,2	16	11,2	11	17,2	100	23,2		29,2		35,2	
5,4	18	11,4	10	17,4		23,4		29,4		35,4	
5,6	16	11,6	16	17,6		23,6		29,6		35,6	
5,8	20	11,8	15	17,8		23,8		29,8		35,8	
6	20	12	17	18		24		30		36	

NOTE

Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova:	28/08/2018		
Prova n.:	DPSH 03		
Profondità (m):	17,20		
Tipo di penetrometro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	2 di 2

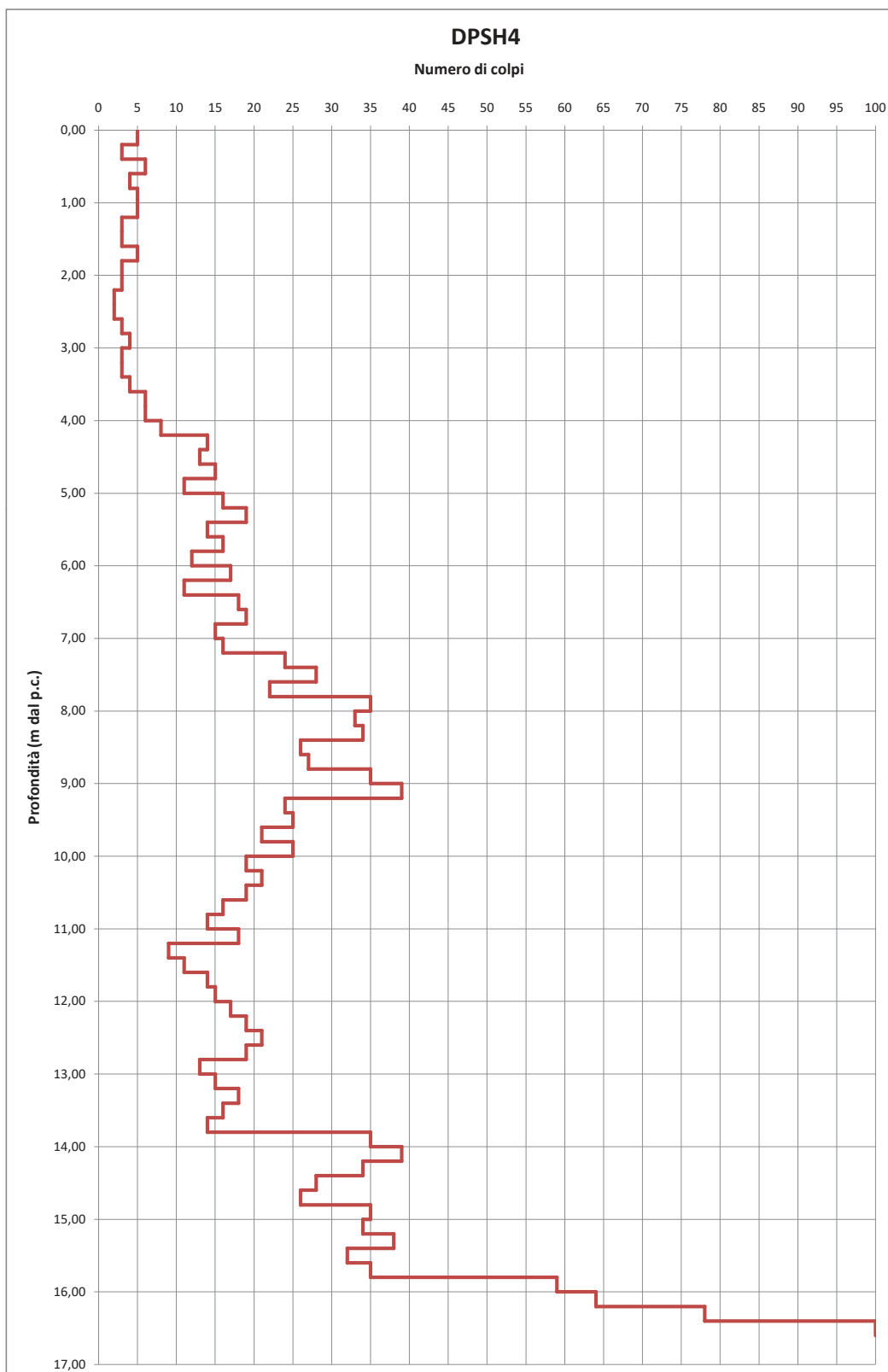


Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova	28/08/2018		
Prova n.:	DPSH 04		
Profondità (m):	16,60		
Tipo di penetrometro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	1 di 2

Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi	Prof. (m)	Numero colpi
0,2	5	6,2	17	12,2	17	18,2		24,2		30,2	
0,4	3	6,4	11	12,4	19	18,4		24,4		30,4	
0,6	6	6,6	16	12,6	21	18,6		24,6		30,6	
0,8	4	6,8	18	12,8	19	18,8		24,8		30,8	
1	5	7	19	13	13	19		25		31	
1,2	5	7,2	15	13,2	15	19,2		25,2		31,2	
1,4	3	7,4	16	13,4	18	19,4		25,4		31,4	
1,6	3	7,6	24	13,6	16	19,6		25,6		31,6	
1,8	5	7,8	28	13,8	14	19,8		25,8		31,8	
2	3	8	22	14	35	20		26		32	
2,2	3	8,2	35	14,2	39	20,2		26,2		32,2	
2,4	2	8,4	33	14,4	34	20,4		26,4		32,4	
2,6	2	8,6	34	14,6	28	20,6		26,6		32,6	
2,8	3	8,8	26	14,8	26	20,8		26,8		32,8	
3	4	9	27	15	35	21		27		33	
3,2	3	9,2	35	15,2	34	21,2		27,2		33,2	
3,4	3	9,4	39	15,4	38	21,4		27,4		33,4	
3,6	4	9,6	24	15,6	32	21,6		27,6		33,6	
3,8	6	9,8	25	15,8	35	21,8		27,8		33,8	
4	6	10	19	16	59	22		28		34	
4,2	8	10,2	21	16,2	64	22,2		28,2		34,2	
4,4	14	10,4	19	16,4	78	22,4		28,4		34,4	
4,6	13	10,6	16	16,6	100	22,6		28,6		34,6	
4,8	15	10,8	14	16,8		22,8		28,8		34,8	
5	11	11	18	17		23		29		35	
5,2	16	11,2	9	17,2		23,2		29,2		35,2	
5,4	19	11,4	11	17,4		23,4		29,4		35,4	
5,6	14	11,6	14	17,6		23,6		29,6		35,6	
5,8	16	11,8	16	17,8		23,8		29,8		35,8	
6	12	12	15	18		24		30		36	

NOTE

Committente:	Ferrovie Nord	Reg.Com.	143-18
Località:	Bovisa		
Cantiere:	Stazione di Bovisa		
Data Prova:	28/08/2018		
Prova n.:	DPSH 04		
Profondità (m):	16,60		
Tipo di penetmetro:	Pagani TG63-200		
		Pagina	2 di 2



## **ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI**



Sondaggio S1: 0 – 5 m



Sondaggio S1: 5 – 10 m





Sondaggio S1: 10 – 15 m



Sondaggio S1: 15 – 20 m



Sondaggio S1: 20 – 25 m





Sondaggio S2: 0 – 5 m



Sondaggio S2: 5 – 10 m





Sondaggio S2: 10 – 15 m



Sondaggio S2: 15 – 20 m



Sondaggio S2: 20 – 25 m





Sondaggio S3: 0 – 5 m



Sondaggio S3: 5 – 10m





Sondaggio S3: 10 – 15 m



Sondaggio S3: 15 – 20m





Sondaggio S3: 20 – 25 m



Sondaggio S3: 25 – 30m





Sondaggio S3: 30 – 35 m



Sondaggio S3: 35 – 40m





Sondaggio S3: 40 – 45 m



Sondaggio S3: 45 – 50m





Sondaggio S4: 0 – 5m



Sondaggio S4: 5 – 10m





Sondaggio S4: 10 – 15m



Sondaggio S4: 15 – 20m





Sondaggio S4: 20 – 25m



Sondaggio S4: 25 – 30m





Sondaggio S4: 30 – 35m



Sondaggio S4: 35 – 40m





Sondaggio S4: 40 – 45m



Sondaggio S4: 45 – 50m





Indagine sismica 01



Indagine sismica 02

## **ALLEGATO 5 – ELABORATI PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC**

**ELABORAZIONE**  
**PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE**

COMMITTENTE **FERROVIE NORD**  
Sigla Perforo **S3**  
Data esecuzione **07/08/2018**

LOCALITA' **Milano Bovisa**  
Prova N° **1**

**Tratto in prova 18,70 19,50 m dal p.c.**

**materiale costituente il tratto in prova: sabbia con ghiaia e rari ciottoli**

Profondità foro dal piano campagna (metri)	19,50
Livello statico falda dal p.c. (metri)	17,00
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	18,70
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,90
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	134
Altezza colonna d'acqua (metri)	<b>20,40</b>
Diametro tratto del foro in prova (mm)	152
Lunghezza tratto in prova (m)	<b>0,80</b>
Fattore di forma $C_f$	<b>2,13</b>

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H <sub>2</sub> O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
0	0	17,90	-54,10		0,0E+00	0,0E+00
120	2	17,90	18,80	<b>1,6E-01</b>	1,6E-04	2,7E-05
240	4	17,90	212,70	<b>8,9E-01</b>	8,9E-04	1,5E-04
360	6	17,90	528,60	<b>1,5E+00</b>	1,5E-03	2,5E-04
480	8	17,90	963,50	<b>2,0E+00</b>	2,0E-03	3,5E-04
600	10	17,90	1521,40	<b>2,5E+00</b>	2,5E-03	4,4E-04
900	15	17,90	2364,30	<b>2,6E+00</b>	2,6E-03	4,5E-04
1200	20	17,90	3490,20	<b>2,9E+00</b>	2,9E-03	5,0E-04
1500	25	17,90	4904,10	<b>3,3E+00</b>	3,3E-03	5,7E-04
1800	30	17,90	6593,00	<b>3,7E+00</b>	3,7E-03	6,3E-04
2100	35	17,90	8564,90	<b>4,1E+00</b>	4,1E-03	7,0E-04
2400	40	17,90	10827,80	<b>4,5E+00</b>	4,5E-03	7,8E-04
2700	45	17,90	13378,70	<b>5,0E+00</b>	5,0E-03	8,6E-04
3000	50	17,90	16209,60	<b>5,4E+00</b>	5,4E-03	9,3E-04
3600	60	17,90	19322,50	<b>5,4E+00</b>	5,4E-03	9,3E-04

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K=Q/C_f \cdot h \cdot d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)  
Q=portata immessa (mc/s)  
 $C_f$ =coefficiente di forma (adimensionale)  
h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)  
d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma  $C_f$  "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

**K media m/s 5,4E-04**

**ELABORAZIONE**  
**PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE**

COMMITTENTE **FERROVIE NORD**  
Sigla Perforo **S3**  
Data esecuzione **07/08/2018**

LOCALITA' **Milano Bovisa**  
Prova N° **2**

**Tratto in prova 23,40 24,00 m dal p.c.**

**materiale costituente il tratto in prova: sabbia con ghiaia**

Profondità foro dal piano campagna (metri)	24,00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	17,00
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	23,40
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,70
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	134
Altezza colonna d'acqua (metri)	<b>24,70</b>
Diametro tratto del foro in prova (mm)	152
Lunghezza tratto in prova (m)	<b>0,60</b>
Fattore di forma $C_f$	<b>1,81</b>

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H <sub>2</sub> O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
0	0	17,70	-104,10		0,0E+00	0,0E+00
120	2	17,70	-85,20	<b>-7,1E-01</b>	-7,1E-04	-1,5E-04
240	4	17,70	49,70	<b>2,1E-01</b>	2,1E-04	4,3E-05
360	6	17,70	299,60	<b>8,3E-01</b>	8,3E-04	1,7E-04
480	8	17,70	658,50	<b>1,4E+00</b>	1,4E-03	2,8E-04
600	10	17,70	1128,40	<b>1,9E+00</b>	1,9E-03	3,9E-04
900	15	17,70	1839,30	<b>2,0E+00</b>	2,0E-03	4,2E-04
1200	20	17,70	2789,20	<b>2,3E+00</b>	2,3E-03	4,8E-04
1500	25	17,70	3967,10	<b>2,6E+00</b>	2,6E-03	5,4E-04
1800	30	17,70	5370,00	<b>3,0E+00</b>	3,0E-03	6,1E-04
2100	35	17,70	6996,90	<b>3,3E+00</b>	3,3E-03	6,8E-04
2400	40	17,70	8846,80	<b>3,7E+00</b>	3,7E-03	7,6E-04
2700	45	17,70	10912,70	<b>4,0E+00</b>	4,0E-03	8,3E-04
3000	50	17,70	13187,60	<b>4,4E+00</b>	4,4E-03	9,0E-04
3600	60	17,70	15672,50	<b>4,4E+00</b>	4,4E-03	8,9E-04

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K = Q / C_f \cdot h \cdot d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)  
Q=portata immessa (mc/s)  
 $C_f$ =coefficiente di forma (adimensionale)  
h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)  
d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma  $C_f$  "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

**K media m/s 4,9E-04**

**ELABORAZIONE**  
**PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE**

COMMITTENTE **FERROVIE NORD**  
Sigla Perforo **S4**  
Data esecuzione **29/08/2018**

LOCALITA' **Milano Bovisa**  
Prova N° **1**

**Tratto in prova 17,10 18,00 m dal p.c.**

**materiale costituente il tratto in prova: sabbia  
deb limosa con ghiaia**

Profondità foro dal piano campagna (metri)	18,00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	17,00
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	17,10
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	1,00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	134
Altezza colonna d'acqua (metri)	<b>19,00</b>
Diametro tratto del foro in prova (mm)	152
Lunghezza tratto in prova (m)	<b>0,90</b>
Fattore di forma $C_f$	<b>2,28</b>

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H <sub>2</sub> O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
0	0	18,00	65,90		0,0E+00	0,0E+00
120	2	18,00	218,80	<b>1,8E+00</b>	1,8E-03	2,9E-04
240	4	18,00	461,70	<b>1,9E+00</b>	1,9E-03	3,1E-04
360	6	18,00	787,60	<b>2,2E+00</b>	2,2E-03	3,5E-04
480	8	18,00	1204,50	<b>2,5E+00</b>	2,5E-03	4,0E-04
600	10	18,00	1704,40	<b>2,8E+00</b>	2,8E-03	4,6E-04
900	15	18,00	2403,30	<b>2,7E+00</b>	2,7E-03	4,3E-04
1200	20	18,00	3303,20	<b>2,8E+00</b>	2,8E-03	4,4E-04
1500	25	18,00	4406,10	<b>2,9E+00</b>	2,9E-03	4,7E-04
1800	30	18,00	5707,00	<b>3,2E+00</b>	3,2E-03	5,1E-04
2100	35	18,00	7200,90	<b>3,4E+00</b>	3,4E-03	5,5E-04
2400	40	18,00	8888,80	<b>3,7E+00</b>	3,7E-03	5,9E-04
2700	45	18,00	10763,70	<b>4,0E+00</b>	4,0E-03	6,4E-04
3000	50	18,00	12818,60	<b>4,3E+00</b>	4,3E-03	6,8E-04
3600	60	18,00	15059,50	<b>4,2E+00</b>	4,2E-03	6,7E-04

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K = Q / C_f \cdot h \cdot d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)  
Q=portata immessa (mc/s)  
 $C_f$ =coefficiente di forma (adimensionale)  
h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)  
d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma  $C_f$  "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

**K media m/s 4,9E-04**

**ELABORAZIONE**  
**PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE**

COMMITTENTE **FERROVIE NORD**  
Sigla Perforo **S4**  
Data esecuzione **29/08/2018**

LOCALITA' **Milano Bovisa**  
Prova N° **2**

**Tratto in prova**                      **24,80**                      **25,50 m dal p.c.**

**materiale costituente il tratto in prova: sabbia  
deb limosa e ghiaia, rari ciottoli**

Profondità foro dal piano campagna (metri)	25,50
Livello statico falda dal p.c. (metri)	17,00
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	24,80
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,80
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	134
Altezza colonna d'acqua (metri)	<b>26,30</b>
Diametro tratto del foro in prova (mm)	152
Lunghezza tratto in prova (m)	<b>0,70</b>
Fattore di forma $C_f$	<b>1,97</b>

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H <sub>2</sub> O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
0	0	17,80	-9,10		0,0E+00	0,0E+00
120	2	17,80	127,80	<b>1,1E+00</b>	1,1E-03	2,0E-04
240	4	17,80	416,70	<b>1,7E+00</b>	1,7E-03	3,3E-04
360	6	17,80	851,60	<b>2,4E+00</b>	2,4E-03	4,4E-04
480	8	17,80	1429,50	<b>3,0E+00</b>	3,0E-03	5,6E-04
600	10	17,80	2139,40	<b>3,6E+00</b>	3,6E-03	6,7E-04
900	15	17,80	3181,30	<b>3,5E+00</b>	3,5E-03	6,6E-04
1200	20	17,80	4558,20	<b>3,8E+00</b>	3,8E-03	7,1E-04
1500	25	17,80	6266,10	<b>4,2E+00</b>	4,2E-03	7,8E-04
1800	30	17,80	8300,00	<b>4,6E+00</b>	4,6E-03	8,7E-04
2100	35	17,80	10648,90	<b>5,1E+00</b>	5,1E-03	9,5E-04
2400	40	17,80	13302,80	<b>5,5E+00</b>	5,5E-03	1,0E-03
2700	45	17,80	16254,70	<b>6,0E+00</b>	6,0E-03	1,1E-03
3000	50	17,80	19505,60	<b>6,5E+00</b>	6,5E-03	1,2E-03
3600	60	17,80	23051,50	<b>6,4E+00</b>	6,4E-03	1,2E-03

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K = Q / C_f \cdot h \cdot d$$






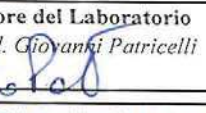
K=coefficiente di permeabilità (m/sec)  
Q=portata immessa (mc/s)  
 $C_f$ =coefficiente di forma (adimensionale)  
h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)  
d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma  $C_f$  "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

**K media m/s      7,7E-04**

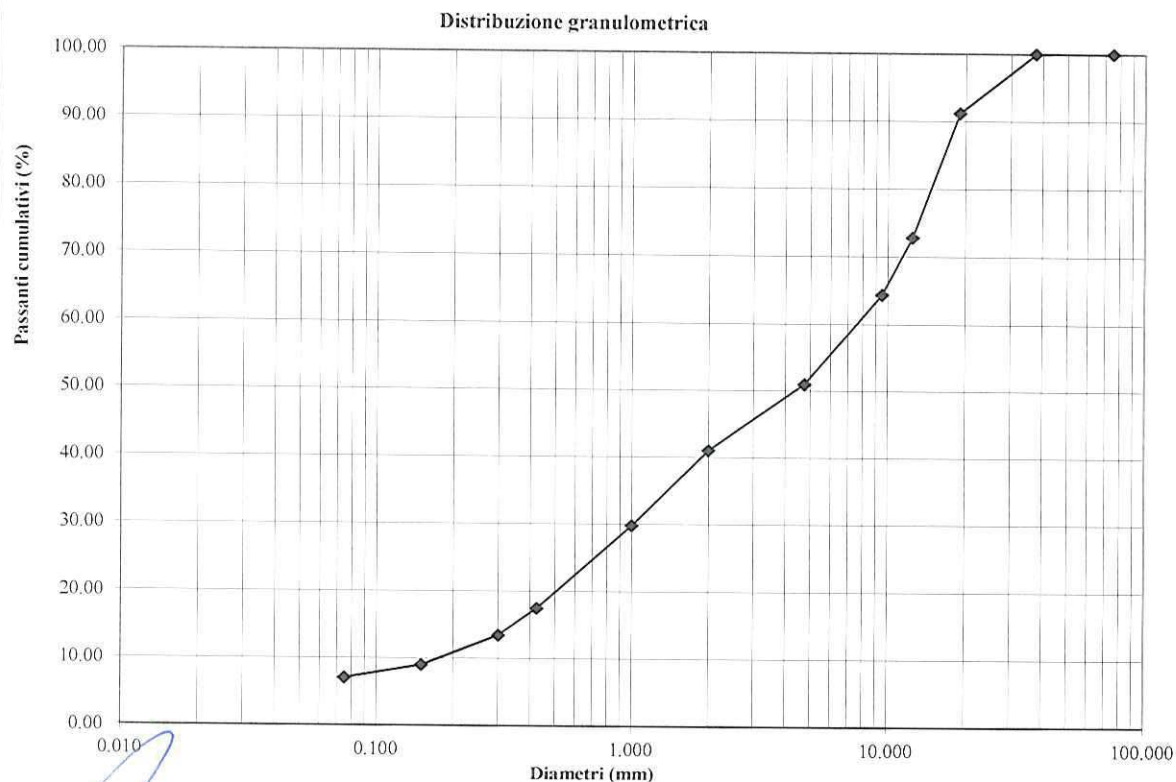
## **ALLEGATO 6 – CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO**



	<b>LABORATORIO PROVE SUI TERRENI</b> Conc.Min.LL.PP. N° 53363 del 06-05-05 <b>APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE</b> <i>(ASTM D 2488-00)</i>	AZIENDA CON SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA ISO 9001 – ISO 14001																												
Acc. n°: 136/18      del: 03/10/2018      Certificato n°: 7046/18	Committente: Ferrovie Nord S.p.A.      Commessa n°: 143/18																													
Cantiere: Milano Bovisa																														
Località: Milano Bovisa																														
Campione: S1 CR1		Profondità (m): 6.80-7.00																												
Sigla di laboratorio: T.1777/18      Data di prova: 03/10/2018		Data di emissione: 11/10/2018																												
<b>Descrizione:</b> il campione è costituito da ghiaia con sabbia, debolmente limosa.																														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>           Forma: -            Lunghezza (cm): -            Colore: grigio chiaro         </div> <div>           Stato del campione: rimaneggiato            Diametro "Φ" (cm): -            Odore: -         </div> </div>																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">CONSISTENZA (Terreni coesivi)</th> <th style="width: 33%;">ADDENSAMENTO (Terreni granulari)</th> <th style="width: 33%;">CONDIZIONI DI UMIDITA'</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Privo di consistenza</td> <td><input type="checkbox"/> Sciolto</td> <td><input type="checkbox"/> Asciutto</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Poco consistente</td> <td><input type="checkbox"/> Poco addensato</td> <td><input type="checkbox"/> Debolmente umido</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Moderatamente consistente</td> <td><input type="checkbox"/> Moderatamente addensato</td> <td><input type="checkbox"/> Umido</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Consistente</td> <td><input type="checkbox"/> Addensato</td> <td><input type="checkbox"/> Molto umido</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Molto consistente</td> <td><input type="checkbox"/> Molto addensato</td> <td><input type="checkbox"/> Saturo</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">PLASTICITA'</th> <th style="width: 50%;">REAZIONE CON HCl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Non plastico</td> <td><input type="checkbox"/> Nulla</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Poco plastico</td> <td><input type="checkbox"/> Debole</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Mediamente plastico</td> <td><input type="checkbox"/> Alta</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Molto plastico</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'	<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto	<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido	<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido	<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido	<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo	PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Molto plastico	
CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'																												
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto																												
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido																												
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido																												
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido																												
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo																												
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl																													
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla																													
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole																													
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta																													
<input type="checkbox"/> Molto plastico																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 30%;">PROVE ESEGUITE</th> <th style="width: 70%;">           Sigla Campione: S1 CR1            Profondità (m): 6.80-7.00         </th> </tr> <tr> <td style="height: 150px; vertical-align: top; padding: 5px;">           Analisi granulometrica per vagliatura         </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">  </td> </tr> </table>			PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S1 CR1 Profondità (m): 6.80-7.00	Analisi granulometrica per vagliatura																									
PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S1 CR1 Profondità (m): 6.80-7.00																													
Analisi granulometrica per vagliatura																														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <b>Lo Sperimentatore</b>            Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello   </div> <div style="width: 45%; text-align: right;"> <b>Il Direttore del Laboratorio</b>            Dott. Geol. Giovanni Patricelli   </div> </div>																														
TECNO IN S.p.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marecchia, 52 - Tel. 02.496.80.50/Fax 02.496.80.492 - Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Triv. trettola S. Anna alle Paludi, 11 - Tel. 081.563.45.20/Fax 081.563.39.10 - Ema																														

Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7047/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S1 CR1			Profondità (m):	6,80-7,00
Sigla di laboratorio	T.1777/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	636.30	Massa secca dopo lavaggio (g):	595.21
		Massa tara (g):	46.50
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75.000	46.50	100.00
1 1/2"	37.500	46.50	100.00
3/4"	19.000	98.16	91.24
1/2"	12.500	206.42	72.89
3/8"	9.500	256.52	64.39
N. 4	4.750	335.57	50.99
N. 10	2.000	394.23	41.04
N. 20	1.000	460.54	29.80
N. 40	0.425	533.29	17.47
N. 50	0.300	557.08	13.43
N.100	0.150	583.21	9.00
N. 200	0.075	594.67	7.06



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. *Gianpiero Pascariello*

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. *Giovanni Patricelli*

Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S1 CR1	Profondità (m):		6,80-7,00	
Sigla del laboratorio:	T.1777/18	Data di emissione:		11/10/2018	

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	6.00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	35.04
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	58.96
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0.075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	





**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**  
Conc.Min.LL.PP. N° 53363  
del 06-05-05  
**APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE**  
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'  
CERTIFICATO DAL RINA  
ISO 9001 - ISO 14001

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7048/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S1 CR2			Profondità (m):	12.70-13.00
Sigla di laboratorio:	T.1778/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Descrizione: il campione è costituito da sabbia con ghiaia, limosa.

Forma: -  
Lunghezza (cm): -  
Colore: grigio chiaro

Stato del campione: rimaneggiato  
Diametro "Φ" (cm): -  
Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCI	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S1 CR2 Profondità (m): 12.70-13.00
Analisi granulometrica per vagliatura	

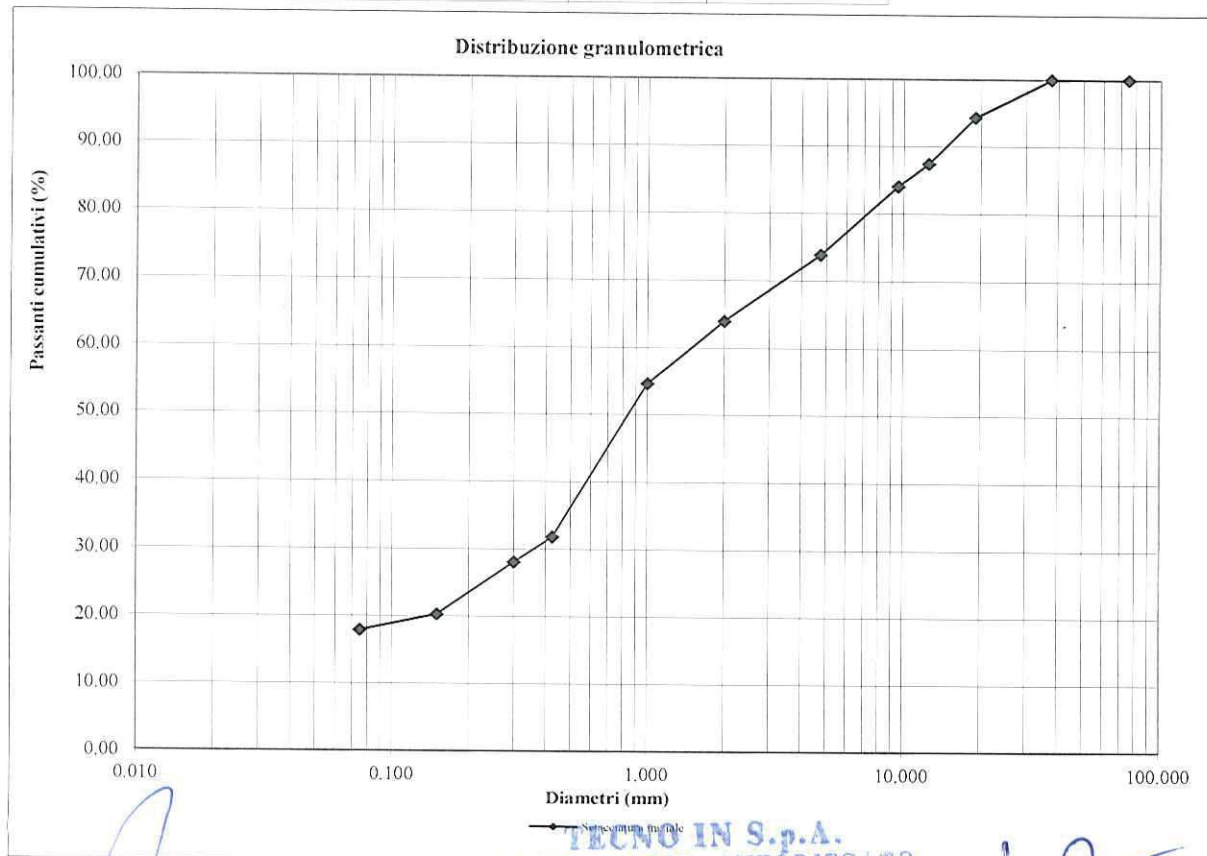
Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli  
**TECNO IN S.p.A. LABORATORIO AUTORIZZATO**  
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 290/2001

TECNO IN S.p.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marconi 51 - Tel. 02 496 80 501 Fax 02 496 80 502 - Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II  
Trav. trettola S. Anna alle Paliudi, 11 - Tel. 081 563 45 20 Fax 081 563 35 70 - Ema

Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7049/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S1 CR2			Profondità (m):	12,70-13,00
Sigla di laboratorio	T.1778/18	Data di inizio prova	04/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	1037.00	Massa secca dopo lavaggio (g):	864.7
		Massa tara (g):	12.87
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75.000	12.87	100.00
1 1/2"	37.500	12.87	100.00
3/4"	19.000	71.11	94.31
1/2"	12.500	141.46	87.44
3/8"	9.500	176.00	84.07
N. 4	4.750	280.22	73.89
N. 10	2.000	381.44	64.01
N. 20	1.000	477.54	54.63
N. 40	0.425	710.87	31.84
N. 50	0.300	749.33	28.09
N. 100	0.150	829.20	20.29
N. 200	0.075	853.80	17.89



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascarello

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 330/2001  
con decreto n. 53363 per Prove

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S1 CR2	Profondità (m):	12,70-13,00		
Sigla del laboratorio:	T.1778/18	Data di emissione:	11/10/2018		

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	17.00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	47.01
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	35.99
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0,075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

TECNO IN S.p.A.  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove  
Geotecniche su terre



	<b>LABORATORIO PROVE SUI TERRENI</b> Conc.Min.LL.PP. N° 53363 del 06-05-05 <b>APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE</b> (ASTM D 2488-00)		AZIENDA CON SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA ISO 9001 - ISO 14001


Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n° :	7050/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S2 CR1			Profondità (m) :	18,00-18,30
Sigla di laboratorio:	T.1779/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da ghiaia con sabbia, debolmente limosa.

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: grigio chiaro

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: -

<b>CONSISTENZA</b> (Terreni coesivi)	<b>ADDENSAMENTO</b> (Terreni granulari)	<b>CONDIZIONI DI UMIDITA'</b>
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
<b>PLASTICITA'</b>	<b>REAZIONE CON HCl</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

<b>PROVE ESEGUITE</b>	Sigla Campione: S2 CR1 Profondità (m): 18,00-18,30
Analisi granulometrica per vagliatura	

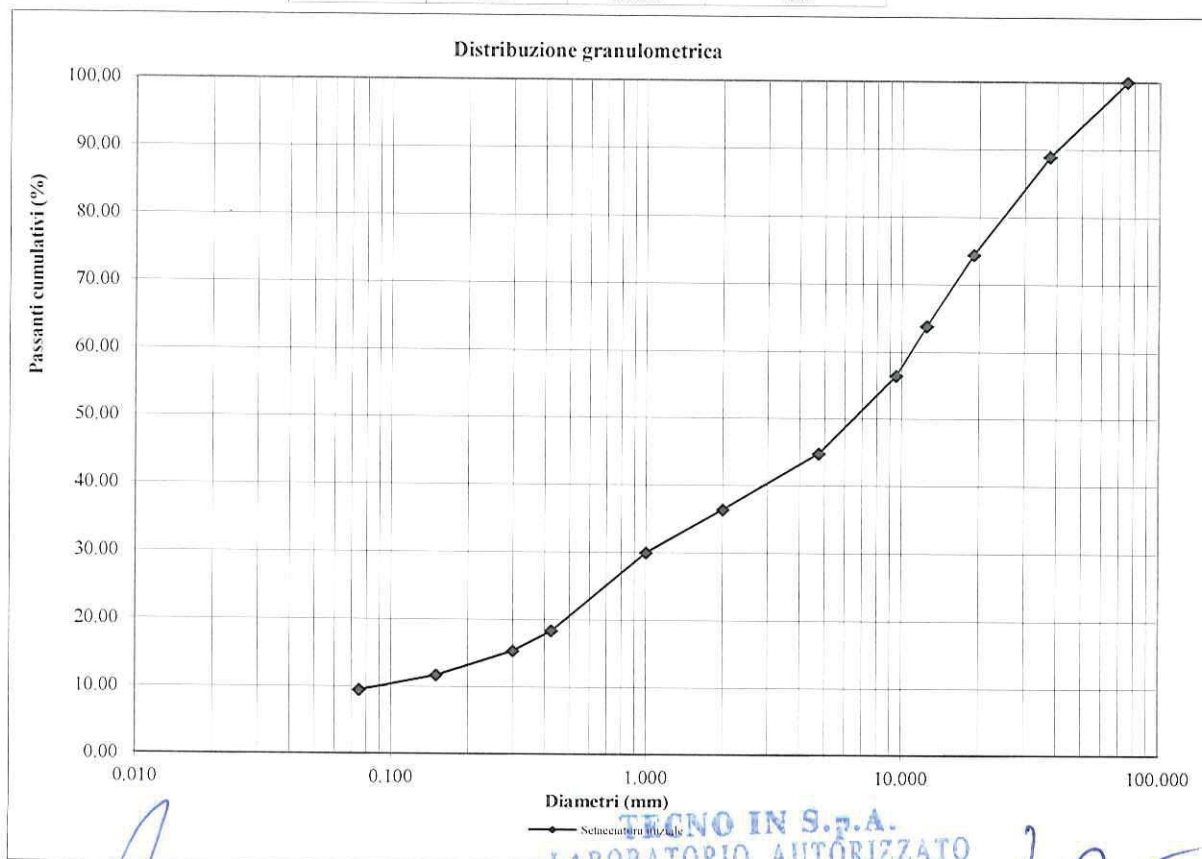
Lo Sperimentatore  
 Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli



Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7051/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S2 CRI			Profondità (m):	18,00-18,30
Sigla di laboratorio	T.1779/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	1176.40	Massa secca dopo lavaggio (g):	1069.9
		Massa tara (g):	19.88
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75.000	19.88	100.00
1 1/2"	37.500	147.60	88.96
3/4"	19.000	315.41	74.45
1/2"	12.500	437.85	63.86
3/8"	9.500	523.82	56.43
N. 4	4.750	658.82	44.75
N. 10	2.000	755.31	36.41
N. 20	1.000	829.50	30.00
N. 40	0.425	964.10	18.36
N. 50	0.300	998.90	15.35
N. 100	0.150	1041.30	11.68
N. 200	0.075	1066.80	9.48



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prov. ...

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Pascariello

Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S2 CR1		Profondità (m):	18,00-18,30	
Sigla del laboratorio:	T.1779/18		Data di emissione:	11/10/2018	

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	9.00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	27.41
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	63.59
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0.075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	





**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

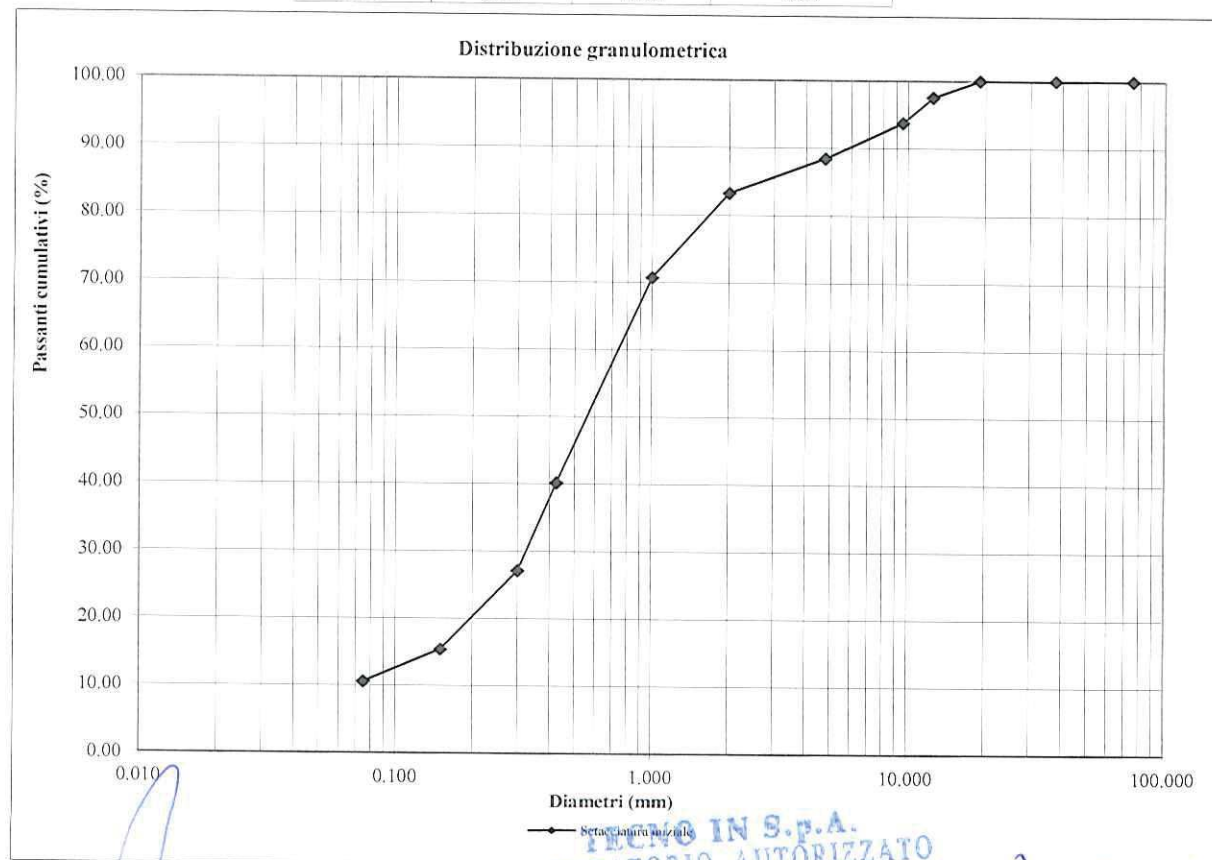

 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

	<b>LABORATORIO PROVE SUI TERRENI</b> Conc.Min.LL.PP. N° 53363 del 06-05-05 <b>APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE</b> (ASTM D 2488-00)	AZIENDA CON SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA ISO 9001 - ISO 14001																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Acc. n°</td> <td style="width: 20%;">136/18</td> <td style="width: 20%;">del:</td> <td style="width: 20%;">03/10/2018</td> <td style="width: 20%;">Certificato n°:</td> <td style="width: 20%;">7052/18</td> </tr> <tr> <td>Committente:</td> <td colspan="3">Ferrovie Nord S.p.A.</td> <td>Commessa n°:</td> <td>143/18</td> </tr> <tr> <td>Cantiere:</td> <td colspan="5">Milano Bovisa</td> </tr> <tr> <td>Località:</td> <td colspan="5">Milano Bovisa</td> </tr> <tr> <td>Campione:</td> <td colspan="3">S2 CR2</td> <td>Profondità (m):</td> <td>22.00-22.30</td> </tr> <tr> <td>Sigla di laboratorio:</td> <td>T.1780/18</td> <td>Data di prova:</td> <td>03/10/2018</td> <td>Data di emissione:</td> <td>11/10/2018</td> </tr> </table>	Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7052/18	Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18	Cantiere:	Milano Bovisa					Località:	Milano Bovisa					Campione:	S2 CR2			Profondità (m):	22.00-22.30	Sigla di laboratorio:	T.1780/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018	Descrizione: il campione è costituito da sabbia ghiaiosa, debolmente limosa.	
Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7052/18																																	
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18																																	
Cantiere:	Milano Bovisa																																					
Località:	Milano Bovisa																																					
Campione:	S2 CR2			Profondità (m):	22.00-22.30																																	
Sigla di laboratorio:	T.1780/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018																																	
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">           Forma: -            Lunghezza (cm): -            Colore: bruno chiaro         </td> <td style="width: 50%;">           Stato del campione: rimaneggiato            Diametro "Φ" (cm): -            Odore: -         </td> </tr> </table>						Forma: - Lunghezza (cm): - Colore: bruno chiaro	Stato del campione: rimaneggiato Diametro "Φ" (cm): - Odore: -																															
Forma: - Lunghezza (cm): - Colore: bruno chiaro	Stato del campione: rimaneggiato Diametro "Φ" (cm): - Odore: -																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <b>CONSISTENZA</b>            (Terreni coesivi)         </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <b>ADDENSAMENTO</b>            (Terreni granulari)         </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <b>CONDIZIONI DI UMIDITA'</b> </td> </tr> <tr> <td> <input type="checkbox"/> Privo di consistenza  <input type="checkbox"/> Poco consistente  <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente  <input type="checkbox"/> Consistente  <input type="checkbox"/> Molto consistente         </td> <td> <input type="checkbox"/> Sciolto  <input type="checkbox"/> Poco addensato  <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato  <input type="checkbox"/> Addensato  <input type="checkbox"/> Molto addensato         </td> <td> <input type="checkbox"/> Asciutto  <input type="checkbox"/> Debolmente umido  <input type="checkbox"/> Umido  <input type="checkbox"/> Molto umido  <input type="checkbox"/> Saturo         </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <b>PLASTICITA'</b> </td> <td style="text-align: center;"> <b>REAZIONE CON HCl</b> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> <input checked="" type="checkbox"/> Non plastico  <input type="checkbox"/> Poco plastico  <input type="checkbox"/> Mediamente plastico  <input type="checkbox"/> Molto plastico         </td> <td> <input checked="" type="checkbox"/> Nulla  <input type="checkbox"/> Debole  <input type="checkbox"/> Alta         </td> <td></td> </tr> </table>						<b>CONSISTENZA</b> (Terreni coesivi)	<b>ADDENSAMENTO</b> (Terreni granulari)	<b>CONDIZIONI DI UMIDITA'</b>	<input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo	<b>PLASTICITA'</b>	<b>REAZIONE CON HCl</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta																						
<b>CONSISTENZA</b> (Terreni coesivi)	<b>ADDENSAMENTO</b> (Terreni granulari)	<b>CONDIZIONI DI UMIDITA'</b>																																				
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo																																				
<b>PLASTICITA'</b>	<b>REAZIONE CON HCl</b>																																					
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta																																					
<b>PROVE ESEGUITE</b>  Analisi granulometrica per vagliatura		Sigla Campione: S2 CR2 Profondità (m): 22.00-22.30  																																				
Lo Sperimentatore Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello		Il Direttore del Laboratorio Dott. Geol. Giovanni Patricelli																																				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>  </div> <div>  </div> </div>																																						
<b>TECNO IN S.P.A. LABORATORIO AUTORIZZATO</b> <small>ai sensi dell'art. 10 del D.P.R. 28/2/2000</small> TECNO IN S.P.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marcora, 52 - Tel. 02/9680.501/502 - Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Trav. trenota S. Anna alle Palle, 5141 - Tel. 081/563.4520/505 - Fax 081/563.3974 / Ema																																						



Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7053/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S2 CR2			Profondità (m):	22,00-22,30
Sigla di laboratorio	T.1780/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM. 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	799,68	Massa secca dopo lavaggio (g):	725,91
		Massa tara (g):	19,80
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	19,80	100,00
1 1/2"	37,500	19,80	100,00
3/4"	19,000	19,80	100,00
1/2"	12,500	38,66	97,58
3/8"	9,500	68,48	93,76
N. 4	4,750	109,83	88,46
N. 10	2,000	149,93	83,31
N. 20	1,000	247,97	70,74
N. 40	0,425	486,19	40,20
N. 50	0,300	588,27	27,11
N.100	0,150	679,68	15,39
N. 200	0,075	717,33	10,56



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

TECNO IN S.p.A.  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Parricelli

Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S2 CR2	Profondità (m):	22,00-22,30		
Sigla del laboratorio:	T.1780/18	Data di emissione:	11/10/2018		

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	9.50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	73.81
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	16.69
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0,075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

TECNO IN S.p.A.  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 338/2001  
con decreto n. 5063 del 10/05/2017  
Geotecniche su terra

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n° :	7020/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR1			Profondità (m) :	5.50-6.00
Sigla di laboratorio:	T.1764/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da **ghiaia con sabbia limosa**

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: grigio chiaro

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S3 CR1 Profondità (m): 5.50-6.00
Analisi granulometrica per vagliatura	

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

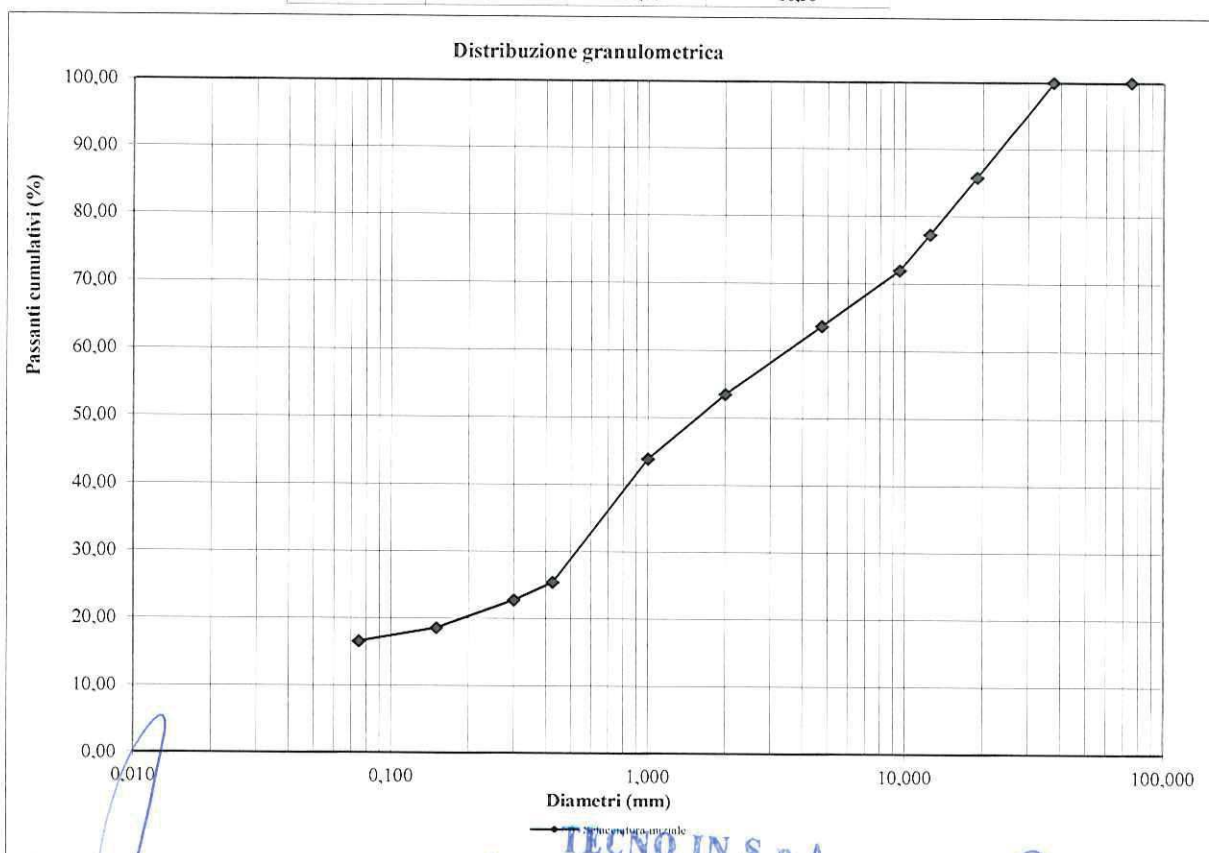
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli



Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7021/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR1			Profondità (m):	5,50-6,00
Sigla di laboratorio	T.1764/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	1147,70	Massa secca dopo lavaggio (g):	963,6
		Massa tara (g):	19,90
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	19,90	100,00
1 1/2"	37,500	19,90	100,00
3/4"	19,000	180,34	85,77
1/2"	12,500	275,81	77,31
3/8"	9,500	336,32	71,94
N. 4	4,750	429,50	63,68
N. 10	2,000	544,94	53,45
N. 20	1,000	652,99	43,87
N. 40	0,425	861,50	25,38
N. 50	0,300	891,30	22,73
N. 100	0,150	938,50	18,55
N. 200	0,075	960,70	16,58



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 del 06-05-05

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Parricelli



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR1		Profondità (m):	5,50-6,00	
Sigla del laboratorio:	T.1764/18		Data di emissione:	11/10/2018	

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0.002 mm + Limo < 0.06 mm	(%)	16.50
Sabbia < 2.00 mm	(%)	36.95
Ghiaia < 60.0 mm	(%)	46.55
Ciottoli > 60.0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità LL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0.075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.Lgs. 370/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7022/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR2			Profondità (m):	20.00-20.50
Sigla di laboratorio:	T.1765/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da limo sabbioso argilloso.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato  
Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -  
Colore: bruno giallastro Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input type="checkbox"/> Non plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla	
<input checked="" type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S3 CR2 Profondità (m): 20.00-20.50
Analisi granulometrica per vaghiatura e sedimentazione  Limiti di Atterberg	

**Lo Sperimentatore**  
Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.P.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 del 06-05-05

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.P.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marconi, 52 - Tel. 02.496.80.500 - Fax 02.496.80.502 -  
Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Trav. Strettola S. Anna alle Paille, 1 - Tel. 081.563.45.20/Fax 081.563.39.70 - Email: tecnoin@tecnoin.it



Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7023/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR2			Profondità:	20,00-20,50
Sigla di laboratorio	T.1765/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)**

Massa secca iniziale (g):	662,84	Massa secca dopo lavaggio (g):	161,22
		Massa tara (g):	82,31
		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
Setaccio			Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	82,31	100,00
1"	25,400	82,31	100,00
3/4"	19,050	82,31	100,00
1/2"	12,700	82,31	100,00
3/8"	9,525	82,31	100,00
N. 4	4,750	82,31	100,00
N. 8	2,360	83,86	99,73
N. 16	1,180	85,57	99,44
N. 40	0,425	109,36	95,34

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)**

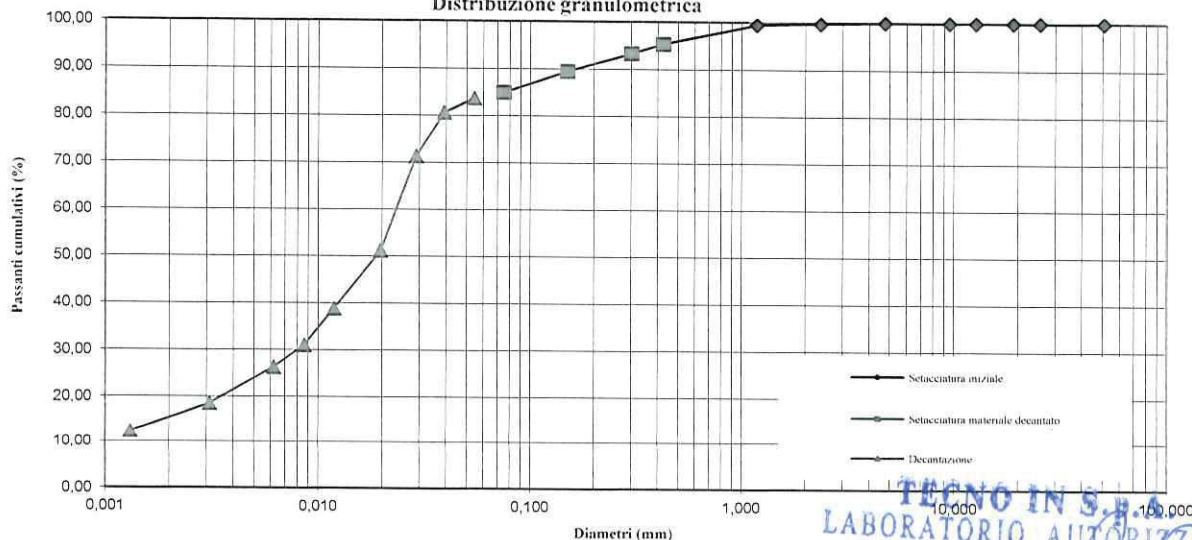
Massa secca iniziale (g):	50		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	3,35	95,34
N.50	0,300	4,42	93,30
N.100	0,150	6,41	89,50
N. 200	0,075	8,80	84,95
		Massa tara (g)	3,35
		Peso specifico della soluzione :	1,001

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm): **0,425**

**Decantazione**

Massa iniziale secca (g): 50			Peso specifico dei granuli: 2,60					
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0285	26	-0,0005	1,0280	83,71	8,90	0,01291	0,054
1	1,0275	26	-0,0005	1,0270	80,61	9,20	0,01291	0,039
2	1,0245	26	-0,0005	1,0240	71,31	10,00	0,01291	0,029
5	1,0180	26	-0,0005	1,0175	51,16	11,65	0,01291	0,020
15	1,0140	26	-0,0005	1,0135	38,76	12,75	0,01291	0,012
30	1,0115	26	-0,0005	1,0110	31,01	13,40	0,01291	0,009
60	1,0100	26	-0,0005	1,0095	26,35	13,80	0,01291	0,006
250	1,0075	26	-0,0005	1,0070	18,60	14,40	0,01291	0,003
1440	1,0055	26	-0,0005	1,0050	12,40	15,00	0,01291	0,001

**Distribuzione granulometrica**

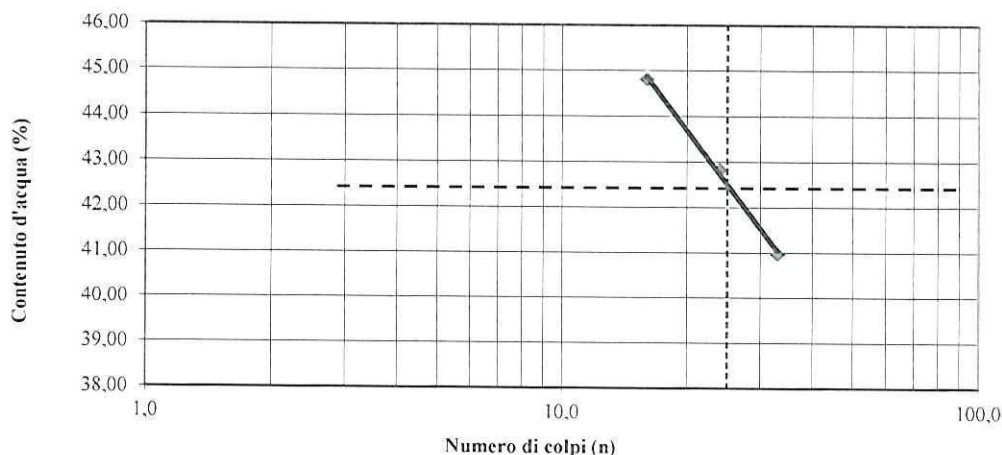


Distribuzione granulometrica: limo (68,50%) sabbioso (16,00%), argilloso (15,50%)

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7054/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S3 CR2			Profondità:	20.00-20.50
Sigla di laboratorio:	T.1765/18	Data di inizio prova:	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi
1	0,20	0,30	0,27	0,03	0,07	40,98	33
2	0,18	0,27	0,24	0,03	0,06	42,83	24
3	0,22	0,33	0,30	0,03	0,08	44,82	16



**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)
1	0,20	0,31	0,28	0,02	0,08	29,86
2	0,27	0,39	0,36	0,03	0,09	29,69
<b>Wp medio</b>						<b>29,77</b>

Limite di liquidità  $WL (%) = 42,50$

Limite di plasticità  $Wp (%) = 29,77$

Indice di plasticità  $Ip (%) = 12,73$

Indice di consistenza  $Ic (%) =$

Indice di liquidità  $Il (%) =$

Lo Sperimentatore  
Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove  
Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Tecno In S.p.A., Via 2° Strettola S. Anna alle Paludi, n° 11.80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR2	Profondità (m):	20,00-20,50		
Sigla del laboratorio:	T.1765/18	Data di emissione:	11/10/2018		

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	15,50
Limo < 0,06 mm	(%)	68,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	16,00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	0,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	42,50
Limite di plasticità WP	(%)	29,77
Indice di plasticità IP	(-)	12,73
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità LL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.L.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione	%	

TECNO IN S.p.A.  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53663 per Prov.  
Geotecniche su terre



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7024/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR3			Profondità (m):	23,50-24,00
Sigla di laboratorio:	T.1766/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da **sabbia con ghiaia**.

Forma: -  
Lunghezza (cm): -  
Colore: marrone

Stato del campione: rimaneggiato  
Diametro "Φ" (cm): -  
Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S3 CR3 Profondità (m): 23,50-24,00
Analisi granulometrica per vaghiatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore  
Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
ai sensi dell'art 59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

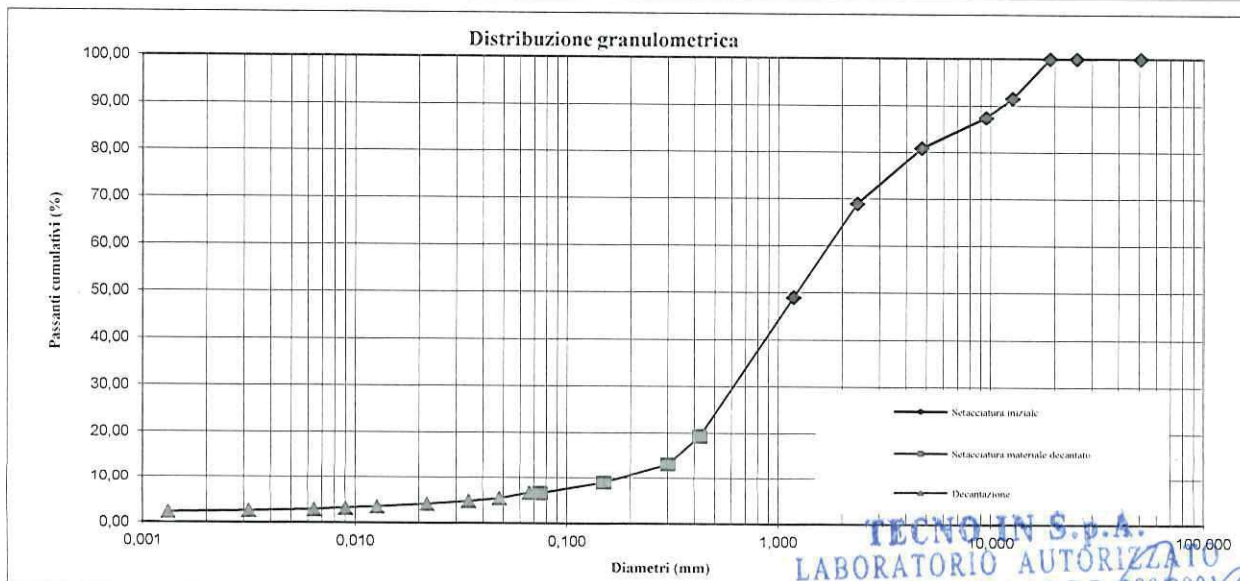
Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7025/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR3			Profondità:	23,50-24,00
Sigla di laboratorio	T.1766/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Massa secca iniziale (g):	596,89	Massa secca dopo lavaggio (g):	531,14
		Massa tara (g):	87,87
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	87,87	100,00
1"	25,400	87,87	100,00
3/4"	19,050	87,87	100,00
1/2"	12,700	130,84	91,56
3/8"	9,525	151,70	87,46
N. 4	4,750	185,41	80,84
N. 8	2,360	245,67	69,00
N. 16	1,180	347,58	48,98
N. 40	0,425	498,32	19,36

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Massa secca iniziale (g):	50,16		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	3,35	19,36
N.50	0,300	19,32	13,20
N.100	0,150	30,46	8,90
N. 200	0,075	36,67	6,50
		Massa tara (g)	3,35
Peso specifico della soluzione : 1,001			

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0,425
---	-------

Decantazione								
Massa iniziale secca (g): 50,16			Peso specifico dei granuli: 2,60					
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0120	26	-0,0005	1,0115	6,59	13,25	0,01291	0,066
1	1,0100	26	-0,0005	1,0095	5,34	13,80	0,01291	0,048
2	1,0090	26	-0,0005	1,0085	4,71	14,05	0,01291	0,034
5	1,0080	26	-0,0005	1,0075	4,08	14,30	0,01291	0,022
15	1,0070	26	-0,0005	1,0065	3,45	14,55	0,01291	0,013
30	1,0065	26	-0,0005	1,0060	3,14	14,70	0,01291	0,009
60	1,0060	26	-0,0005	1,0055	2,82	14,85	0,01291	0,006
250	1,0055	26	-0,0005	1,0050	2,51	15,00	0,01291	0,003
1440	1,0050	26	-0,0005	1,0045	2,20	15,10	0,01291	0,001



Distribuzione granulometrica: sabbia (57,00%) con ghiaia (36,00%).



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR3	Profondità (m): 23,50-24,00			
Sigla del laboratorio:	T.1766/18	Data di emissione: 11/10/2018			

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	2,50
Limo < 0,06 mm	(%)	4,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	57,00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	36,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità LL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art 59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7026/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR4			Profondità (m):	29.00-29.50
Sigla di laboratorio:	T.1767/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia ghiaiosa, limosa, debolmente argillosa.

Forma: -  
Lunghezza (cm): -  
Colore: marrone

Stato del campione: rimaneggiato  
Diametro "Φ" (cm): -  
Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S3 CR4 Profondità (m): 29.00-29.50
Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione Limiti di Atterberg	

Lo Sperimentatore  
Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7027/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR4			Profondità:	29,00-29,50
Sigla di laboratorio	T.1767/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)**

Massa secca iniziale (g):	817,30	Massa secca dopo lavaggio (g):	639,02
		Massa tara (g):	76,40
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	76,40	100,00
1"	25,400	76,40	100,00
3/4"	19,050	90,08	98,15
1/2"	12,700	131,80	92,52
3/8"	9,525	148,65	90,25
N. 4	4,750	198,35	83,54
N. 8	2,360	241,82	77,67
N. 16	1,180	305,72	69,05
N. 40	0,425	480,90	45,40

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)**

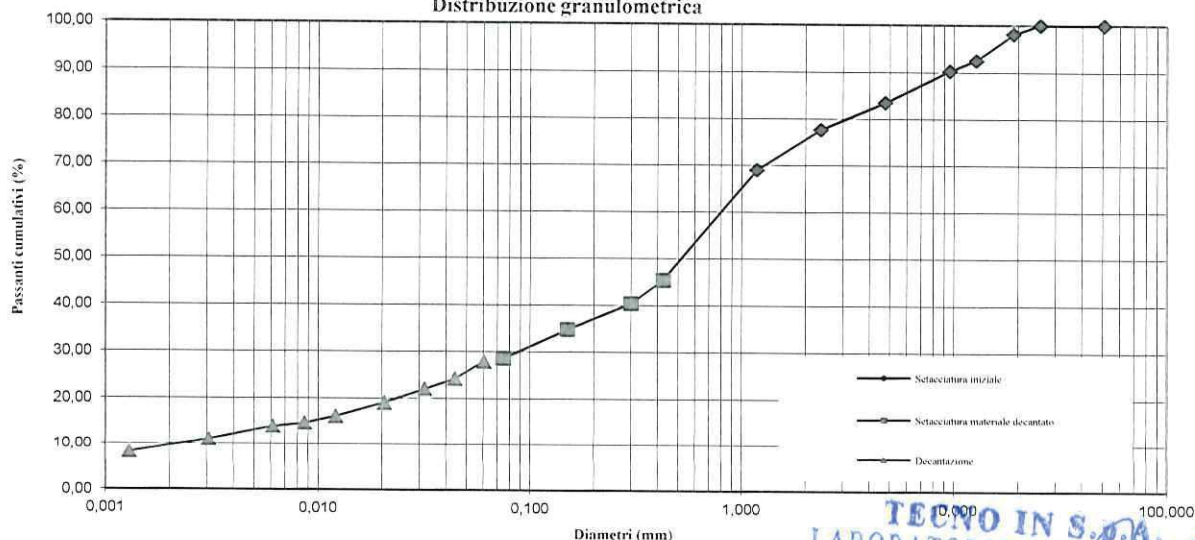
Massa secca iniziale (g):	50,17		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	3,35	45,40
N.50	0,300	8,88	40,40
N.100	0,150	15,07	34,80
N. 200	0,075	21,92	28,60
		Massa tara (g)	3,35
Peso specifico della soluzione : 1,001			

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm): **0,425**

**Decantazione**

Massa iniziale secca (g): 50,17				Peso specifico dei granuli: 2,60				
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0205	26	-0,0005	1,0200	27,96	11,00	0,01291	0,061
1	1,0180	26	-0,0005	1,0175	24,28	11,65	0,01291	0,044
2	1,0165	26	-0,0005	1,0160	22,07	12,10	0,01291	0,032
5	1,0145	26	-0,0005	1,0140	19,13	12,60	0,01291	0,020
15	1,0125	26	-0,0005	1,0120	16,19	13,10	0,01291	0,012
30	1,0115	26	-0,0005	1,0110	14,72	13,40	0,01291	0,009
60	1,0110	26	-0,0005	1,0105	13,98	13,55	0,01291	0,006
250	1,0090	26	-0,0005	1,0085	11,04	14,05	0,01291	0,003
1440	1,0070	26	-0,0005	1,0065	8,09	14,55	0,01291	0,001

**Distribuzione granulometrica**



Distribuzione granulometrica: sabbia (48,00%) ghiaiosa (24,00%) limosa (18,00%) debolmente argillosa (10,00%)



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7055/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S3 CR4			Profondità:	29.00-29.50
Sigla di laboratorio:	T.1767/18	Data di inizio prova:	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi

LIMITE NON DETERMINABILE

**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)

LIMITE NON DETERMINABILE

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Tecno In S.p.A. Via 2° Strettola S. Anna alle Paludi, n° 11.80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR4	Profondità (m): 29,00-29,50			
Sigla del laboratorio:	T.1767/18	Data di emissione: 11/10/2018			

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	10,00
Limo < 0,06 mm	(%)	18,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	48,00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	24,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	n.d.
Limite di plasticità WP	(%)	n.d.
Indice di plasticità IP	(-)	n.d.
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa	
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec
Coefficiente di consolidazione secondaria es	%

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n° :	7028/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR5			Profondità (m) :	39,50-40,00
Sigla di laboratorio:	T.1768/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia con ghiaia, debolmente limosa.

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: bruno chiaro

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S3 CR5 Profondità (m): 39,50-40,00
Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore  
 Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

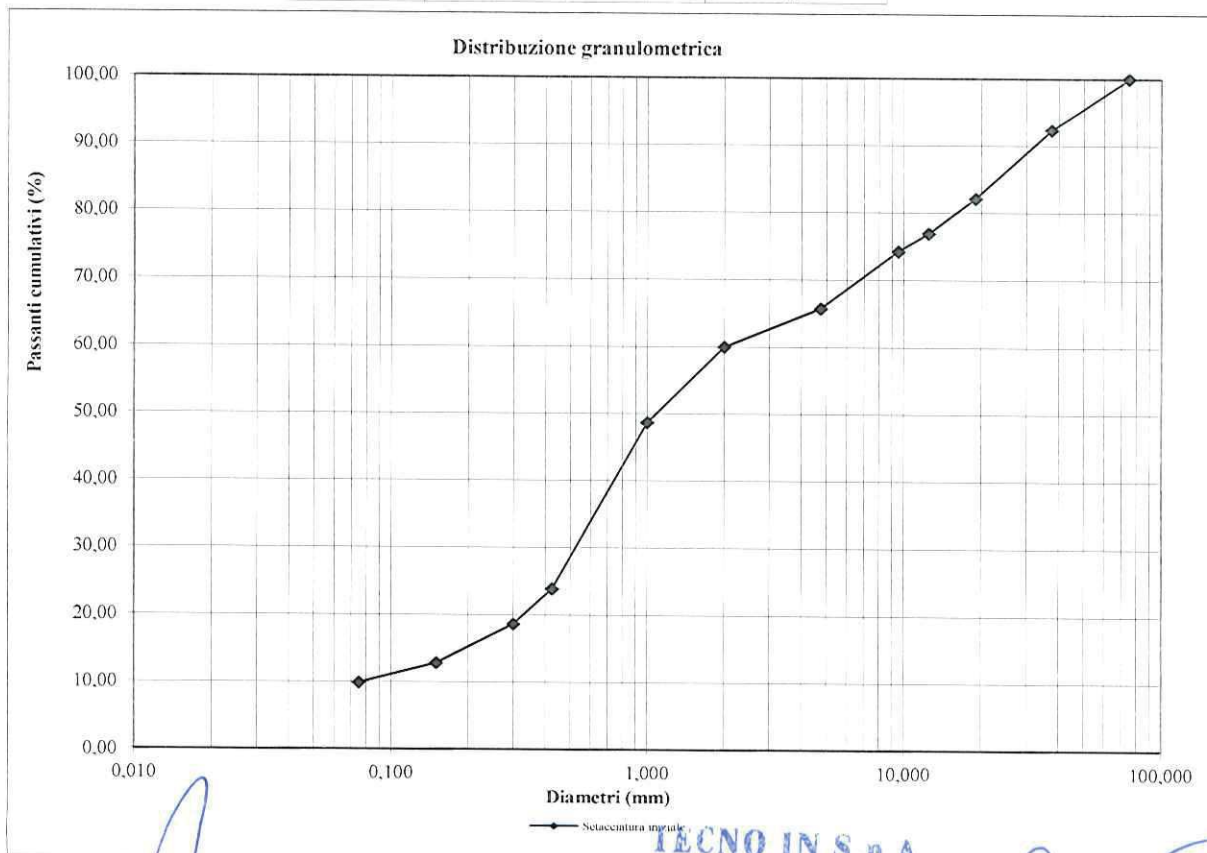
**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su Terreni

Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli



Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7029/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR5			Profondità (m):	39,50-40,00
Sigla di laboratorio	T.1768/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	1424,10	Massa secca dopo lavaggio (g):	1292,2
		Massa tara (g):	13,07
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	13,07	100,00
1 1/2"	37,500	120,86	92,36
3/4"	19,000	265,15	82,14
1/2"	12,500	338,45	76,94
3/8"	9,500	376,05	74,28
N. 4	4,750	496,35	65,75
N. 10	2,000	577,24	60,02
N. 20	1,000	736,93	48,70
N. 40	0,425	1087,20	23,88
N. 50	0,300	1160,70	18,67
N. 100	0,150	1243,00	12,83
N. 200	0,075	1284,60	9,89



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 del 06-05-05  
Dott. Geol. Giovanni Pascariello



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR5		Profondità (m):	39,50-40,00	
Sigla del laboratorio:	T.1768/18		Data di emissione:	11/10/2018	

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	9,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	51,02
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	39,98
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità LL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0,075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria cn	%	

<u>Acc. n°</u>	136/18	<u>del:</u>	03/10/2018	<u>Certificato n° :</u>	7030/18
<u>Committente:</u>	Ferrovie Nord S.p.A.			<u>Commessa n°:</u>	143/18
<u>Cantiere:</u>	Milano Bovisa				
<u>Località:</u>	Milano Bovisa				
<u>Campione:</u>	S3 CR6			<u>Profondità (m) :</u>	47,50-48,00
<u>Sigla di laboratorio:</u>	T.1769/18	<u>Data di prova:</u>	03/10/2018	<u>Data di emissione:</u>	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia ghiaiosa, limosa, debolmente argillosa.

Forma: -  
Lunghezza (cm): -  
Colore: bruno verdastro

Stato del campione: rimaneggiato  
Diametro "Φ" (cm): -  
Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)		ADDENSAMENTO (Terreni granulari)		CONDIZIONI DI UMIDITA'	
	Privo di consistenza		Sciolto		Asciutto
	Poco consistente		Poco addensato		Debolmente umido
	Moderatamente consistente		Moderatamente addensato		Umido
	Consistente		Addensato		Molto umido
	Molto consistente		Molto addensato		Saturo
PLASTICITA'		REAZIONE CON HCl			
	Non plastico		Nulla		
	Poco plastico		Debole		
	Mediamente plastico		Alta		
	Molto plastico				

<p>PROVE ESEGUITE</p>	<p>Sigla Campione: S3 CR6 Profondità (m): 47,50-48,00</p>
<p>Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione Limiti di Atterberg</p>	

**Lo Sperimentatore**  
Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.P.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marconi, 52 - Tel. 02 40 00 50 11 Fax 02 496 80 502 -  
Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Trav. Strettola S. Anna delle Gaudie - Tel. 081 563 45 20/Fax 081 563 39 70 - Email: tecnoin@tecnoin.it



Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7031/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR6			Profondità:	47,50-48,00
Sigla di laboratorio	T.1769/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

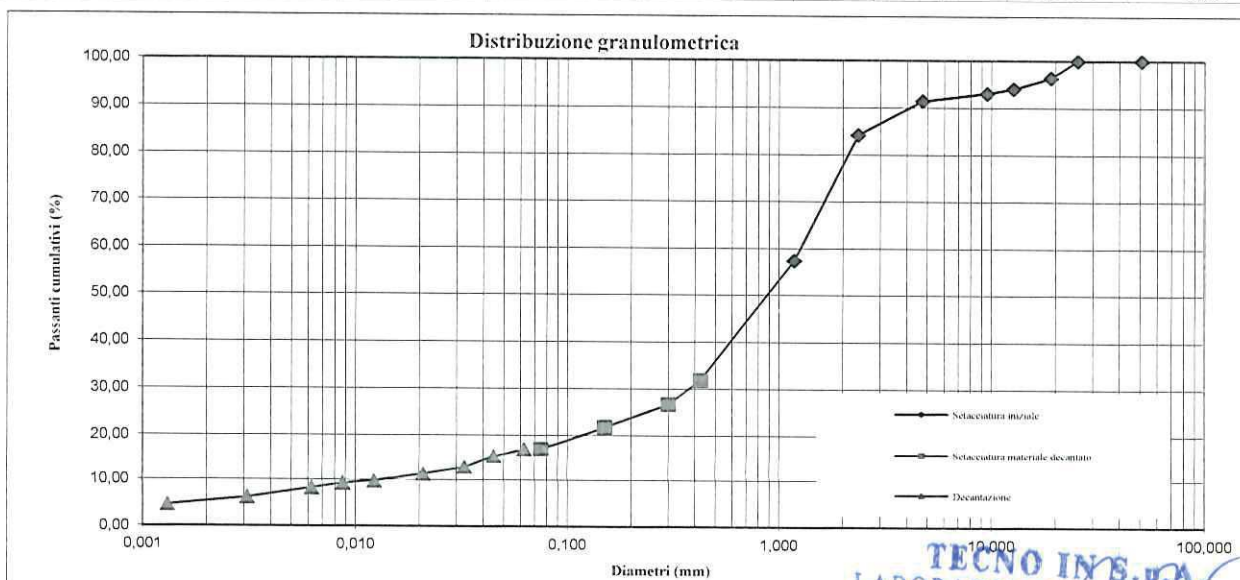
Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Massa secca iniziale (g):	787,76	Massa secca dopo lavaggio (g):	598,61
		Massa tara (g):	78,32
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	78,32	100,00
1"	25,400	78,32	100,00
3/4"	19,050	103,91	96,39
1/2"	12,700	120,70	94,03
3/8"	9,525	127,54	93,06
N. 4	4,750	139,28	91,41
N. 8	2,360	190,46	84,19
N. 16	1,180	380,38	57,42
N. 40	0,425	561,78	31,85

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Massa secca iniziale (g):	50,47		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	3,35	31,85
N.50	0,300	11,52	26,70
N.100	0,150	19,28	21,80
N. 200	0,075	26,88	17,00
		Massa tara (g)	3,35
Peso specifico della soluzione : 1,001			

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0,425
---	-------

**Decantazione**

Massa iniziale secca (g): 50,47			Peso specifico dei granuli: 2,60					
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0180	26	-0,0005	1,0175	16,93	11,65	0,01291	0,062
1	1,0165	26	-0,0005	1,0160	15,39	12,10	0,01291	0,045
2	1,0140	26	-0,0005	1,0135	12,83	12,75	0,01291	0,033
5	1,0125	26	-0,0005	1,0120	11,29	13,10	0,01291	0,021
15	1,0110	26	-0,0005	1,0105	9,75	13,55	0,01291	0,012
30	1,0105	26	-0,0005	1,0100	9,24	13,70	0,01291	0,009
60	1,0095	26	-0,0005	1,0090	8,21	13,90	0,01291	0,006
250	1,0075	26	-0,0005	1,0070	6,16	14,40	0,01291	0,003
1440	1,0060	26	-0,0005	1,0055	4,62	14,85	0,01291	0,001



Distribuzione granulometrica: sabbia (63,00%) ghiaiosa (21,00%) limosa (10,50%) debolmente argillosa (5,50%)



<u>Acc. n°</u>	136/18	<u>del:</u>	03/10/2018	<u>Certificato n°:</u>	7056/18
<u>Committente:</u>	Ferrovie Nord S.p.A.			<u>Commessa n°:</u>	143/18
<u>Cantiere:</u>	Milano Bovisa				
<u>Località:</u>	Milano Bovisa				
<u>Campione</u>	S3 CR6			<u>Profondità:</u>	47,50-48,00
<u>Sigla di laboratorio:</u>	T.1769/18	<u>Data di inizio prova:</u>	05/10/2018	<u>Data di emissione:</u>	11/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi

LIMITE NON DETERMINABILE

**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)

LIMITE NON DETERMINABILE

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Tecno In S.p.A., Via 2° Strettola S. Anna alle Paludi, n° 11.80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970

Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CR6	Profondità (m):	47,50-48,00		
Sigla del laboratorio:	T.1769/18	Data di emissione:	11/10/2018		

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	5,50
Limo < 0,06 mm	(%)	10,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	63,00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	21,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	n.d.
Limite di plasticità WP	(%)	n.d.
Indice di plasticità IP	(-)	n.d.
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

TECNO IN S.p.A.  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 480/2001  
con decreto n. 55363 per Prove  
Geotecniche su terre



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7061/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 C11			Profondità (m):	34.50-35.00
Sigla di laboratorio:	T.1781/18	Data di prova:	04/10/2018	Data di emissione:	12/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia con limo, debolmente ghiaiosa.

Forma: carota  
Lunghezza da fustella (cm): 41.00  
Colore: marrone

Stato del campione: indisturbato  
Diametro "Φ" (cm): 8.20  
Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input checked="" type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

Prove eseguite:	Sigla Campione: S3 - C11 Profondità (m): 34.50-35.00
Peso specifico dei granuli Caratteristiche fisiche generali Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione Limiti di Atterberg Prova di taglio consolidata drenata CD	
Pocket penetrometer (kPa)	
Vane test (kPa)	

Lo Sperimentatore  
Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli  
Il Direttore del Laboratorio

TECNO IN S.p.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marconi, 52 - Tel. 02.496.80.301/Fax 02.496.80.502 -  
Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Trav. Strettola S. Anna alle Palude, 11 - Tel. 081.563.45.20/Fax 081.563.39.70 - Email: tecnoin@tecnoin.it



**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**  
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363  
 del 06-05-05  
**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI**  
**GRANULI**  
*(ASTM D 854-10)*

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'  
 CERTIFICATO DAL RINA  
 ISO 9001 - ISO 14001

FOGLIO 1 DI 1

Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7062/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S3 C11			Profondità (m) :	34,50-35,00
Sigla di laboratorio:	T.1781/18	Data di inizio prova:	06/10/2018	Data di emissione:	12/10/2018

DETERMINAZIONI	1	2
Picnometro n°	4	11
Peso picnometro (N)	1.42	1.49
Peso pic. + acqua distill.(N)	4.62	4.63
Temperatura (°C)	22.0	22.0
Peso terreno secco (N)	0.39	0.39
Peso pic. + terreno secco (N)	1.82	1.88
Peso pic. + terreno + acqua distill. (N)	4.86	4.87
Temperatura miscela (°C)	22.0	22.0
Peso specifico $\gamma_s$ ( - )	2.57	2.58

**PESO SPECIFICO MEDIO " $\gamma_s$ ":**

**2.58 ( - )**

Note:

**Lo Sperimentatore**  
 Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

FOGLIO 1 DI 1

Accettazione n:	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°:	7063/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CII			Profondità (m) :	34,50-35,00
Sigla di laboratorio:	T.1781/18	Data di inizio prova:	05/10/2018	Data di emissione:	12/10/2018

DETERMINAZIONI	1	2	3
Altezza provino (mm)	23.0	23.0	23.0
Diametro provino (mm)	60.0	60.0	60.0
Volume (mm <sup>3</sup> )	64998	64998	64998
Peso tara (N)	1.11	1.11	1.10
Peso tara + prov. umido (N)	2.33	2.35	2.36
Peso tara + prov. secco (N)	2.09	2.12	2.13
Peso prov. umido (N)	1.21	1.24	1.26
Peso prov. secco (N)	0.98	1.00	1.04
Valori calcolati			
Peso di volume naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	18.68	19.01	19.40
Peso di volume secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	15.04	15.44	15.95
Contenuto d'acqua naturale $w$ (%) :	24.24	23.16	21.67
Peso specifico dei granuli $G$ (-):	2.58	2.58	2.58
Porosità $n$ (%) :	41.63	40.08	38.11
Indice dei vuoti $e$ (-):	0.71	0.67	0.62
Grado di saturazione $S_r$ (%) :	87.56	89.22	90.66
Valori medi			
Peso di volume naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> ) :		19.03	
Peso di volume secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) :		15.47	
Contenuto d'acqua naturale $w$ (%) :		23.02	
Peso specifico dei granuli $G$ (-):		2.58	
Porosità $n$ (%) :		39.94	
Indice dei vuoti $e$ (-):		0.67	
Grado di saturazione $S_r$ (%) :		89.14	

Note:

Lo Sperimentatore  
 Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A. Il Direttore del Laboratorio**  
 LABORATORIO AUTOREGOLATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7064/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CI1			Profondità:	34,50-35,00
Sigla di laboratorio	T.1781/18	Data di inizio prova	06/10/2018	Data di emissione:	12/10/2018

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0.425 mm)**

Massa secca iniziale (g):	366.63	Massa secca dopo lavaggio (g):	151.8
		Massa tara (g):	19.95
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
2"	50.800	19.95	100.00
1"	25.400	19.95	100.00
3/4"	19.050	19.95	100.00
1/2"	12.700	19.95	100.00
3/8"	9.525	28.27	97.60
N. 4	4.750	40.98	93.93
N. 8	2.360	46.02	92.48
N. 16	1.180	63.98	87.30
N. 40	0.425	114.50	72.73

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)**

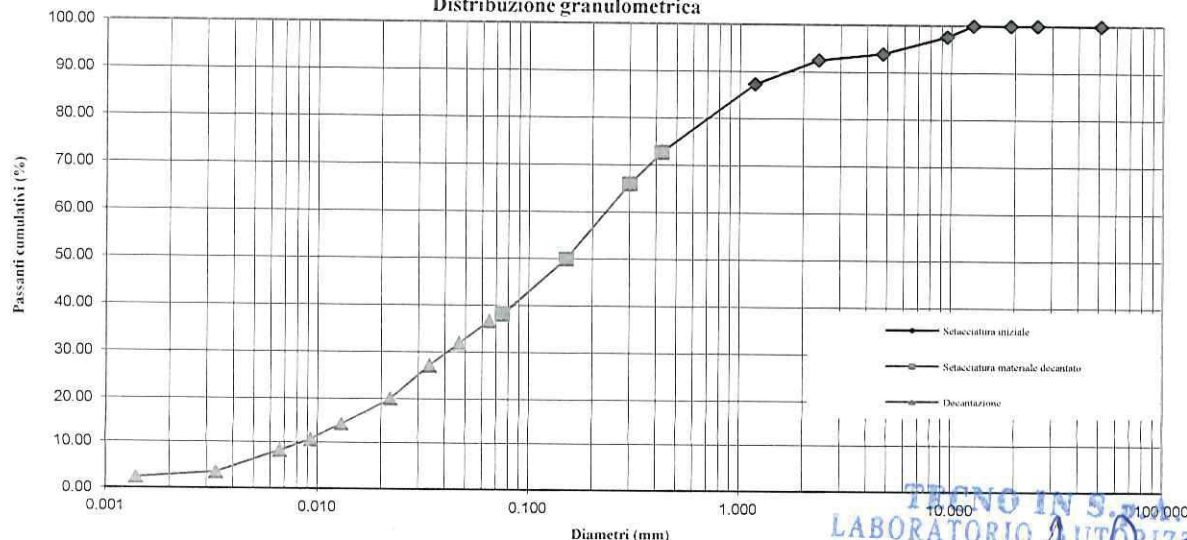
Massa secca iniziale (g):	50.25		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
N.40	0.425	13.95	72.73
N.50	0.300	18.60	66.00
N.100	0.150	29.65	50.00
N. 200	0.075	37.88	38.10
		Massa tara (g)	13.95
		Peso specifico della soluzione :	1.001

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm): **0.425**

**Decantazione**

Massa iniziale secca (g): <b>50.25</b>			Peso specifico dei granuli: <b>2.58</b>					
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0.50	1.0170	25	-0.0005	1.0165	36.69	11.95	0.01327	0.065
1	1.0150	25	-0.0005	1.0145	31.95	12.45	0.01327	0.047
2	1.0130	25	-0.0005	1.0125	27.22	13.00	0.01327	0.034
5	1.0100	25	-0.0005	1.0095	20.12	13.80	0.01327	0.022
15	1.0075	25	-0.0005	1.0070	14.20	14.40	0.01327	0.013
30	1.0060	25	-0.0005	1.0055	10.65	14.85	0.01327	0.009
60	1.0050	25	-0.0005	1.0045	8.28	15.10	0.01327	0.007
250	1.0030	25	-0.0005	1.0025	3.55	15.65	0.01327	0.003
1440	1.0025	25	-0.0005	1.0020	2.37	15.80	0.01327	0.001

**Distribuzione granulometrica**



Distribuzione granulometrica: sabbia (55,00%) con limo (33,00%) debolmente ghiaiosa (9,00%)



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7065/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S3 CI1			Profondità:	34,50-35,00
Sigla di laboratorio:	T.1781/18	Data di inizio prova:	06/10/2018	Data di emissione:	12/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi

NON DETERMINABILE

**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)

NON DETERMINABILE

 Lo Sperimentatore  
 Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

 Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

 TECNO IN S.p.A.  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Tecno In S.p.A. Via 2° Strettola S. Anna alle Paludi, n° 11,80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

(ASTM D 3080-04)

FOGLIO 1 DI 4

Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7066/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 C11			Profondità (m):	34,50-35,00
Sigla laboratorio	T.1781/18	Data inizio prova:	04/10/2018	Data di emissione	12/10/2018

Altezza fustella (cm): 2.30

 Area sezione resistiva (cm<sup>2</sup>) 28.26

Diametro fustella (cm): 6.00

Cella di carico da: 3.0 KN

 Volume fustella (cm<sup>3</sup>): 65.00

PROVINO	1	2	3
Peso fustella (N)	1.11	1.11	1.10
Peso provino + fustella (N)	2.33	2.35	2.36
Peso provino (N)	1.21	1.24	1.26
Peso di volume " $\gamma_n$ " (kN/m <sup>3</sup> )	18.68	19.01	19.40
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.006	0.006	0.006

**DATI CONSOLIDAZIONE**

PROVINO	1	2	3
Pressione verticale KPa	200	400	600
Tempo di consolidazione (ore)	24	48	72
Cedimento verticale finale (mm)	1.794	2.414	2.458

Nota.:

 Lo Sperimentatore  
 Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

 Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli  
 TECNO IN S.p.A. LABORATORIO AUTOMATIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
(ASTM D 3080-04)

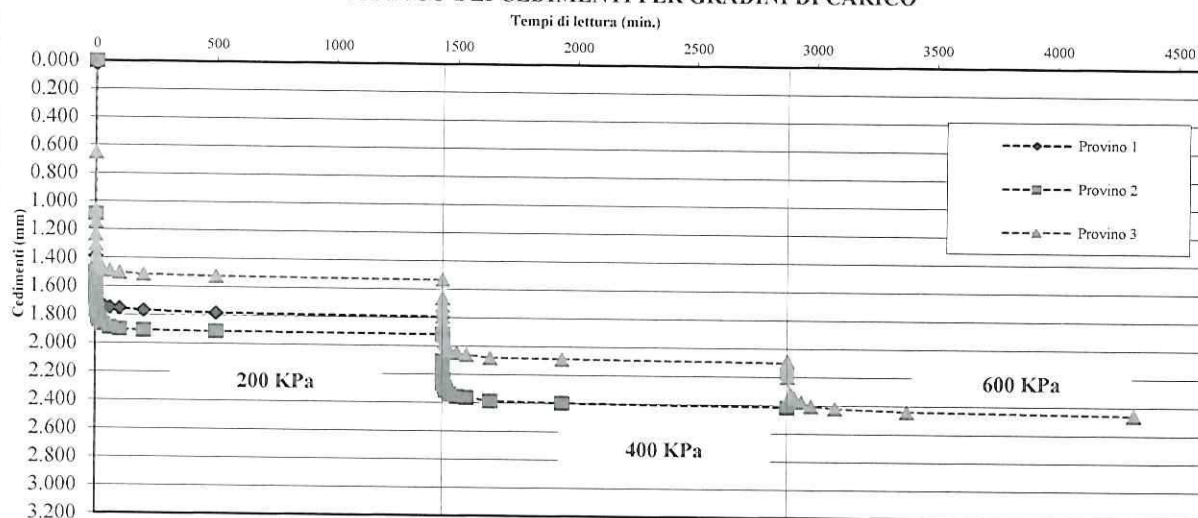
FOGLIO 2 DI 4

Sigla campione: T.1781/18

**CONSOLIDAZIONE**

	PROVINO 1	PROVINO 2		PROVINO 3		
Data	04/10/2018	04/10/2018	05/10/2018	04/10/2018	05/10/2018	06/10/2018
Carico (KPa)	200	200	400	200	400	600
Tempi di lettura (min.)	Cedimenti (mm)	Cedimenti (mm)		Cedimenti (mm)		
0	0.000	0.000	1.916	0.000	1.532	2.100
0.1	0.023	1.089	1.913	0.650	1.663	2.087
0.25	1.386	1.500	2.106	1.061	1.711	2.125
0.5	1.459	1.552	2.162	1.142	1.743	2.146
1	1.525	1.609	2.203	1.233	1.794	2.166
2	1.585	1.679	2.264	1.302	1.846	2.199
5	1.655	1.768	2.231	1.385	1.928	2.243
10	1.697	1.815	2.288	1.433	1.963	2.290
15	1.706	1.836	2.315	1.455	1.988	2.322
30	1.731	1.863	2.337	1.476	2.024	2.345
60	1.747	1.888	2.355	1.487	2.047	2.374
100	1.753	1.900	2.362	1.500	2.059	2.403
200	1.765	1.907	2.384	1.511	2.080	2.419
500	1.781	1.911	2.397	1.523	2.086	2.439
1440	1.794	1.916	2.414	1.532	2.100	2.458

**GRAFICO DEI CEDIMENTI PER GRADINI DI CARICO**



Lo Sperimentatore  
Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove  
Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
(ASTM D 3080-04)

FOGLIO 3 DI 4

T.1781/18

**DEFORMAZIONE A ROTTURA**

PROVINO 1			PROVINO 2			PROVINO 3		
Data inizio deformazione: 05/10/2018			Data inizio deformazione: 06/10/2018			Data inizio deformazione: 07/10/2018		
Macchina n°: 161			Macchina n°: 14			Macchina n°: 15		
Deformazione orizzontale (mm)	Deformazione verticale (mm)	Tensione tangenziale (kPa)	Deformazione orizzontale (mm)	Deformazione verticale (mm)	Tensione tangenziale (kPa)	Deformazione orizzontale (mm)	Deformazione verticale (mm)	Tensione tangenziale (kPa)
0.000	1.794	0.00	0.000	2.414	0.00	0.000	2.458	0.00
0.142	1.823	15.07	0.176	2.438	46.32	0.150	2.528	49.61
0.346	1.852	30.29	0.392	2.466	70.56	0.340	2.561	85.46
0.610	1.881	42.64	0.642	2.505	93.21	0.550	2.585	111.11
0.852	1.907	49.72	0.852	2.532	115.82	0.680	2.605	133.01
1.086	1.930	58.46	1.102	2.545	129.33	0.850	2.628	146.92
1.298	1.954	67.41	1.310	2.564	150.60	1.020	2.653	177.71
1.520	1.966	75.19	1.544	2.585	167.20	1.221	2.685	214.15
1.760	1.983	83.37	1.794	2.593	191.15	1.532	2.699	249.54
1.998	2.011	92.07	1.990	2.599	203.68	1.872	2.725	272.65
2.250	2.031	97.49	2.226	2.608	214.15	2.212	2.738	297.31
2.468	2.049	99.61	2.458	2.616	226.54	2.552	2.764	319.36
2.722	2.063	104.21	2.710	2.619	242.46	2.900	2.782	333.51
2.946	2.071	107.08	2.984	2.621	256.76	3.203	2.810	348.76
3.180	2.090	111.68	3.296	2.627	263.69	3.519	2.822	369.85
3.444	2.110	114.83	3.464	2.640	269.00	3.810	2.853	382.17
3.700	2.134	121.90	3.698	2.652	274.31	4.133	2.862	400.04
3.976	2.142	125.69	3.924	2.662	279.72	4.478	2.884	414.90
4.212	2.149	128.52	4.182	2.675	285.07	4.838	2.919	426.47
4.432	2.157	132.52	4.458	2.691	287.76	5.244	2.944	433.69
4.648	2.168	137.51	4.682	2.704	290.50	5.507	2.955	438.50
4.896	2.186	141.61	4.912	2.714	288.11	5.864	2.970	433.69
5.142	2.198	144.55	5.104	2.719	283.97	6.126	2.998	428.34
5.396	2.209	149.04						
5.644	2.215	154.14						
5.860	2.226	156.12						
6.104	2.235	157.50						
6.336	2.240	155.77						
6.550	2.245	152.23						
6.814	2.252	148.80						

Lo Sperimentatore

Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

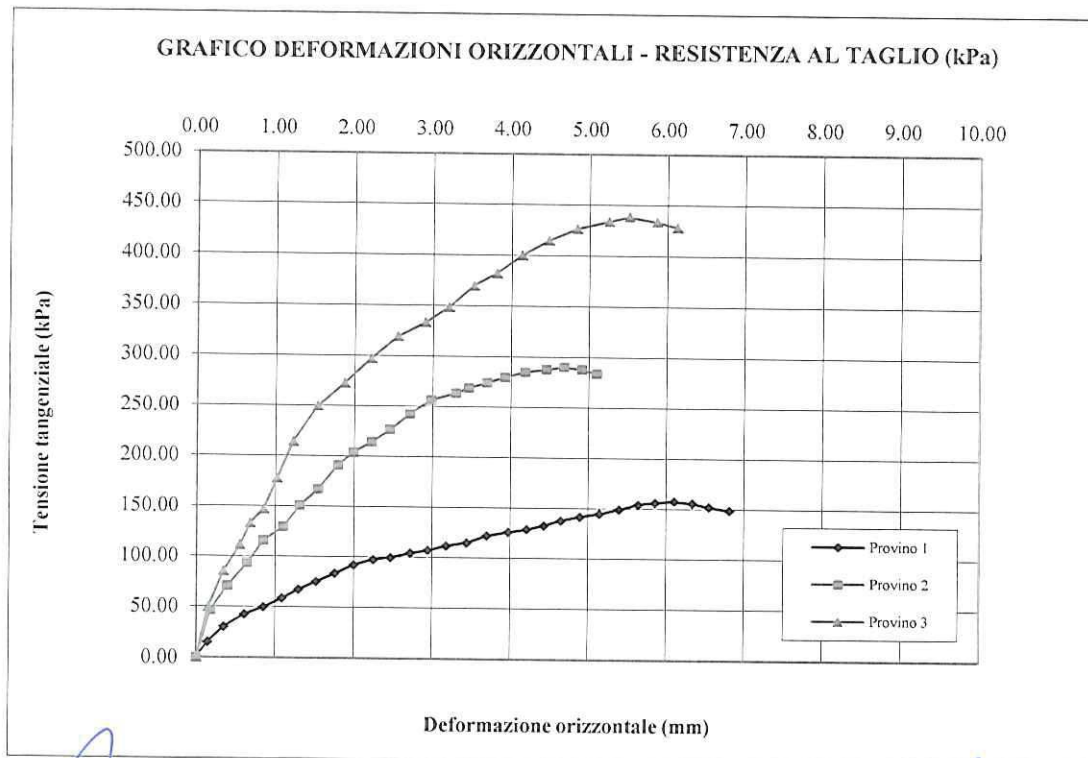
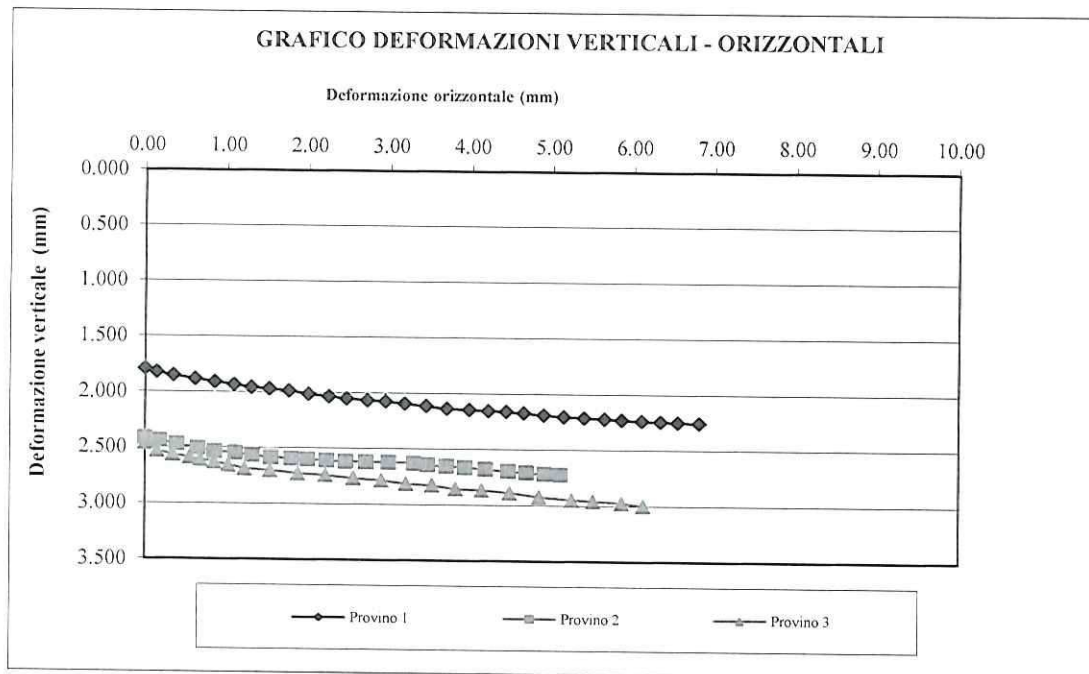
 Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

(ASTM D 3080-04)

FOGLIO 4 DI 4

T.1781/18



Lo Sperimentatore  
Dott.ssa Geol. G. Pascariello

**TECNO IN S.p.A.** Il Direttore del Laboratorio  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove  
Dott. Geol. G. Patricelli

Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S3 CII	Profondità (m):		34,50-35,00	
Sigla del laboratorio:	T.1781/18	Data di emissione:		12/10/2018	

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	19.03
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	15.47
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	23.02
Peso specifico dei granuli G	(-)	2.58
Porosità n	(%)	39.94
Indice dei vuoti e	(-)	0.67
Grado di saturazione Sr	(%)	89.14

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	3.00
Limo < 0,06 mm	(%)	33.00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	55.00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	9.00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	N.D.
Limite di plasticità WP	(%)	N.D.
Indice di plasticità IP	(-)	N.D.
Indice di consistenza IC	(-)	N.D.
Indice di liquidità IL	(-)	N.D.

**PROVA DI COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G0	(MPa)	
---------------------	-------	--

**PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICA**

Modulo di taglio G0	(MPa)	
---------------------	-------	--

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NTs 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA TRIASSIALE CICLICA**

Numero di cicli a liquefazione	(N)	
--------------------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

TECNO IN S.p.A.  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.Lgs. 30/2001  
 con decreto n. 53362 del 12/10/2018  
 Geotecnico su terra



**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**

Conc.Min.LL.PP. N° 53363

del 06-05-05

**APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE**

(ASTM D 2488-00)

 AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'  
CERTIFICATO DAL RINA  
ISO 9001 - ISO 14001

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7032/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR1			Profondità (m):	6,00-6,50
Sigla di laboratorio:	T.1770/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa.

 Forma: -  
Lunghezza (cm): -  
Colore: grigio scuro

 Stato del campione: rimaneggiato  
Diametro "Φ" (cm): -  
Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCI	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S4 CR1 Profondità (m): 6,00-6,50
Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore

Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

TECNO IN S.p.A.

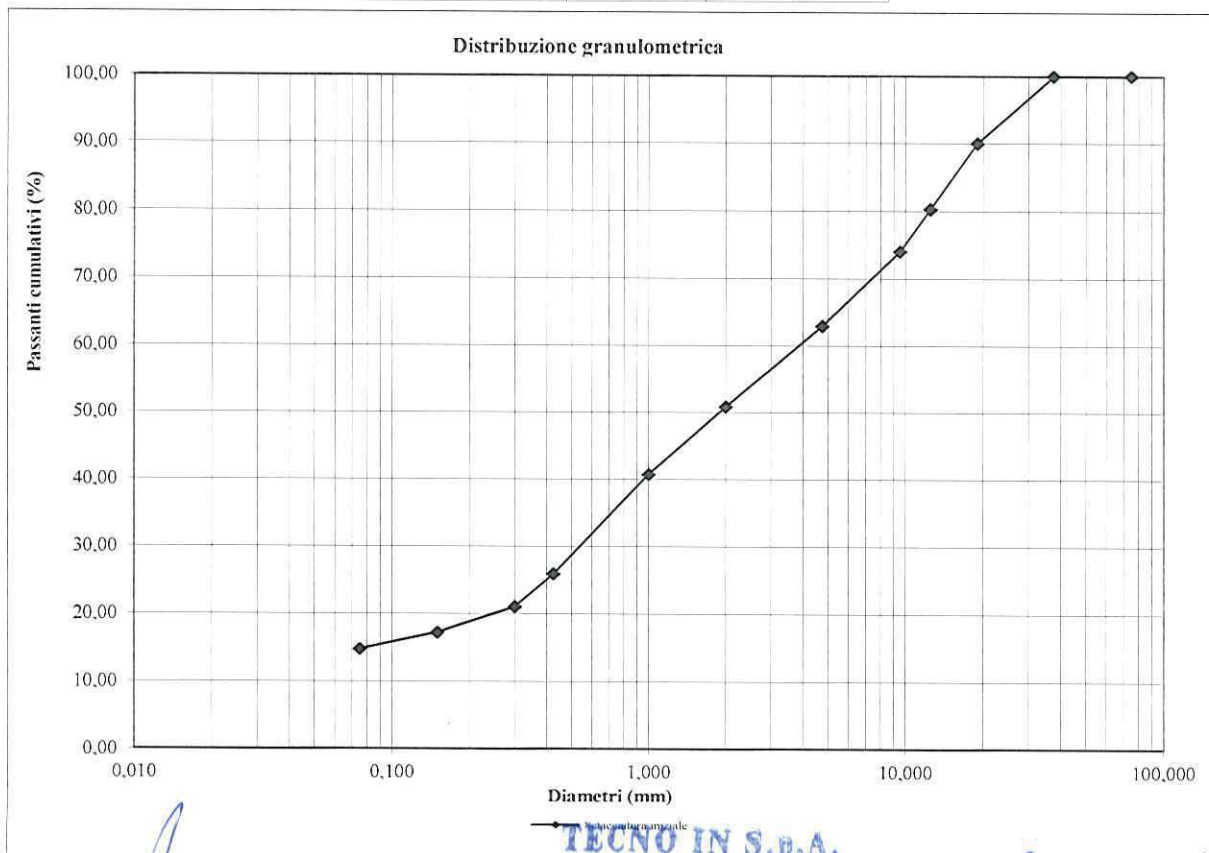
Il Direttore del Laboratorio

 LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 del 06-05-05  
Geotecnica su terre

Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7033/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR1			Profondità (m):	6,00-6,50
Sigla di laboratorio	T.1770/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	951,70	Massa secca dopo lavaggio (g):	815,6
		Massa tara (g):	12,90
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	12,90	100,00
1 1/2"	37,500	12,90	100,00
3/4"	19,000	106,62	90,02
1/2"	12,500	197,36	80,35
3/8"	9,500	256,13	74,09
N. 4	4,750	360,35	62,99
N. 10	2,000	474,17	50,87
N. 20	1,000	568,99	40,77
N. 40	0,425	708,56	25,90
N. 50	0,300	754,16	21,04
N. 100	0,150	789,98	17,23
N. 200	0,075	812,90	14,78



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 per Prove  
Geotecniche su Terreno

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Parricelli



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR1			Profondità (m):	6,00-6,50
Sigla del laboratorio:	T.1770/18			Data di emissione:	11/10/2018

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limi < 0,06 mm	(%)	14.70
Sabbia < 2,00 mm	(%)	36.17
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	49.13
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0,075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria cs	%	

TECNO IN S.p.A.  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 58363 per Prove  
Geotecniche su terre



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7034/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR2			Profondità (m):	10.00-10.50
Sigla di laboratorio:	T.1771/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da **sabbia con ghiaia, limosa, debolmente argillosa.**

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: grigio chiaro

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCI	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S4 CR2 Profondità (m): 10.00-10.50
Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione Limiti di Atterberg	

**Lo Sperimentatore**  
 Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.** Il Direttore del Laboratorio  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Mangora, 33 - Tel. 02.49080501 Fax 02.496.80.502 -  
 Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Trav. Strettola S. Anna alle Paludi, 11 - Tel. 081.563.45.20/Fax 081.563.39.70 - Email: tecnoin@tecnoin.it

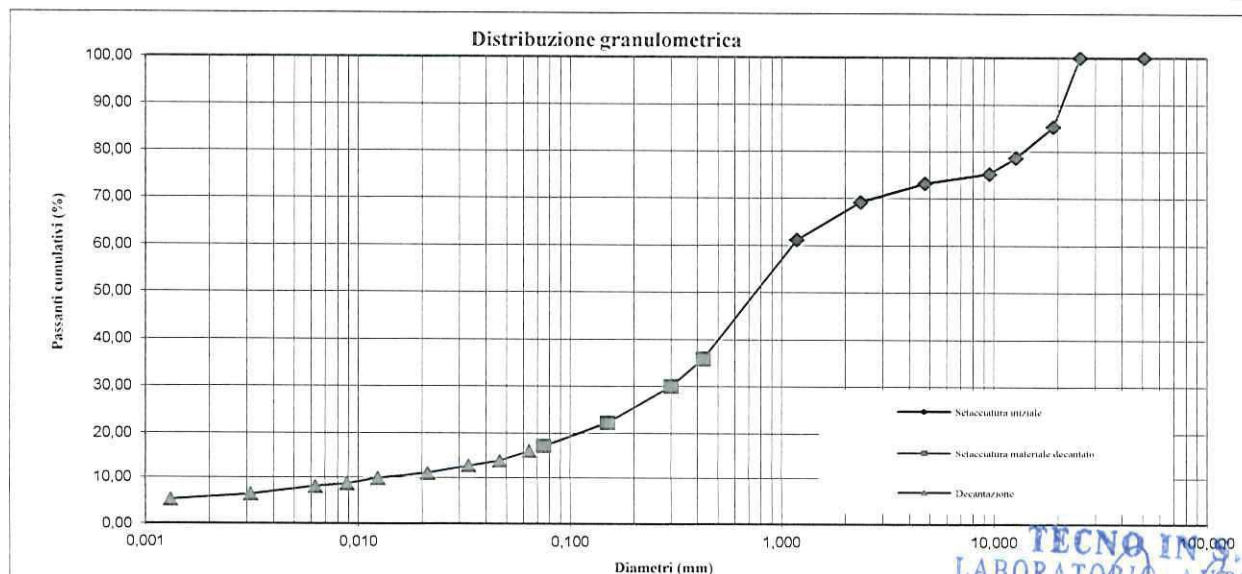
Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7035/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR2			Profondità:	10,00-10,50
Sigla di laboratorio	T.1771/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Massa secca iniziale (g):	478,16	Massa secca dopo lavaggio (g):	414,71
		Massa tara (g):	74,47
Setaccio	mm	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM			
2"	50,800	74,47	100,00
1"	25,400	74,47	100,00
3/4"	19,050	133,91	85,28
1/2"	12,700	160,53	78,68
3/8"	9,525	174,29	75,27
N. 4	4,750	182,57	73,22
N. 8	2,360	198,86	69,19
N. 16	1,180	231,10	61,20
N. 40	0,425	333,40	35,86

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Massa secca iniziale (g):	50,48		
Setaccio	mm	Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM			
N.40	0,425	3,35	35,86
N.50	0,300	11,60	30,00
N.100	0,150	22,45	22,29
N. 200	0,075	29,50	17,28
		Massa tara (g):	3,35
Peso specifico della soluzione : 1,001			

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0,425
---	-------

Decantazione								
Massa iniziale secca (g): 50,48			Peso specifico dei granuli: 2,60					
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0155	26	-0,0005	1,0150	16,17	12,30	0,01291	0,064
1	1,0135	26	-0,0005	1,0130	13,86	12,90	0,01291	0,046
2	1,0125	26	-0,0005	1,0120	12,71	13,10	0,01291	0,033
5	1,0110	26	-0,0005	1,0105	10,97	13,55	0,01291	0,021
15	1,0100	26	-0,0005	1,0095	9,82	13,80	0,01291	0,012
30	1,0090	26	-0,0005	1,0085	8,66	14,05	0,01291	0,009
60	1,0085	26	-0,0005	1,0080	8,09	14,20	0,01291	0,006
250	1,0070	26	-0,0005	1,0065	6,35	14,55	0,01291	0,003
1440	1,0060	26	-0,0005	1,0055	5,20	14,85	0,01291	0,001



Distribuzione granulometrica: sabbia (50,90%) con ghiaia (33,00%) limosa (10,10%) debolmente argillosa (6,00%)



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7057/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S4 CR2			Profondità:	10,00-10,50
Sigla di laboratorio:	T.1771/18	Data di inizio prova:	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi

LIMITE NON DETERMINABILE

**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)

LIMITE NON DETERMINABILE

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli  
**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Tecno In S.p.A., Via 2° Strettola S. Anna alle Paludi, n° 11,80142 Napoli. Tel.: 081.5634520. fax: 081.5633970



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR2		Profondità (m):	10,00-10,50	
Sigla del laboratorio:	T.1771/18		Data di emissione:	11/10/2018	

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	6,00
Limo < 0,06 mm	(%)	10,10
Sabbia < 2,00 mm	(%)	50,90
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	33,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	n.d.
Limite di plasticità WP	(%)	n.d.
Indice di plasticità IP	(-)	n.d.
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità LL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n° :	7036/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR3			Profondità (m) :	18.00-18.50
Sigla di laboratorio:	T.1772/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia limosa.

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: grigio scuro

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S4 CR3 Profondità (m): 18.00-18.50
Analisi granulometrica per vagliatura	

**Lo Sperimentatore**

Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

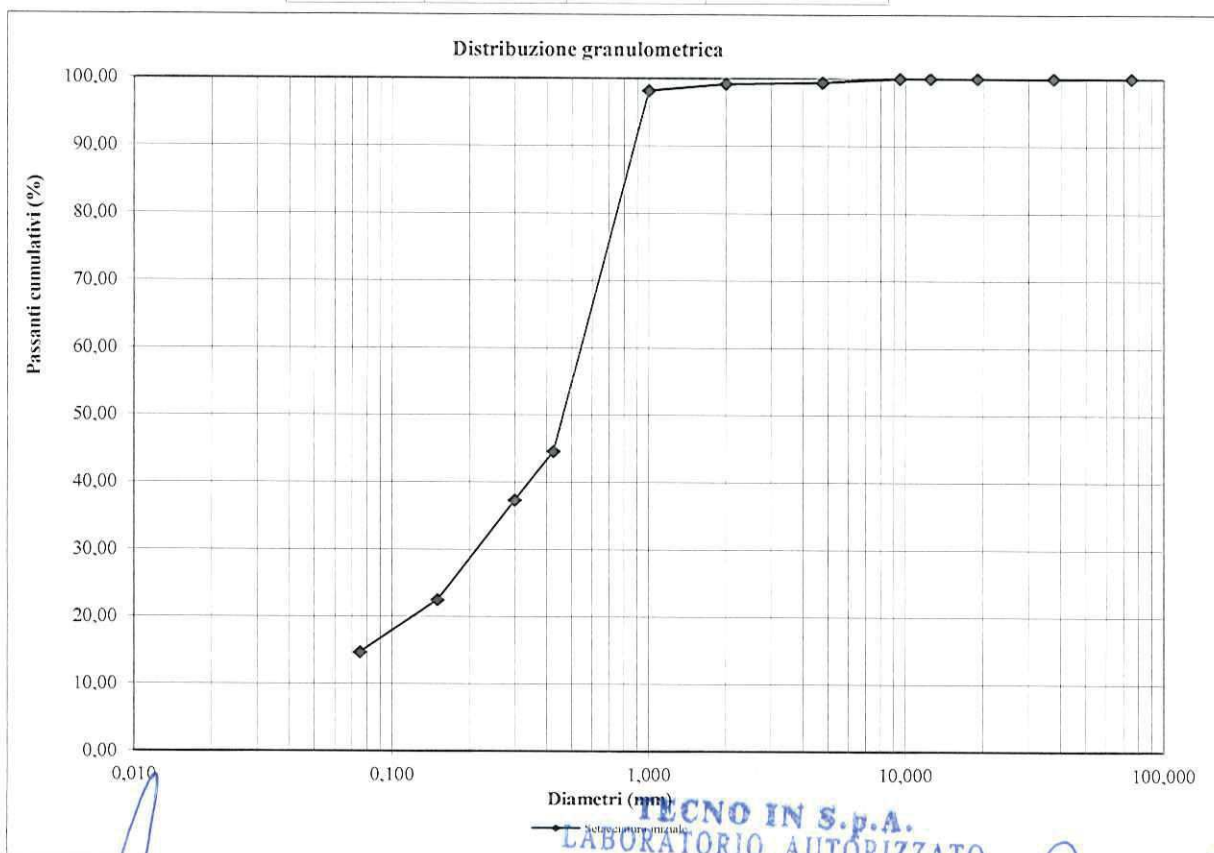
**Il Direttore del Laboratorio**

Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 del 06-05-05

Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7037/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR3			Profondità (m):	18,00-18,50
Sigla di laboratorio	T.1772/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	926,20	Massa secca dopo lavaggio (g):	811,9
		Massa tara (g):	79,29
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	79,29	100,00
1 1/2"	37,500	79,29	100,00
3/4"	19,000	79,29	100,00
1/2"	12,500	79,29	100,00
3/8"	9,500	79,29	100,00
N. 4	4,750	84,40	99,40
N. 10	2,000	86,28	99,17
N. 20	1,000	94,72	98,18
N. 40	0,425	548,48	44,60
N. 50	0,300	610,07	37,33
N. 100	0,150	736,04	22,45
N. 200	0,075	801,60	14,71



Lo Sperimentatore  
 Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR3	Profondità (m):	18,00-18,50		
Sigla del laboratorio:	T.1772/18	Data di emissione:	11/10/2018		

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	13,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	86,17
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	0,83
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NTs 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0,075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria cs	%	

**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**  
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363  
 del 06-05-05  
**APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE**  
*(ASTM D 2488-00)*

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'  
 CERTIFICATO DAL RINA  
 ISO 9001 - ISO 14001

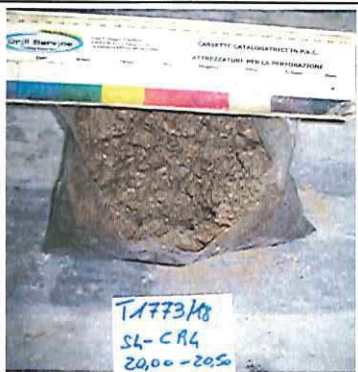
Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n° :	7038/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR4	Profondità (m) :		20.00-20.50	
Sigla di laboratorio:	T.1773/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia con ghiaia, limosa.

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: bruno scuro

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCI	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

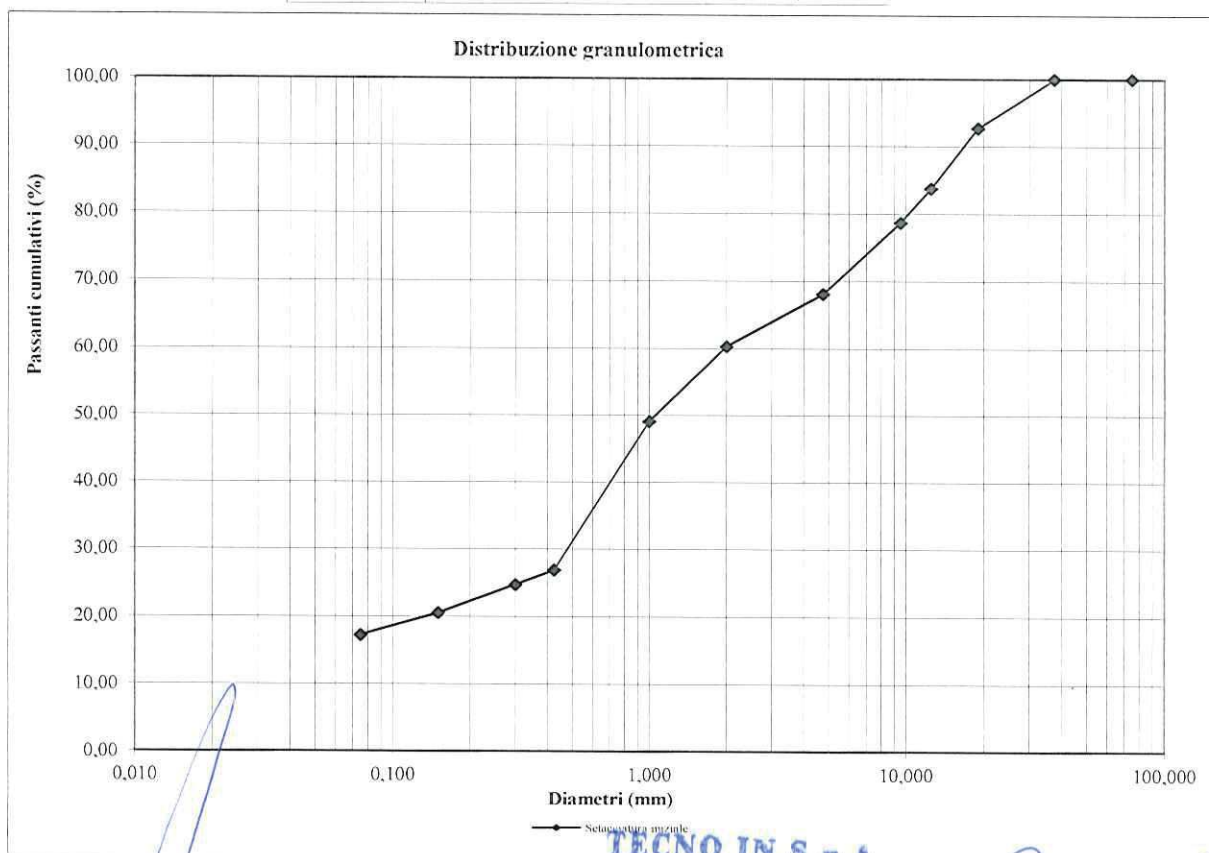
PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S4 CR4 Profondità (m): 20.00-20.50
Analisi granulometrica per vagliatura	

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.** **Il Direttore del Laboratorio**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Acc. n°	136/18	del	03/10/18	Certificato n°:	7039/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR4			Profondità (m):	20,00-20,50
Sigla di laboratorio	T.1773/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)			
Massa secca iniziale (g):	1426,60	Massa secca dopo lavaggio (g):	1202,5
		Massa tara (g):	75,69
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	75,69	100,00
1 1/2"	37,500	75,69	100,00
3/4"	19,000	173,95	92,73
1/2"	12,500	294,57	83,80
3/8"	9,500	363,15	78,72
N. 4	4,750	506,89	68,08
N. 10	2,000	611,59	60,33
N. 20	1,000	763,30	49,10
N. 40	0,425	1063,30	26,89
N. 50	0,300	1092,50	24,73
N. 100	0,150	1149,60	20,50
N. 200	0,075	1193,90	17,23



Lo Sperimentatore  
Dott. ssa Geol. Giuseppina Vascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 53363 del 06-05-05  
Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Paricelli



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR4	Profondità (m):	20,00-20,50		
Sigla del laboratorio:	T.1773/18	Data di emissione:	11/10/2018		

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	16.00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	44.33
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	39.67
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(-)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità LL	(-)	

**CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA**

Contenuto in sostanza organica	%	
--------------------------------	---	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**DETERMINAZIONE PERCENTUALE PASSANTE ALLO 0,075**

Percentuale passante	(%)	
----------------------	-----	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura media	MPa	
Deformazione a rottura media	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa	
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec
Coefficiente di consolidazione secondario co	%

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7040/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR5			Profondità (m):	29.00-29.50
Sigla di laboratorio:	T.1774/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia limosa, ghiaiosa, debolmente argillosa.

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: grigio verdastro

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S4 CR5 Profondità (m): 29.00-29.50
Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione Limiti di Atterberg	

**Lo Sperimentatore**  
 Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

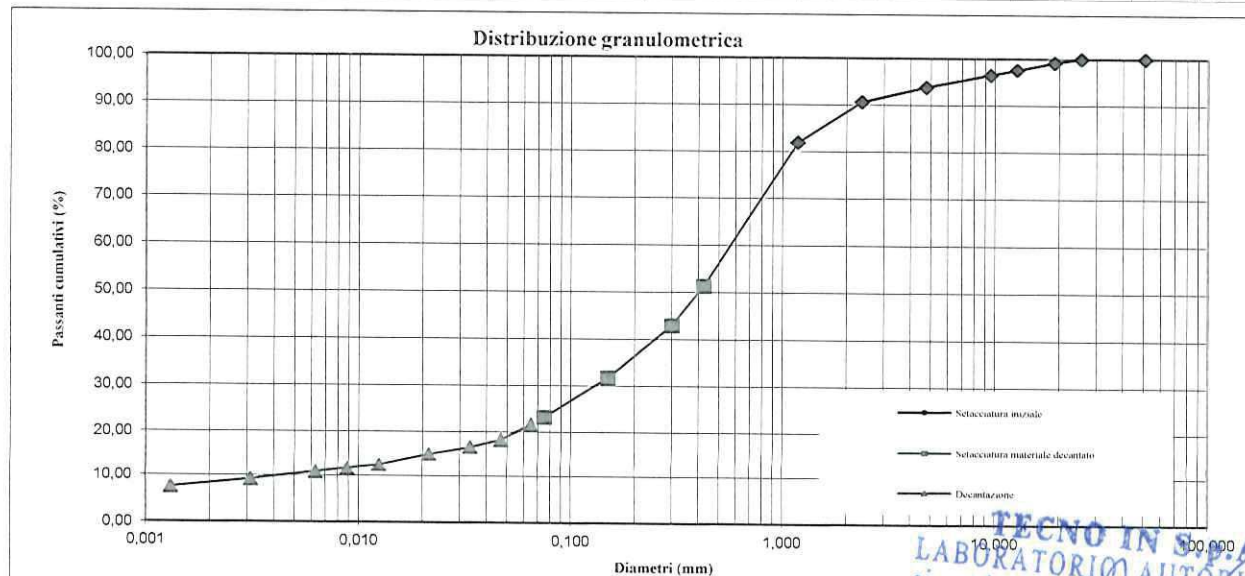


Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7041/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR5			Profondità:	29,00-29,50
Sigla di laboratorio	T.1774/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Massa secca iniziale (g):	809,50	Massa secca dopo lavaggio (g):	615,87
		Massa tara (g):	78,93
		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
Setaccio			Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	78,93	100,00
1"	25,400	78,93	100,00
3/4"	19,050	84,77	99,20
1/2"	12,700	96,46	97,60
3/8"	9,525	104,50	96,50
N. 4	4,750	124,14	93,81
N. 8	2,360	147,60	90,60
N. 16	1,180	211,16	81,90
N. 40	0,425	434,34	51,35

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Massa secca iniziale (g):	50,14		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	3,35	51,35
N.50	0,300	11,60	42,90
N.100	0,150	22,45	31,79
N. 200	0,075	30,79	23,25
		Massa tara (g)	3,35
Peso specifico della soluzione : 1,001			
Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):		0,425	

Decantazione								
Massa iniziale secca (g): 50,14			Peso specifico dei granuli: 2,60					
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0145	26	-0,0005	1,0140	21,65	12,60	0,01291	0,065
1	1,0125	26	-0,0005	1,0120	18,32	13,10	0,01291	0,047
2	1,0115	26	-0,0005	1,0110	16,65	13,40	0,01291	0,033
5	1,0105	26	-0,0005	1,0100	14,99	13,70	0,01291	0,021
15	1,0090	26	-0,0005	1,0085	12,49	14,05	0,01291	0,012
30	1,0085	26	-0,0005	1,0080	11,66	14,20	0,01291	0,009
60	1,0080	26	-0,0005	1,0075	10,82	14,30	0,01291	0,006
250	1,0070	26	-0,0005	1,0065	9,16	14,55	0,01291	0,003
1440	1,0060	26	-0,0005	1,0055	7,49	14,85	0,01291	0,001



Distribuzione granulometrica: sabbia (68,00%) limosa (12,00%) ghiaiosa (11,00%) debolmente argillosa (9,00%)



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7058/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S4 CR5			Profondità:	29,00-29,50
Sigla di laboratorio:	T.1774/18	Data di inizio prova:	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi

**LIMITE NON DETERMINABILE**

**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)

**LIMITE NON DETERMINABILE**

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.** Il Direttore del Laboratorio  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR5	Profondità (m): 29,00-29,50			
Sigla del laboratorio:	T.1774/18	Data di emissione: 11/10/2018			

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	9.00
Limo < 0,06 mm	(%)	12.00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	68.00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	11.00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0.00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	n.d.
Limite di plasticità WP	(%)	n.d.
Indice di plasticità IP	(-)	n.d.
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità LL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

TECNO IN S.p.A.  
LABORATORIO AUTORIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
con decreto n. 55363 per Prove  
Geotecniche su terre



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7042/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR6			Profondità (m):	37.00-37.50
Sigla di laboratorio:	T.1775/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia limosa, ghiaiosa, debolmente argillosa.

Forma: -  
Lunghezza (cm): -  
Colore: marrone rossastro

Stato del campione: rimaneggiato  
Diametro "Φ" (cm): -  
Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S4 CR6 Profondità (m): 37.00-37.50
Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione Limiti di Atterberg	

Lo Sperimentatore  
Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
LABORATORIO AUTOMATIZZATO  
ai sensi dell'art.59 del D. Lgs. 30/2001  
con decreto n. 53363 per Prove  
Geotecniche in Terreno

TECNO IN S.p.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marcora, 52 - Tel. 02.496.80.501/Fax 02.496.80.502 -  
Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Trav. Strettola S. Anna alle Paludi, 11 - Tel. 081.563.45.20/Fax 081.563.39.70 - Email: tecnoin@tecnoin.it



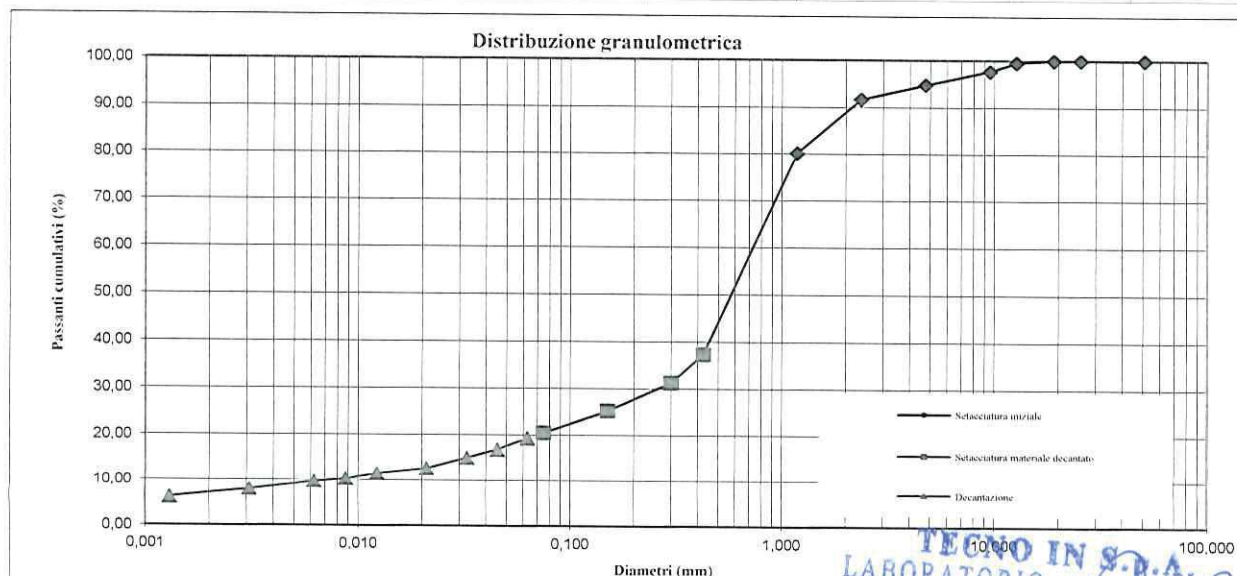
Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7043/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR6			Profondità:	37,00-37,50
Sigla di laboratorio	T.1775/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Massa secca iniziale (g):	450,26	Massa secca dopo lavaggio (g):	350,55
		Massa tara (g):	72,27
Setaccio	mm	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM			
2"	50,800	72,27	100,00
1"	25,400	72,27	100,00
3/4"	19,050	72,27	100,00
1/2"	12,700	74,09	99,52
3/8"	9,525	80,95	97,70
N. 4	4,750	92,02	94,77
N. 8	2,360	103,74	91,67
N. 16	1,180	147,35	80,14
N. 40	0,425	309,03	37,36

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Massa secca iniziale (g):	50,33		
Setaccio	mm	Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM			
N.40	0,425	3,35	37,36
N.50	0,300	11,52	31,30
N.100	0,150	19,60	25,30
N. 200	0,075	26,07	20,50
		Massa tara (g)	3,35
Peso specifico della soluzione : 1,001			

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0,425
---	-------

Decantazione							
Massa iniziale secca (g): 50,33				Peso specifico dei granuli: 2,60			
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K
0,50	1,0175	26	-0,0005	1,0170	19,31	11,80	0,01291
1	1,0155	26	-0,0005	1,0150	16,90	12,30	0,01291
2	1,0140	26	-0,0005	1,0135	15,09	12,75	0,01291
5	1,0120	26	-0,0005	1,0115	12,67	13,25	0,01291
15	1,0110	26	-0,0005	1,0105	11,47	13,55	0,01291
30	1,0100	26	-0,0005	1,0095	10,26	13,80	0,01291
60	1,0095	26	-0,0005	1,0090	9,66	13,90	0,01291
250	1,0080	26	-0,0005	1,0075	7,85	14,30	0,01291
1440	1,0065	26	-0,0005	1,0060	6,04	14,70	0,01291



Distribuzione granulometrica: sabbia (70,00%) limosa (12,00%) ghiaiosa (11,00%) debolmente argillosa (7,00%)

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7059/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S4 CR6			Profondità:	37,00-37,50
Sigla di laboratorio:	T.1775/18	Data di inizio prova:	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi

LIMITE NON DETERMINABILE

**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)

LIMITE NON DETERMINABILE

Lo Sperimentatore  
 Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Tecno In S.p.A., Via 2° Strettola S. Anna alle Paludi, n° 11.80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR6			Profondità (m):	37,00-37,50
Sigla del laboratorio:	T.1775/18			Data di emissione:	11/10/2018

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	7,00
Limo < 0,06 mm	(%)	12,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	70,00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	11,00
Ciotoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	n.d.
Limite di plasticità WP	(%)	n.d.
Indice di plasticità IP	(-)	n.d.
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'Art. 59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre



**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**  
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363  
 del 06-05-05  
**APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE**  
*(ASTM D 2488-00)*

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'  
 CERTIFICATO DAL RINA  
 ISO 9001 - ISO 14001

Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7044/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR7			Profondità (m):	44,50-45,00
Sigla di laboratorio:	T.1776/18	Data di prova:	03/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**Descrizione:** il campione è costituito da sabbia ghiaiosa, limosa, debolmente argillosa.

Forma: -  
 Lunghezza (cm): -  
 Colore: marrone

Stato del campione: rimaneggiato  
 Diametro "Φ" (cm): -  
 Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

PROVE ESEGUITE	Sigla Campione: S4 CR7 Profondità (m): 44,00-44,50
Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione Limiti di Atterberg	

Lo Sperimentatore  
 Dott.ssa Geol. Giuseppina Pascariello

**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001  
 Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A. - Sede Legale: 20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marconi, 32 - Tel. 02.496.80.502 - Fax 02.496.80.502 -  
 Sede Amministrativa e Laboratori: 80142 Napoli - II Trav. Stretto di San Gennaro a Paludici - Tel. 081.563.45.20/Fax 081.563.39.70 - Email: tecnoin@tecnoin.it

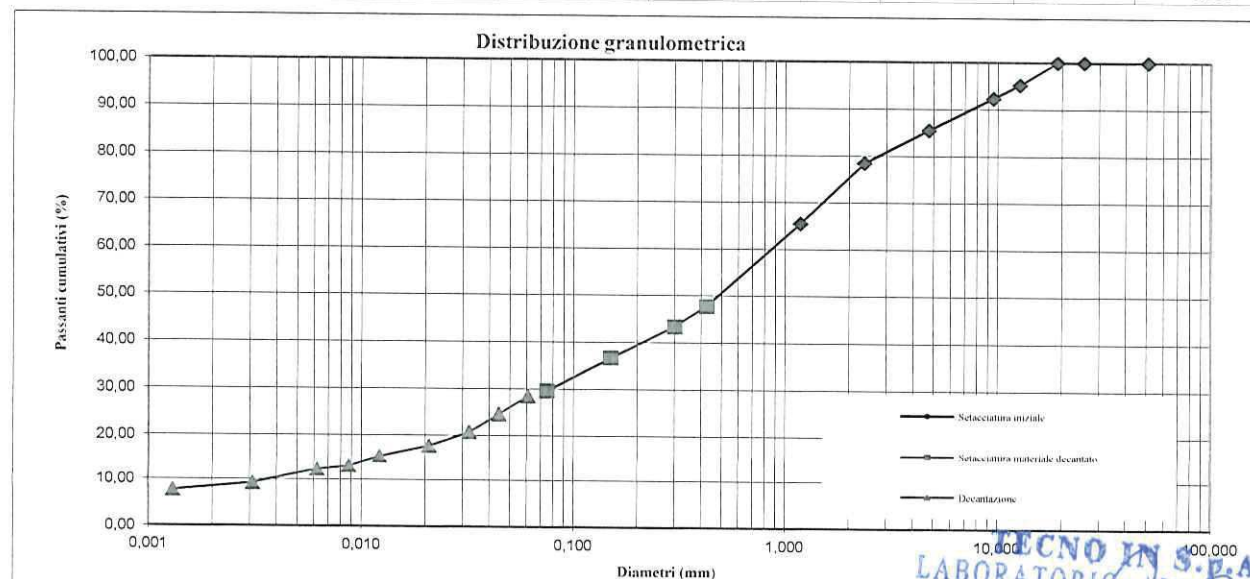
Acc. n°	136/18	del	03/10/2018	Certificato n°	7045/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR7			Profondità:	44,50-45,00
Sigla di laboratorio	T.1776/18	Data di inizio prova	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Massa secca iniziale (g):	495,86	Massa secca dopo lavaggio (g):	392,39
		Massa tara (g):	75,74
		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
Setaccio	ASTM	mm	Percentuale passante (%)
	2"	50,800	75,74
	1"	25,400	75,74
	3/4"	19,050	75,74
	1/2"	12,700	95,88
	3/8"	9,525	108,03
	N. 4	4,750	136,56
	N. 8	2,360	166,25
	N. 16	1,180	220,68
	N. 40	0,425	295,17

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Massa secca iniziale (g):	50,47		
Setaccio	ASTM	mm	Percentuale passante (%)
	N.40	0,425	3,35
	N.50	0,300	7,97
	N.100	0,150	15,05
	N. 200	0,075	22,55
		Massa tara (g)	3,35
		Peso specifico della soluzione :	1,001

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0,425
---	-------

Decantazione								
Massa iniziale secca (g): 50,47			Peso specifico dei granuli: 2,60					
Tempo (min)	Lettura al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Lettura corretta per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0200	26	-0,0005	1,0195	28,47	11,15	0,01291	0,061
1	1,0175	26	-0,0005	1,0170	24,62	11,80	0,01291	0,044
2	1,0150	26	-0,0005	1,0145	20,78	12,45	0,01291	0,032
5	1,0130	26	-0,0005	1,0125	17,70	13,00	0,01291	0,021
15	1,0115	26	-0,0005	1,0110	15,39	13,40	0,01291	0,012
30	1,0100	26	-0,0005	1,0095	13,08	13,80	0,01291	0,009
60	1,0095	26	-0,0005	1,0090	12,31	13,90	0,01291	0,006
250	1,0075	26	-0,0005	1,0070	9,23	14,40	0,01291	0,003
1440	1,0065	26	-0,0005	1,0060	7,70	14,70	0,01291	0,001



Distribuzione granulometrica: sabbia (47,50%) ghiaiosa (24,00%) limosa (20,00%) debolmente argillosa (8,50%)



Acc. n°	136/18	del:	03/10/2018	Certificato n°:	7060/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.			Commessa n°:	143/18
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione	S4 CR7			Profondità:	44,50-45,00
Sigla di laboratorio:	T.1776/18	Data di inizio prova:	05/10/2018	Data di emissione:	11/10/2018

**LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso(N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)	Nr. Colpi

LIMITE NON DETERMINABILE

**LIMITE DI PLASTICITA' (Wp)**

Provino nr.	Peso (N) contenitore	Peso (N) contenitore + campione umido	Peso (N) contenitore + campione secco	Peso (N) dell'acqua	Peso (N) campione secco	Contenuto d'acqua (%)

LIMITE NON DETERMINABILE

 Lo Sperimentatore  
 Dott. Ssa Geol. Giuseppina Pascariello

 Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**TECNO IN S.p.A.**  
 LABORATORIO AUTORIZZATO  
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre

Tecno In S.p.A., Via 2° Strettola S. Anna alle Paludi, n° 11.80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970



Accettazione n°:	136/18	del	03/10/2018	Commessa n°:	143/18
Committente:	Ferrovie Nord S.p.A.				
Cantiere:	Milano Bovisa				
Località:	Milano Bovisa				
Campione:	S4 CR7	Profondità (m):	44,50-45,00		
Sigla del laboratorio:	T.1776/18	Data di emissione:	11/10/2018		

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)**

Argilla < 0,002 mm	(%)	8,50
Limo < 0,06 mm	(%)	20,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	47,50
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	24,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

**LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318-10)**

Limite di liquidità WL	(%)	n.d.
Limite di plasticità WP	(%)	n.d.
Indice di plasticità IP	(-)	n.d.
Indice di consistenza IC	(-)	
Indice di liquidità IL	(-)	

**COLONNA RISONANTE**

Modulo di taglio G <sub>0</sub>	MPa	
---------------------------------	-----	--

**CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)**

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

**PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT<sub>s</sub> 69)**

Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

**PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO**

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

**PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-06)**

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

**PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-07)**

Cu media	kPa	
----------	-----	--

**PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-04)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 7181-11)**

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-04)**

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

**PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-04)**

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa <sup>-1</sup>	
Modulo edometrico E <sub>ed</sub>	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm <sup>2</sup> /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

**TECNO IN S.p.A.**  
**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001  
 con decreto n. 53363 per Prove  
 Geotecniche su terre