



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



MIT  
MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



RegioneLombardia  
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE  
COMMESSA

LIVELLO  
PROGETTAZIONE

D.P.R.  
207/10

PROGRESSIVO  
ELABORATO

CATEGORIA  
OPERA

NUMERO  
OPERA

REVISIONE

SCALA

B 3 5

D

b

0 0 2

I G

0 1

R 0

===

IMPIANTO DI PRODUZIONE, STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE IDROGENO  
ADEGUAMENTO IMPIANTO FERROVIARIO DI EDOLO  
Progetto Definitivo

Binari adibiti al rifornimento di idrogeno  
Stazione di Edolo  
Indagini geognostiche

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Giu. 2024	PRIMA EMISSIONE	E.Barbanti	R.Pantalena

FERROVIENORD

APPALTATORE

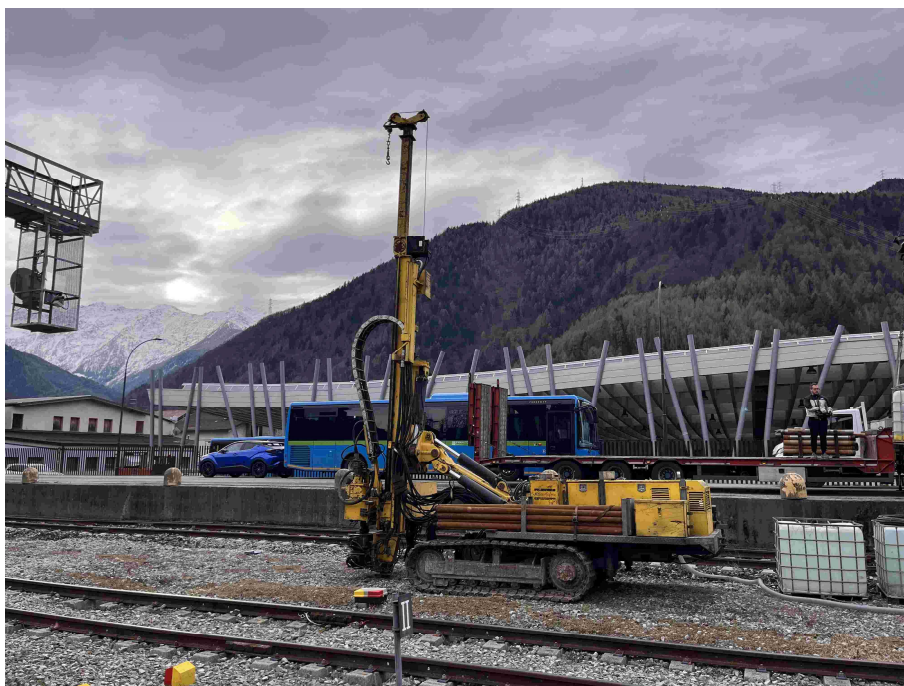
Progettista



REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
E.Barbanti	R.Pantalena	A.Fava	Giu. 2024
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

**Committente**

**ATI – Valsecchi Notari**



**PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI  
EDOLO (BS)**

***RELAZIONE ILLUSTRATIVA RISULTATI INDAGINI GEONOSTICHE***

Grassobbio (BG), 05 febbraio 2024

Dr. Geol. Andrea Gritti

Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461

Dr. Geol. Fabio Plebani

Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 884

---

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.1	<i>Informazioni preliminari e piano di indagini eseguito</i>	3
<b>2</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>	<b>6</b>
2.1	<i>Attrezzature e modalità esecutive sondaggi a carotaggio continuo</i>	6
2.2	<i>Prove penetrometriche in foro (SPT)</i>	8
2.3	<i>Prelievo di campioni per analisi di laboratorio</i>	11
2.4	<i>Risultati delle prove di laboratorio</i>	12
2.5	<i>Installazione tubo piezometrico</i>	13
2.6	<i>Misurazione del livello della falda</i>	16
2.7	<i>Indagini geofisiche – Sismica a rifrazione tipo MASW</i>	18
2.7.1	Cenni di teoria e strumentazione utilizzata	18
2.7.2	Elaborazione dei dati acquisiti	24
2.7.3	Risultati della indagine di sismica a rifrazione Tipo MASW	25

## ALLEGATI

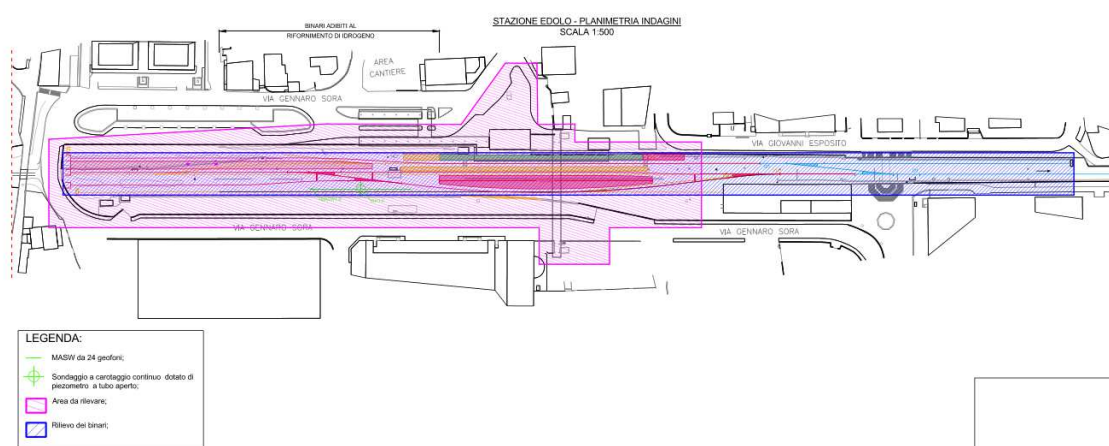
- Stratigrafia sondaggio e catalogo fotografie cassette catalogatrici.
- Risultati prove di laboratorio.

## 1 PREMESSA

### 1.1 Informazioni preliminari e piano di indagini eseguito

La scrivente società Geodes S.r.l. ha realizzato, su incarico dell'ATI Valsecchi/Notari, le indagini geognostiche per il Progetto Esecutivo di opere ferroviarie presso la stazione di Edolo (BS).

Le indagini geognostiche sono state realizzate sulla base della documentazione fornita dalla committenza (Planimetria ubicazione indagini e Specifiche Campagna indagini geognostiche redatte da FerrovieNord Fnm Group, 2023).



**Figura 1 – Planimetria ubicazione indagini geognostiche (FerrovieNord, 2023).**

Il presente documento illustra le caratteristiche ed i risultati delle indagini geognostiche eseguite.

I lavori hanno riguardato, come attività principali, la terebrazione di N°1 sondaggio a carotaggio continuo (S-01) fino alla profondità di 30m da p.c. all'interno del quale è stato installato un tubo piezometrico. All'interno del sondaggio, durante la perforazione, sono state eseguite alcune prove in foro (Prove penetrometriche Tipo SPT) e sono stati prelevati campioni di terreno "disturbati" su cui sono state realizzate prove di laboratorio.



Al completamento del piano indagini, per caratterizzazione sismica del sito, è stato realizzato uno stendimento di sismica a rifrazione tipo MASW.

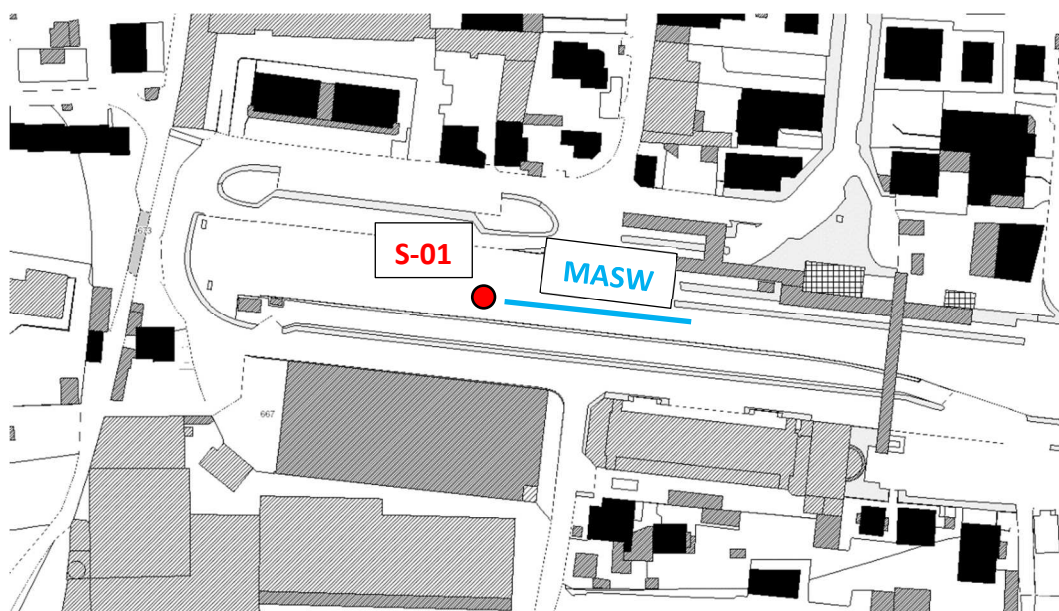


**Figura 2 – Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite (su immagine Google Maps). In rosso l'ubicazione del sondaggio a carotaggio continuo e in azzurro lo stendimento di sismica a rifrazione tipo MASW.**

Le indagini geognostiche realizzate hanno avuto lo scopo di:

1. Definire la successione stratigrafica del sottosuolo d'interesse.
2. Caratterizzazione da un punto di vista geotecnico degli orizzonti attraversati.
3. Caratterizzare dal punto di vista sismico l'area di progetto.

Le attività di cantiere sono state svolte tra il 08/01/2024 e il 10/01/2024.



**Figura 3 – Ubicazione definitiva delle indagini eseguite (su CTR Regione Lombardia). In rosso l'ubicazione del sondaggio a carotaggio continuo S-01 (Coord. Wgs84: X:5.114.569 - Y:602.495) e in azzurro lo stendimento di sismica a rifrazione tipo MASW.**

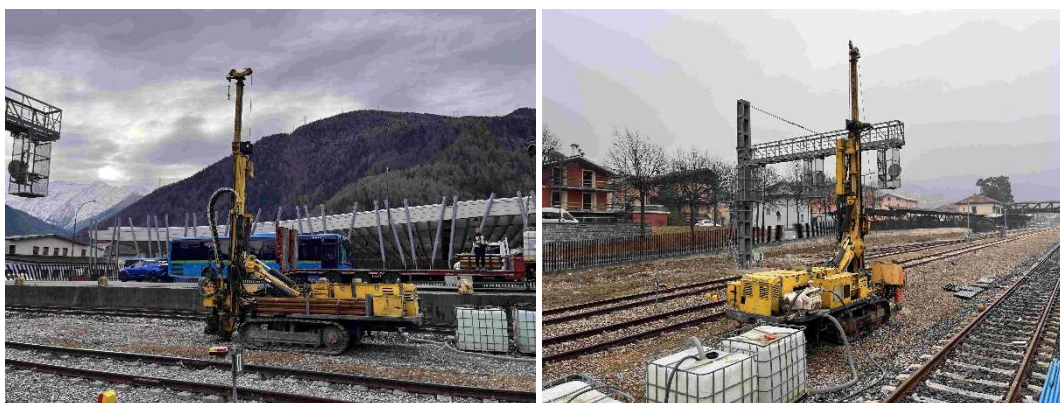
## 2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 2.1 *Attrezzature e modalità esecutive sondaggi a carotaggio continuo*

Allo scopo di comprendere la stratigrafia del sottosuolo di progetto è stato realizzato, dall'impresa subappaltatrice delle attività di perforazione Eurogeo di Paderno Dugnano (Mi), utilizzando una sonda Atlas Copco modello Mustang 5-F4, un sondaggio a carotaggio continuo (codice S-01) che ha raggiunto la profondità di 30m da p.c..

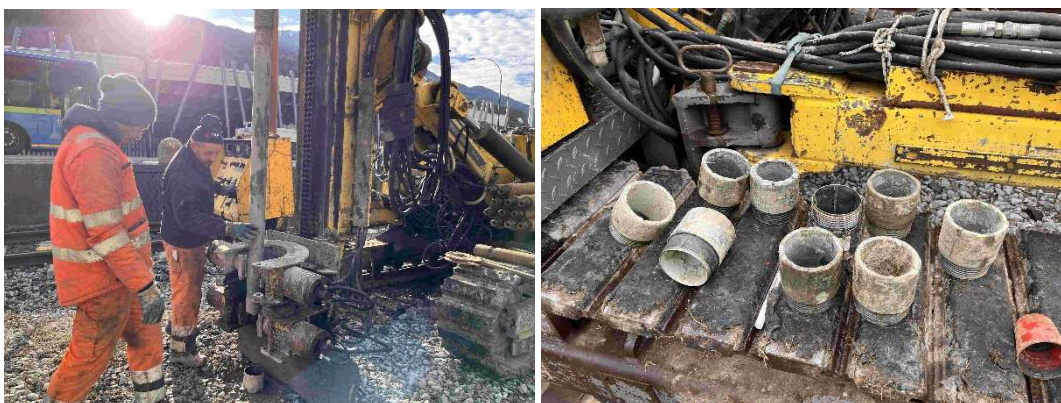
Le perforazioni sono state realizzate con utilizzo di rivestimento esterno (diametro 127mm) e carotiere semplice (diametro 101mm) di 3m di lunghezza.

Ad eccezione di alcuni tratti, da centimetrici fino a decimetrici, con presenza di trovanti per cui si è reso necessario l'utilizzo di acqua come fluido di perforazioni e/o il tricono per infliggere il rivestimento esterno, la perforazione è stata realizzata a secco fino al raggiungimento della falda presente ad oltre 14,50m di profondità da p.c..



**Figura 4 – Sonda utilizzata per le perforazioni a carotaggio continuo (Atlas Copco modello Mustang 5-F4).**





**Figura 5 – Fasi di perforazione con utilizzo del carotiere semplice e corone al Widia.**

I terreni estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici in PVC con scomparti per 5 ml di carote riposti in ogni cassa.

Il geologo di cantiere ha provveduto a redigere la stratigrafia, su cui sono state annotate la stratigrafia, i risultati delle prove SPT, il prelievo di campioni e la quota della falda, oltre a realizzare le foto delle cassette catalogatrici.



**Figura 6 – Sondaggio S-01 – Cassetta catalogatrice in PVC N°1 – Prof. 0-5,00m.**

La stratigrafia relativa al sondaggio S-01 si trova in allegato al fondo del presente documento.

Sulle cassette sono stati indicati in modo indelebile: nominativo della Committente, località di indagine, codice del sondaggio e profondità di riferimento della cassa.

Le casse catalogatrici, come indicato dalla committenza, sono state riposte, presso la stazione di Edolo, al fondo del binario N°1.



**Figura 7 – Stoccaggio cassette catalogatrici in sito.**

## **2.2 Prove penetrometriche in foro (SPT)**

All'interno di ognuno dei sondaggi a carotaggio continuo, per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo di progetto, sono state realizzate n. 10 prove SPT, ad intervalli di 1,5m di profondità, partendo da 1,5m da p.c. fino ad arrivare a 15m da p.c.

Tale tipologia di prova consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo del foro di sondaggio; tale resistenza è funzione delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni.





**Figura 8 – Prova penetrometrica in foro tipo SPT. Esecuzione prove (Sx) e Campionatore RAYMOND (Dx).**

La prova consiste nel far cadere un maglio dal peso di 63.5 Kg da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste, alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore RAYMOND di dimensioni standardizzate; Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione ( $N_{S.P.T.}$ ).

Ove i terreni testati sono risultati, prettamente incoerenti e a granulometria grossolana, il campionatore Raymond è stato sostituito con una punta chiusa (come previsto dalle norme AGI 1977 ed anche dalle norme ASTM).

**Tabella 1 - Risultati delle prove penetrometriche realizzate in foro.**

Codice sondaggio	Codice prova	Tipo di punta utilizzata	Profondità prova (m)	Valori $N_{spt}$ registrati
<b>S-01</b>	SPT-01	Punta aperta (Raymond)	1,50	9/13/7
	SPT-02	Punta aperta (Raymond)	3,00	9/23/28
	SPT-03	Punta aperta (Raymond)	4,50	12/43/R50 (4cm)
	SPT-04	Punta chiusa	6,00	R50 (9cm)
	SPT-05	Punta chiusa	7,50	R50 (12cm)

Codice sondaggio	Codice prova	Tipo di punta utilizzata	Profondità prova (m)	Valori Nspt registrati
	SPT-06	Punta chiusa	9,00	38/R50 (14cm)
	SPT-07	Punta chiusa	10,50	R50 (10cm)
	SPT-08	Punta chiusa	12,00	39/R50 (5cm)
	SPT-09	Punta chiusa	13,50	22/R50 (10cm)
	SPT-10	Punta chiusa	15,00	12/21/28

I risultati delle prove SPT, oltre ad essere stati riportati sulla stratigrafia (e riassunti nella tabella precedente), sono stati annotati, direttamente in cantiere, sul retro del coperchio della cassa N°1 (si veda immagine seguente).



Figura 9 – Prove penetrometrica in foro tipo SPT. Registrazione dei risultati.



### 2.3 Prelievo di campioni per analisi di laboratorio

Durante le fasi di perforazione sono stati prelevati campioni “rimaneggiati” finalizzati all’esecuzione di prove di laboratorio.

Si riporta l’elenco dei campioni prelevati.

**Tabella 2 – Tabella con il dettaglio dei campioni “rimaneggiati” prelevati dal sondaggio**

Sondaggio	Codice Campione	Prof. prelievo (da ...a...m)
<b>S-01</b>	CAMP-01	1,40-1,50 m
	CAMP-02	2,60-2,75m
	CAMP-03	3,10-3,30m
	CAMP-04	5,85-6,00m
	CAMP-05	8,85-9,00m
	CAMP-06	12,00-12,20m
	CAMP-07	15,00-15,20m



**Figura 10 – Prelievo di campioni “rimaneggiati” per analisi di laboratorio.**

## 2.4 Risultati delle prove di laboratorio

Sui campioni “rimaneggiati”, raccolti durante le fasi di perforazione del Sondaggio S-01, sono state eseguite alcune prove di laboratorio: peso specifico grani, granulometrie (per setacciatura e sedimentazione) e determinazione dei limiti di consistenza (Limiti di Atterberg).

Nella tabella seguente sono riassunte la quantità e la tipologia di prove realizzate sul singolo campione “rimaneggiato”.

**Tabella 3 – Tabella con il dettaglio dei campioni “rimaneggiati” prelevati dal sondaggio**

Sondaggio	Codice Campione	Prof. prelievo (da ...a...m)	Peso specifico dei grani	Granulometria per setacciatura	Granulometria per sedimentazione	Limiti di Atterberg
<b>S-01</b>	CAMP-01	1,40-1,50 m	X	X	X	X
	CAMP-02	2,60-2,75m	X	X	X	X
	CAMP-03	3,10-3,30m	X	X	X	X
	CAMP-04	5,85-6,00m	X	X	X	X
	CAMP-05	8,85-9,00m	X	X	X	X
	CAMP-06	12,00-12,20m	X	X	X	X
	CAMP-07	15,00-15,20m	-	-	-	-

I risultati delle prove di laboratorio sono riportati in allegato al fondo del presente elaborato.

## **2.5 Installazione tubo piezometrico**

Il foro del sondaggio S-01 è stato attrezzato con un piezometro costituito da una batteria di tubi in PVC diametro 3", giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta.

Rispetto alle specifiche tecniche (FerrovienNord, 2023), che prevedevano l'installazione di un tubo cieco da 0 a -1m da p.c. e fenestrato da -1 fino a -10m, avendo intercettato la falda a circa 14,70m da p.c., gli scriventi hanno provveduto ad installare un tubo piezometrico (diametro 2'') così costituito: tubo cieco nel primo metro di profondità (da 0 a -1m da p.c.) e tubo microfessurato fino a 19m da p.c. (da -1 a -19m da p.c.).

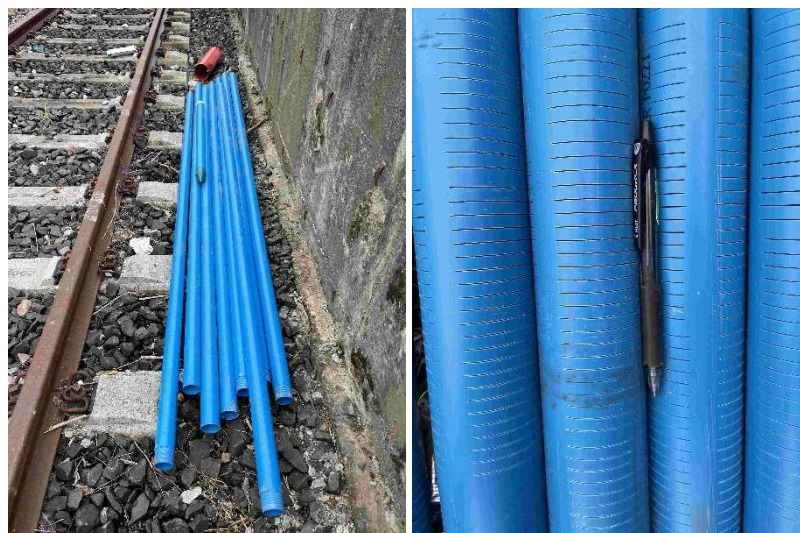
Nel tratto microfessurato è stato formato un filtro costituito da materiale granulare, fino a risalire a -1m da p.c., senza l'ausilio della rotazione.

Il tratto dell'intercapedine corrispondente al tratto del tubo cieco (0-1m da p.c.), è stato invece impermeabilizzato con bentonite in palline o compactonite e cementato con boiacca cemento bentonite.

L'estremità della colonna del tubo piezometrico è stata protetta con tappo avvitato; la testa tubo è stato protetto con chiusino metallico.



**Figura 11 – Installazione tubo piezometrico in pvc diametro 2”.**



**Figura 12 – Particolari del tubo piezometrico in pvc diametro 2”.**





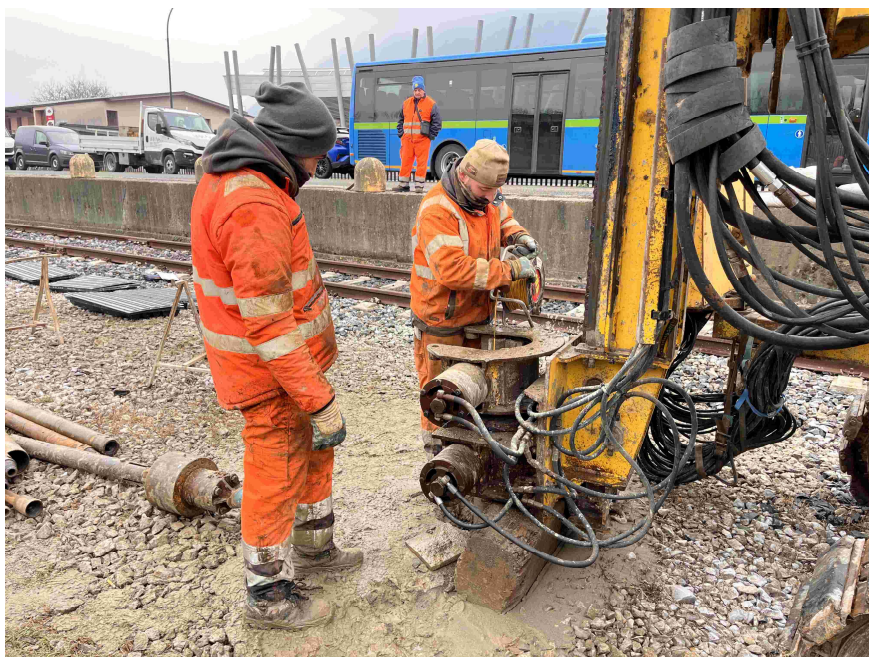
**Figura 13 – Particolari del chiusino metallico a protezione del tubo piezometrico.**

## 2.6 Misurazione del livello della falda

Durante le fasi di perforazione ed una volta installato il tubo piezometrico si è provveduto a realizzare, con l'utilizzo di un freatimetro, la misura della superficie piezometrica.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle misure effettuate.

PIEZOMETRO PZ-01 (Sondaggio S-01)		
Data e ora misura	Profondità falda (m da p.c.)	Note
08/01/2024 ore 17:00	Non rilevata	Rilievo a fine giornata al fondo del rivestimento (Circa 11m da p.c.)
09/01/2024 ore 8:00	Non rilevata	Rilievo ad inizio giornata al fondo del rivestimento (Circa 11m da p.c.)
09/01/2024 ore 17:00	14 m da p.c.	Rilievo a fine giornata al fondo del rivestimento (Circa 20 m da p.c.)
10/01/2024 ore 8:00	13,60m da p.c.	Rilievo ad inizio giornata al fondo del rivestimento (Circa 20 m da p.c.)
10/01/2024 ore 11:15	14,90m da p.c.	Fine perforazione prima dell'installazione del piezometro – Prof. rivestimento 27m da p.c.
10/01/2024 ore 11:45	14,70m da p.c.	Fine perforazione prima dell'installazione del piezometro – Prof. rivestimento 27m da p.c.
10/01/2024 ore 13:00	14,70m da p.c.	Fine perforazione prima dell'installazione del piezometro – Prof. rivestimento 27m da p.c.
10/01/2024 ore 15:00	14,30m da p.c.	A piezometro installato



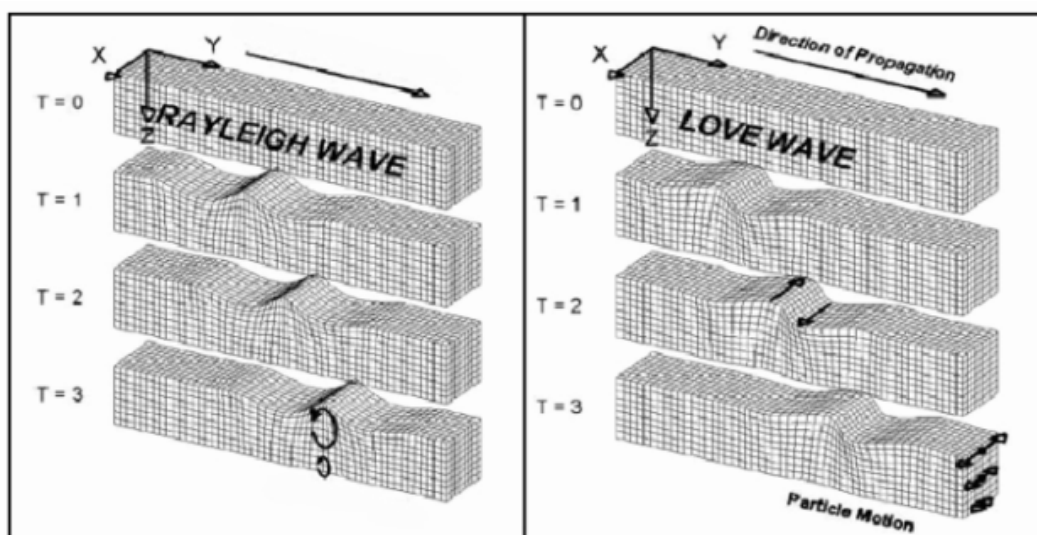
**Figura 14 – Misura della falda a fine perforazione.**



## 2.7 Indagini geofisiche – Sismica a rifrazione tipo MASW

### 2.7.1 Cenni di teoria e strumentazione utilizzata

L'indagine MASW è una tecnica di indagine sismica non invasiva per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del sottosuolo attraverso l'analisi della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh e Love).



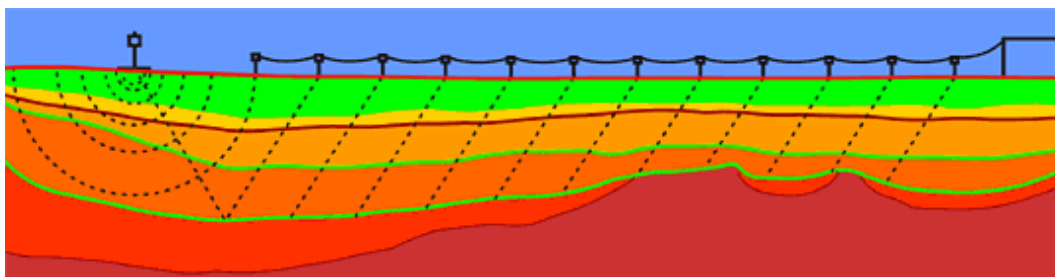
Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica che si basa sulla misura delle onde superficiali (Onde di Rayleigh) eseguita in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo, essa è considerata una prova sismica di **tipo “attivo”** in quanto le onde superficiali sono generate ad hoc (metodo attivo) attraverso l'utilizzo, in questo caso, di una mazza, a varie distanze e con varie ripetizioni per sommare algebricamente i segnali ottenuti rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore di fondo.

Il **metodo attivo** è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri di profondità dal piano campagna. Infatti si ottiene una curva di dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra 10 e 40 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori.

Il metodo MASW consente, quindi, di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità ( $V_{s,eq}$ ) e quindi la classificazione del terreno di fondazione in base alle nuove norme tecniche di costruzione (NTC 2018).

Queste indagini geosismiche hanno lo scopo di caratterizzare in modo dinamico, tramite la misura delle onde di taglio ( $V_{sh}$ ), i litotipi presenti nell'area d'interesse e definirne la geometria di sviluppo nel sottosuolo.



Tale metodologia trova il miglior campo di applicazione per profondità di studio inferiori ai 30 - 40 metri da p.c. È necessario che il volume di terreno sia caratterizzato da valori di velocità di  $V_p$  e  $V_s$  progressivamente crescenti con la profondità; infatti, come è noto, il principale limite di tale metodologia è rappresentato dal non poter distinguere ed individuare strati con velocità delle onde P e Sh minori sottostanti a strati con velocità più elevate.

L'indagine consiste nel creare delle onde sismiche artificiali sulla superficie del terreno da investigare e registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prestabilite mediante geofoni a prevalente componente orizzontale.

È importante precisare che le onde Sh dirette e rifratte costituiscono sempre il primo arrivo rispetto alle onde superficiali (onde di Love) e che per brevi stendimenti risultano sufficientemente forti da poter essere registrate. Inoltre, con questa metodologia di studio non esistono le limitazioni connesse con l'orizzontalità degli strati proprie delle tecniche utilizzando le onde superficiali.

Il sistema sorgente utilizzato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali sia di tipo VP che VSh.

Per la ricezione dei segnali sono stati utilizzati dei geofoni orizzontali per le onde Sh a frequenza propria 4,5 Hz.

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo Geode (Geometrics) che consente la rappresentazione degli impulsi sismici mediante programma di digitalizzazione e visualizzazione tramite un apposito PC; le prime onde rifratte vengono registrate simultaneamente su 12 - 24 geofoni e sommate fra di loro; successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore. I geofoni utilizzati sono del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire gli spostamenti che si verificano nel terreno, in segnali elettrici, con relativo cavo di collegamento a 24 fili;
- Minibang, mazza e coppia a pendolo, nel caso in esame è stato utilizzato il sistema a mazza di battuta.

Considerato che l'obiettivo della prospezione sismica è quello di ottenere un modello di velocità in Vs fino a trenta metri di profondità, in modo da determinare il parametro Vs,eq come previsto da normativa, si è scelto di utilizzare la metodologia MASW ATTIVA. Si è così ottenuta una curva di dispersione acquisita che verrà di seguito discussa.

Considerata la logistica e lo spazio disponibile per l'installazione della linea sismica è stato realizzato uno stendimento, di lunghezza totale di 56m comprensivo dei tiri esterni per l'energizzazione del terreno (+6m e +10m).

Nel dettaglio la linea sismica MASW- è stata realizzata, con orientazione circa E-O, a partire dal foro di sondaggio S-01, parallelamente al binario N°3 (tratto morto) presente all'estremità sud della stazione ferroviaria.

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche della linea sismica realizzata: il numero dei geofoni, la distanza tra un geofono ed il successivo (passo), la lunghezza totale della linea e la profondità raggiunta.

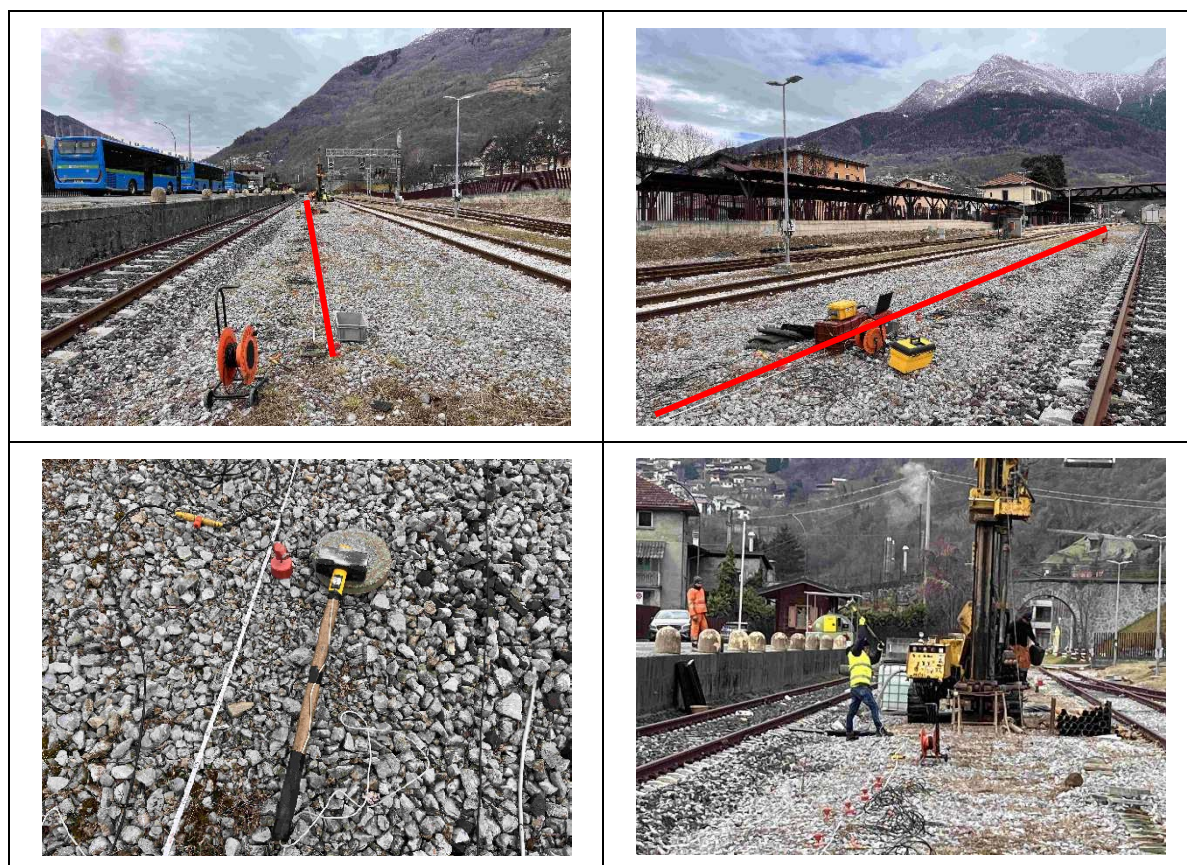
Le MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono una metodologia d'investigazione che permettono di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs dalla determinazione della velocità delle onde superficiali. La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti il più possibile a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare. La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidità e ai parametri elastici dei suoli attraversati. È importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive, ovvero le alte frequenze (quindi con lunghezze d'onda corta) si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.

**Tabella 4 – Caratteristiche geometriche dall'indagine sismica MASW-01.**

Profilo	Numero geofoni	Passo Geofoni(m)	Lunghezza tot.(m)	Profondità max(m)
<b>MASW-01</b>	24	2	46+52*+56*	~40

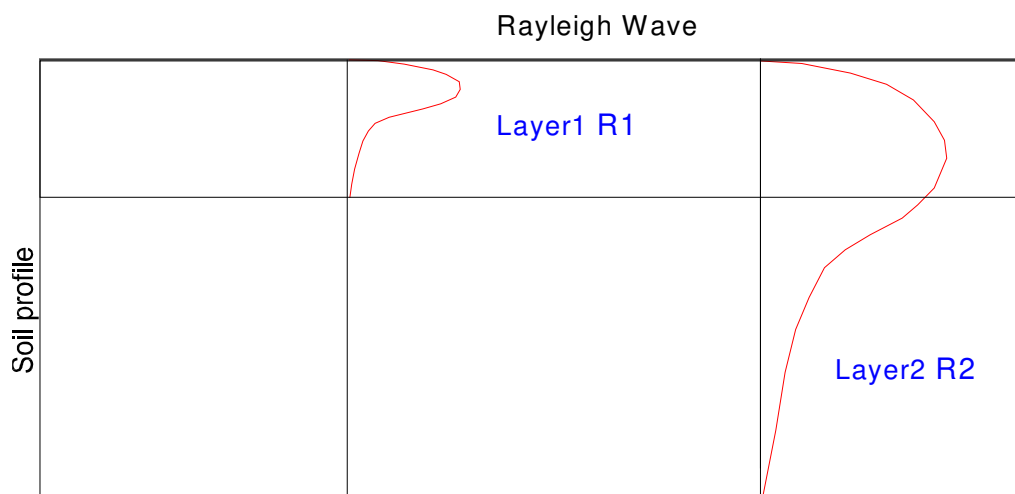
\*Tiri esterni alla linea sismica





**Figura 15 – Stendimento MASW-01 realizzato, con orientazione circa E-O, a partire dal foro di sondaggio S-01, parallelamente al binario N°3 (tratto morto) presente all'estremità sud della stazione ferroviaria.**

La metodologia MASW può essere sia attiva che passiva o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori.



Nel metodo PASSIVO (Tipo Re.Mi.), non realizzato nelle indagini in oggetto, lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo ATTIVO è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri di profondità dal piano campagna. Infatti si ottiene una curva di dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra 5 e 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Dall'utilizzo del metodo PASSIVO (non realizzato per la progettazione dell'opera in oggetto), invece, si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto in quelli più superficiali.



### 2.7.2 Elaborazione dei dati acquisiti

La procedura elaborativa è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

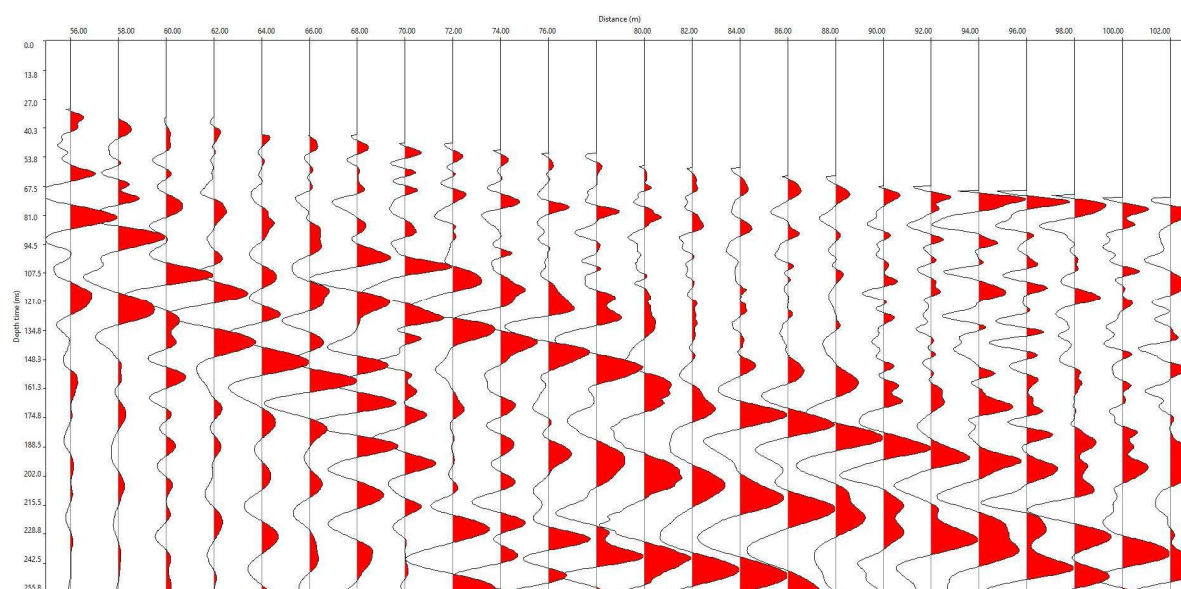
- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo.
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato sull'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method).
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate.
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale.
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascun strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ciascuno strato). Vi è una utile possibilità di modellizzare con la procedura GRM delle variazioni orizzontali di velocità che comunque risultano discrete e non continue.
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).



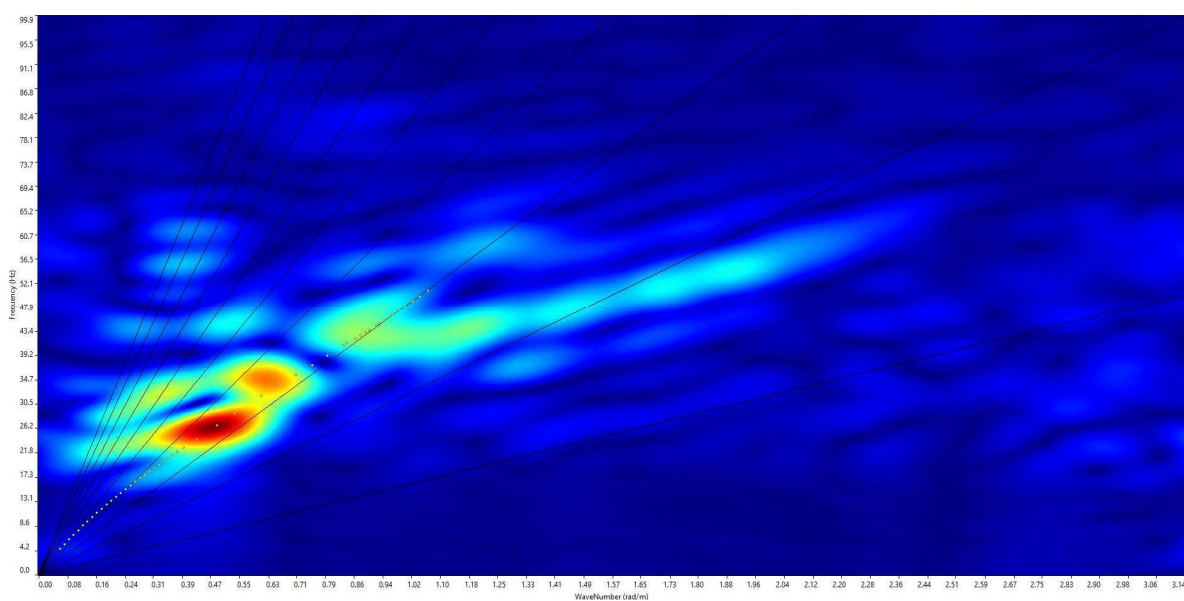
### 2.7.3 Risultati della indagine di sismica a rifrazione Tipo MASW

Risulta particolarmente affidabile la determinazione diretta della velocità delle onde di taglio che viene calcolata tramite l'applicazione delle classiche metodologie geofisiche (sismica superficiale, metodi SAWS, prove in foro tipo down-hole o cross-hole).

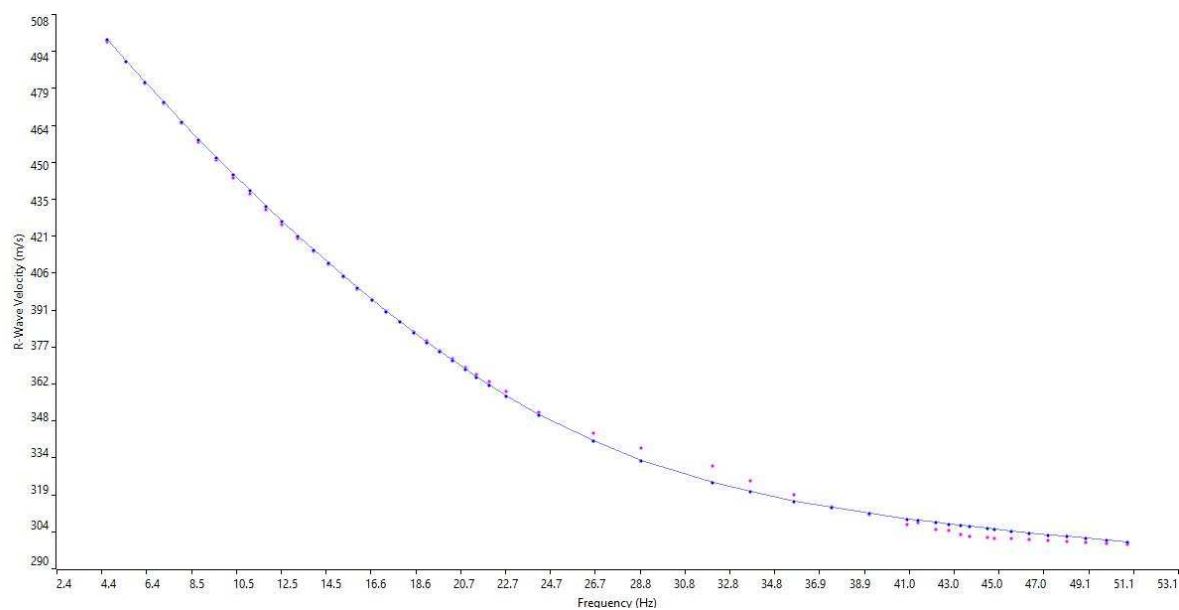
I risultati ottenuti sono dettagliatamente illustrati nelle seguenti figure:



**Figura 16 – Stendimento MASW - Sismogramma risultante dell'indagine M.A.S.W ottenuto in sito dopo una prima fase di pulizia e pre-processamento del segnale.**



**Figura 17 – Stendimento MASW – Spettro FK.**



**Figura 18 – Stendimento MASW - Comparazione tra i valori misurati e la curva di dispersione sperimentale.**

		Thickness	Depth		Vs	Vp	Poisson	Density
Layer 1	<input type="checkbox"/>	2.01	0.00	<input type="checkbox"/>	297	594	0.333	1.800
Layer 2	<input type="checkbox"/>	4.11	2.01	<input type="checkbox"/>	344	687	0.333	1.800
Layer 3	<input type="checkbox"/>	8.50	6.11	<input type="checkbox"/>	468	935	0.333	1.800
Layer 4	<input type="checkbox"/>	18.37	14.62	<input type="checkbox"/>	541	1081	0.333	1.800
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	32.99	<input type="checkbox"/>	579	1157	0.333	1.800

Figura 19 – Stendimento MASW - Andamento delle velocità con la profondità e relativi strati.

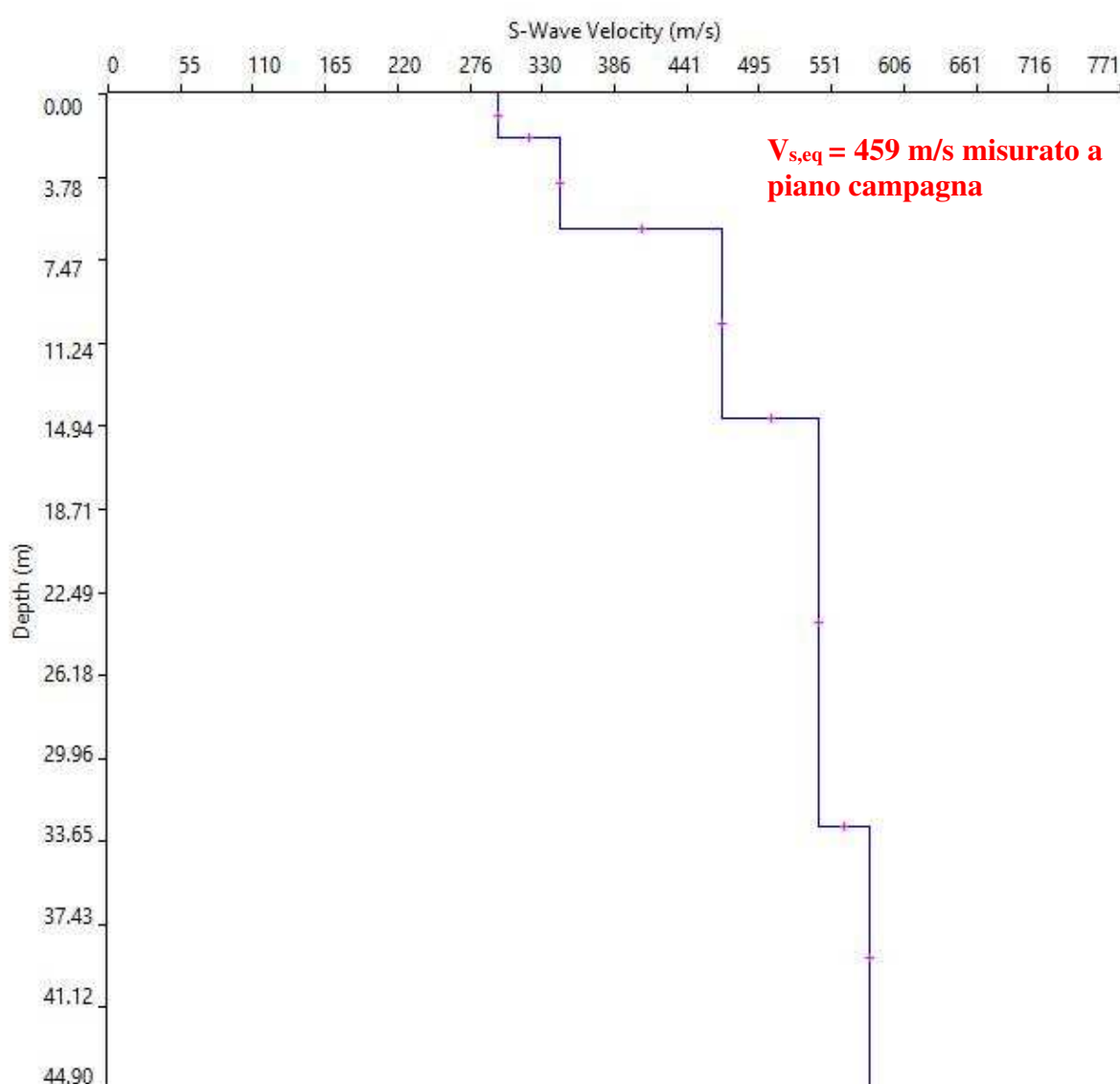


Figura 20 – MASW - Andamento del profilo delle velocità misurate (VSh) Vs profondità (m). Il valore di  $V_{s,eq}$  (e  $V_{s30}$ ) è quello misurato a piano campagna.

I valori maggiormente attendibili sono riferiti alla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ed al modulo di taglio  $G$  che non vengono influenzati dalla saturazione.

Come recentemente introdotto dalle N.T.C. (2018) la definizione della categoria di sottosuolo viene realizzata, oltre che basandosi sulle condizioni stratigrafiche, calcolando il parametro denominato “**Velocità equivalente ( $V_{s,eq}$ )**” che sostituisce parzialmente, in alcune situazioni sismo-stratigrafiche, il parametro  $V_{s30}$  utilizzato nella versione precedente.

Per **velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ )** si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

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

Dove  $N$  è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ . Per  $H$  si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

**Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.**

Per la sezione in onde di taglio acquisita dalla superficie ed interpretata, il valore  $V_{s,eq}$  è stato definito lungo due punti significativi per valutare ed escludere la presenza di disomogeneità geologiche che possano indurre a grosse variazioni laterali di tale parametro. In realtà le velocità sono risultate tutte abbastanza omogenee. Tali variazioni sono imputabili al diverso grado di consistenza dei depositi indagati e non mutano la sostanza del parametro  $V_{s,eq}$  calcolato.

Le figure 15, 16 e 17 riportano il sismogramma risultante dall'indagine MASW dopo una prima fase di pulizia e pre-processamento, lo spettro FK e la curva di dispersione ricavata dal confronto tra la curva teorica e i valori di velocità effettivamente registrati.

Le figure 18 e 19 mostrano, invece, l'andamento delle velocità in onde S nel sottosuolo al variare della profondità.

Le prove geofisiche realizzate sull'area di progetto (Sismica a rifrazione tipo MASW), considerando il valore di  $V_s$  misurato a p.c. e calcolato a due possibili quote di fondazione, hanno fornito i seguenti **valori di  $V_{s,eq}$** :

**Tabella 5 - Riassunto dei valori delle onde di taglio ( $V_s$ ) risultati dall'indagine sismica MASW.**

	<b>Valori di <math>V_{s,eq}</math> (N.T.C., 2018) = <math>V_{s30}</math> (N.T.C., 2008)</b>
<b><math>V_s</math> misurato a p.c.</b>	<b>459 m/s</b>
<b>CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B (N.T.C., 2018)</b>	

Considerando i valori di  $V_{s,eq}$  calcolati precedentemente, i terreni, su cui insiste l'opera in progetto, sono classificabili, secondo le N.T.C. 2018, come **categoria di sottosuolo B** definita come *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

Grassobbio (BG), 05 febbraio 2024

Dr. Geol. Andrea Gritti

Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461

Dr. Geol. Fabio Plebani

Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 884

STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

Lavoro:Opere ferroviare presso la stazione di Edolo

Committente:Impresa Luigi Notari S.p.a.

Data:08-10 gennaio 2024

Provincia:Brescia

Comune:Edolo

Località:Stazione FF.SS.

Profondità:30,0 m

Latitudine (WGS84): 5114569 m

Longitudine (WGS84): 602485 m

Quota:675 m.s.l.m.

Ditta esecutrice:Eurogeo S.r.l.

Responsabile:Geodes S.r.l.

Carotaggio:Continuo

Modello Sonda:ATLAS COPCO MUSTANG 5-F4

Sondaggio

S-01

Pagina

1/4

Scala	Quota	Litologia	Descrizione	RQD %	SPT	Campioni AMB    R    GEO    I	Prove Perm.	Metodo Perf.	Prof. Rivest.	Falda	Piez.
0	0,00		Ghiaia grossolana (ballast) in matrice sabbioso limosa di colore grigio chiaro, clasti spigolosi, centimetrici (dim. media 3 cm).								
1	1,10		Sabbia limoso ghiaiosa di colore marrone scuro. I clasti sono spigolosi, poligenici.		-1,50 m 9-13-7						
2											
3	3,30		Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa, da mediamente a molto addensate di colore da marrone a grigio. Clasti da spigolosi a subarrotondati.		-3,00 m 9-23-28						
4											
5	5,00		Ghiaia e con sabbia limosa, con sporadica presenza di ciottoli di colore da marrone chiaro a marrone scuro, molto addensate.		-4,50 m 12-43-R						
6	6,00		Clasti poligenici, da spigolosi a subspigolosi, centimetrici.		-6,00 m R						
7	6,60		Sabbie limose con ghiaie, ciottoli e blocchi in matrice sabbioso limosa di colore da marrone chiaro a grigio chiaro, molto addensate. Clasti da spigolosi a subspigolosi.		-7,50 m R						
8	7,20		Ciottoli e blocchi in matrice sabbioso limosa di colore grigio chiaro molto addensati. Clasti spigolosi.		-9,00 m 38-R						
9			Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa, con sporadica presenza di ciottoli e blocchi di colore da marrone chiaro a marrone scuro, molto addensate. Clasti da spigolosi a subspigolosi.		-10,50 m R						
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19	19,00		Ghiaie poligeniche, in matrice sabbioso limosa con ciottoli (rari blocchi), di colore marrone chiaro, poco addensate. Clasti da spigolosi a subspigolosi.								
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28	28,50		Sabbia limosa con ghiaia (rari ciottoli), di colore marrone chiaro, poco addensate. Clasti da spigolosi a subspigolosi.								
29			Ghiaie poligeniche, in matrice sabbioso limosa con ciottoli (rari blocchi), di colore marrone chiaro, poco addensate. Clasti da spigolosi a subspigolosi.								
30	29,70 30,00										

LEGENDA

Prove S.P.T. in foro  
1-7-12 N1 - N2 - N3 (Nspt)  
R Rifiuto


Prelievo di campioni  
AMB - Ambientale  
GEO - Geotecnico  
(R = Rimaneggiato, I = Indisturbato)  
Prelevato ma non analizzato

Prove di permeabilità  
Le1 Prova Lefranc  
Lu1 Prova Lugeon

Metodi di perforazione  
Carotiere semplice  
Carotiere doppio  
Elica continua


Piezometro  
Tubo aperto  
Casagrande  
Intervallo fenestrato  
Cella Casagrande



	STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO					Sondaggio  <b>S-01</b> Pagina <b>2/4</b>
	Lavoro: Opere ferroviare presso la stazione di Edolo		Committente: Impresa Luigi Notari S.p.a.			
	Data: 08-10 gennaio 2024	Provincia: Brescia	Comune: Edolo	Località: Stazione FF.SS.		
	Profondità: 30,0 m	Latitudine (WGS84): 5114569 m	Longitudine (WGS84): 602485 m	Quota: 675 m.s.l.m.		
	Ditta esecutrice: Eurogeo S.r.l.	Responsabile: Geodes S.r.l.	Carotaggio: Continuo	Modello Sonda: ATLAS COPCO MUSTANG 5-F4		






	STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO						Sondaggio  <b>S-01</b>  Pagina  <b>3/4</b>
	Lavoro: Opere ferroviare presso la stazione di Edolo			Committente: Impresa Luigi Notari S.p.a.			
	Data: 08-10 gennaio 2024	Provincia: Brescia	Comune: Edolo	Località: Stazione FF.SS.			
	Profondità: 30,0 m	Latitudine (WGS84): 5114569 m	Longitudine (WGS84): 602485 m	Quota: 675 m.s.l.m.			
	Ditta esecutrice: Eurogeo S.r.l.	Responsabile: Geodes S.r.l.	Carotaggio: Continuo	Modello Sonda: ATLAS COPCO MUSTANG 5-F4			





	STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO					Sondaggio  <b>S-01</b> Pagina <b>4/4</b>
	Lavoro: Opere ferroviare presso la stazione di Edolo		Committente: Impresa Luigi Notari S.p.a.			
	Data: 08-10 gennaio 2024	Provincia: Brescia	Comune: Edolo	Località: Stazione FF.SS.		
	Profondità: 30,0 m	Latitudine (WGS84): 5114569 m	Longitudine (WGS84): 602485 m	Quota: 675 m.s.l.m.		
	Ditta esecutrice: Eurogeo S.r.l.	Responsabile: Geodes S.r.l.	Carotaggio: Continuo	Modello Sonda: ATLAS COPCO MUSTANG 5-F4		





# ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")  
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi  
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



<b>Certificato 597</b>	<b>del 02/02/2024</b>	<b>Accettazione 3583</b>	<b>del 26/01/2024</b>
------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

## PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854A)

<b>data inizio prova</b>	<b>26/01/2024</b>	<b>data fine prova</b>	<b>02/02/2024</b>
--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------

<b>COMMITTENTE:</b>	ATI - VALSECCHI NOTARI
<b>COMMESSA:</b>	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO
<b>LOCALITA':</b>	EDOLO (BS)
<b>SONDAGGIO :</b>	S-01
<b>CAMPIONE:</b>	CR1
<b>PROFONDITA' :</b>	1,40-1,50 m

### Dati Sperimentali

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso picnometro :	$M_f$	<i>Mg</i>	3,5264E-05	3,4976E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	$M_a$	<i>Mg</i>	8,5558E-05	8,5542E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	<i>Mg</i>	5,5273E-05	5,4990E-05
Peso terreno a secco :	$M_0$	<i>Mg</i>	2,0009E-05	2,0014E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	$M_b$	<i>Mg</i>	9,8245E-05	9,8212E-05
Temperatura interna al picnometro :	$T_b$	°C	20,00	20,00

### Risultati

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso specifico terreno alla temperatura $T_b$ :	$G_{Tb}$	<i>Mg/mc</i>	2,733	2,725
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		<i>Mg/mc</i>	2,733	2,725
<b>Peso specifico medio :</b>		<b><i>Mg/mc</i></b>	<b>2,729</b>	

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO

Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281

E-mail: info@gealtair.it P.E.C.: altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

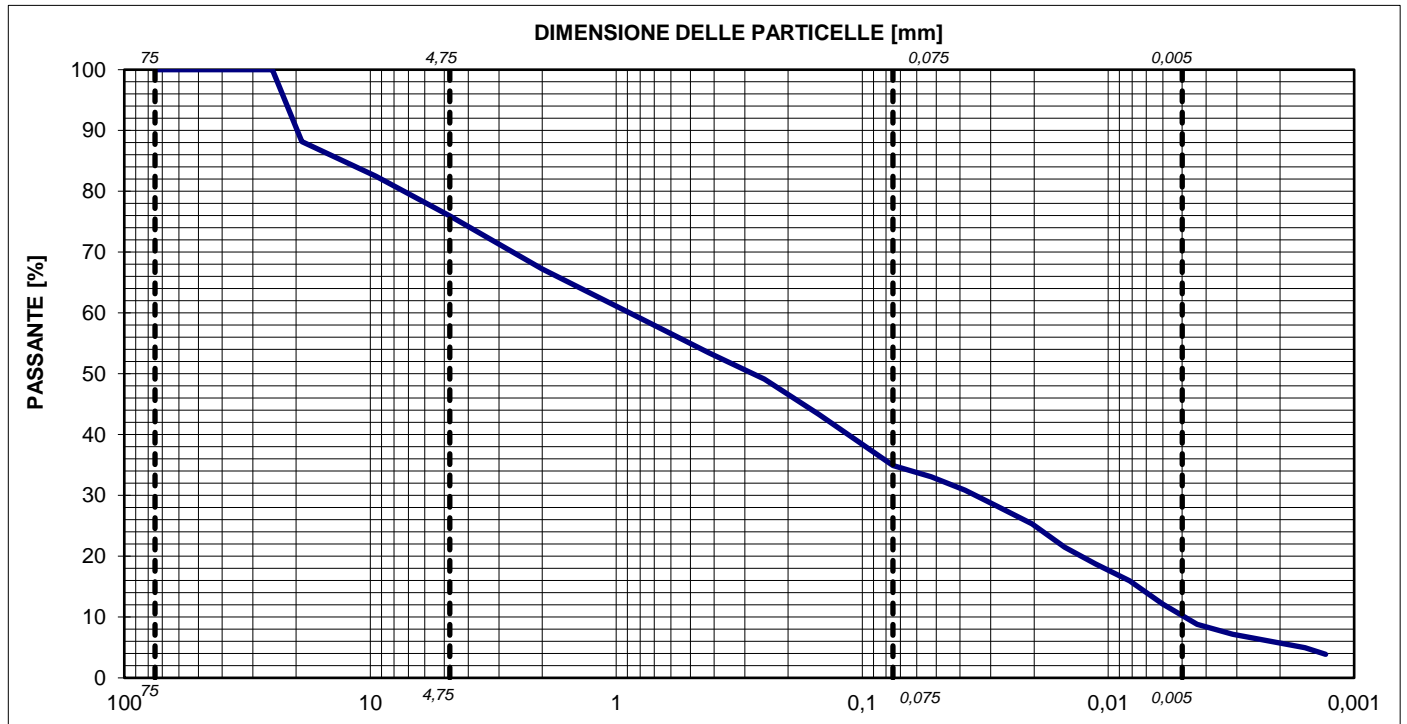
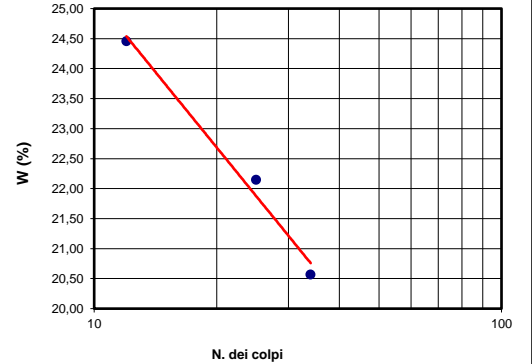


Certificato n. <b>603</b>	del <b>02/02/2024</b>	Accettazione n. <b>3583</b>	del <b>26/01/2024</b>
---------------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE</b> (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>
<b>LIMITI DI CONSISTENZA</b> (ASTM D4318)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>

COMMITTENTE:	ATI - VALSECCHI NOTARI		
COMMESSA:	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO		
LOCALITA':	EDOLO (BS)		
SONDAGGIO :	S-01	CAMPIONE:	CR1
		PROFONDITA' :	1,40-1,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE				LIMITI DI CONSISTENZA					
Peso iniziale	449,81		g	Peso iniziale	50		g	Limite Liquido (WL)	22		%		
Diametro massimo	35		mm	Diametro massimo	0,075		mm	Limite Plastico (WP)	np		%		
Diametro minimo	15		mm					Indice di Plasticità (IP)	nd		%		
Contenuto d'acqua	-		%					Indice di Consistenza (IC)	-		%		
	mm	Set. in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale							
Passante	75,0	3	100,00 %	0,0525	mm	33,06 %		L.L.	21,31	55,10	48,46	24,46	12
Passante	50,8	2	100,00 %	0,0382	mm	30,86 %			20,84	53,49	47,57	22,15	25
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %	0,0279	mm	28,11 %			21,62	56,97	50,94	20,57	34
Passante	25,4	1	100,00 %	0,0204	mm	25,35 %							
Passante	19,0	3/4	88,20 %	0,0150	mm	21,50 %		L.P.	22,06			0,00	-
Passante	9,5	3/8	82,48 %	0,0113	mm	18,74 %			22,89			0,00	-
Passante	4,75	No. 4	75,95 %	0,0082	mm	15,99 %							
Passante	2,0	No. 10	67,26 %	0,0060	mm	12,13 %							
Passante	0,850	No. 20	59,70 %	0,0044	mm	8,83 %							
Passante	0,425	No. 40	53,46 %	0,0031	mm	7,18 %							
Passante	0,254	No. 60	49,11 %	0,0022	mm	6,08 %							
Passante	0,150	No. 100	43,34 %	0,0016	mm	4,97 %							
Passante	0,075	No. 200	34,89 %	0,0013	mm	3,87 %							
Ghiaia g	(19-75)		11,80 %	ASTM CLASSIFICATION SM AASHTO M 145-82 -									
Ghiaia f	(4,75-19,0)		12,25 %										
Sabbia g	(2-4,75)		8,70 %	gs	2,729	Mg/mc							
Sabbia m	(0,425-2)		13,79 %	CU	-	-							
Sabbia f	(0,075-0,425)		18,57 %	CC	-	-							
Limo+argilla	(< 0,075)		34,89 %										
Limo	(0,005-0,075)		24,75 %										
Argilla	(< 0,005)		10,14 %										





# ALTAIR S.R.L.

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")  
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi  
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011



<b>Certificato 598</b>	<b>del 02/02/2024</b>	<b>Accettazione 3583</b>	<b>del 26/01/2024</b>
------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

## PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854A)

<b>data inizio prova</b>	<b>26/01/2024</b>	<b>data fine prova</b>	<b>02/02/2024</b>
--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------

<b>COMMITTENTE:</b>	ATI - VALSECCHI NOTARI
<b>COMMESSA:</b>	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO
<b>LOCALITA':</b>	EDOLO (BS)
<b>SONDAGGIO :</b>	S-01
<b>CAMPIONE:</b>	CR2
<b>PROFONDITA' :</b>	2,60-2,75 m

### Dati Sperimentali

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso picnometro :	$M_f$	<i>Mg</i>	3,3699E-05	3,4835E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	$M_a$	<i>Mg</i>	8,3925E-05	8,4730E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	<i>Mg</i>	5,3703E-05	5,4837E-05
Peso terreno a secco :	$M_0$	<i>Mg</i>	2,0004E-05	2,0002E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	$M_b$	<i>Mg</i>	9,6602E-05	9,7419E-05
Temperatura interna al picnometro :	$T_b$	$^{\circ}C$	20,00	20,00

### Risultati

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso specifico terreno alla temperatura $T_b$ :	$G_{Tb}$	<i>Mg/mc</i>	2,730	2,735
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		<i>Mg/mc</i>	2,730	2,735
<b>Peso specifico medio :</b>		<b><i>Mg/mc</i></b>	<b>2,733</b>	

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO

Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281

E-mail: info@geotair.it P.E.C.: altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

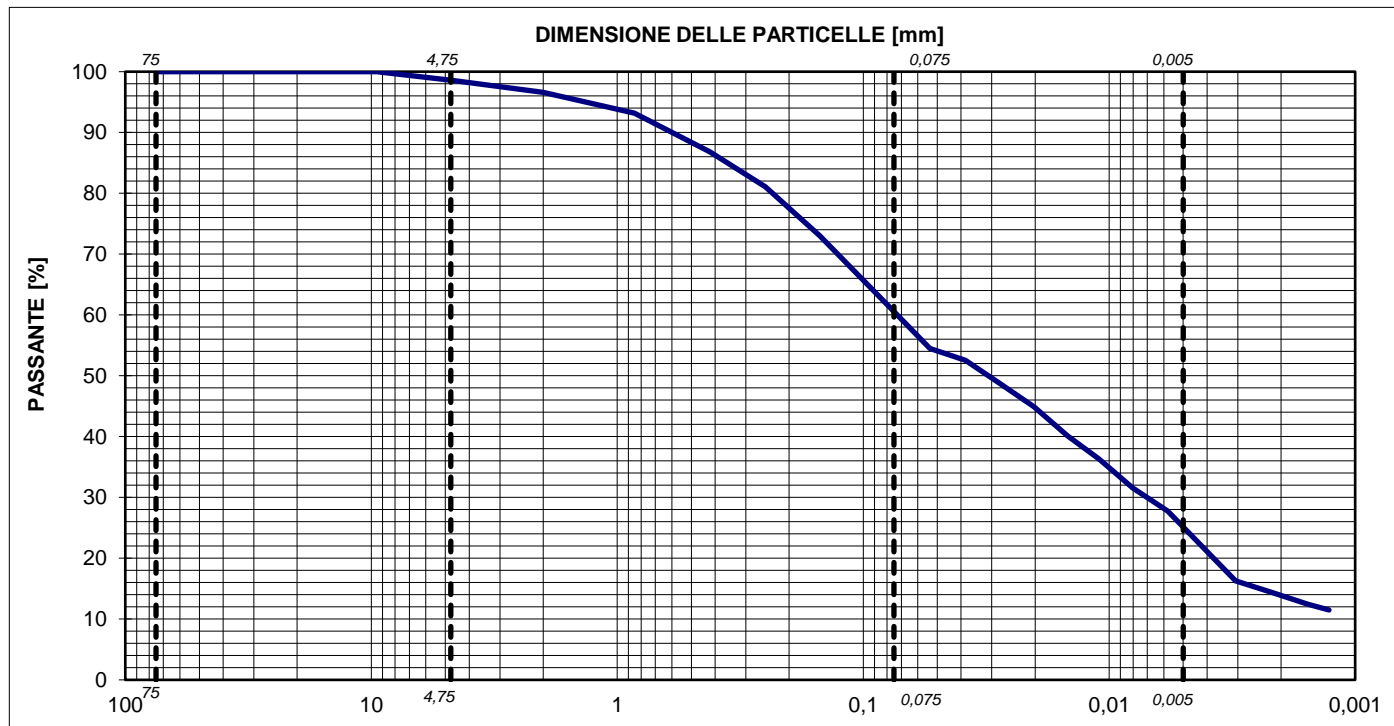
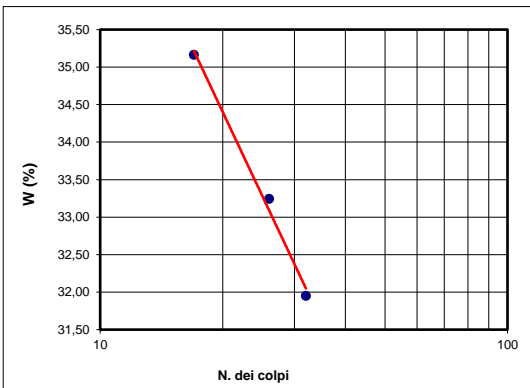


Certificato n. <b>604</b>	del <b>02/02/2024</b>	Accettazione n. <b>3583</b>	del <b>26/01/2024</b>
---------------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE</b> (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>
<b>LIMITI DI CONSISTENZA</b> (ASTM D4318)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>

COMMITTENTE:	ATI - VALSECCHI NOTARI		
COMMESSA:	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO		
LOCALITA':	EDOLO (BS)		
SONDAGGIO :	S-01	CAMPIONE: CR2	PROFONDITA' : 2,60-2,75 m

ANALISI PER SETACCIATURA					ANALISI PER SEDIMENTAZIONE					LIMITI DI CONSISTENZA				
Peso iniziale	331,37			g	Peso iniziale	50			g	Limite Liquido (WL)	33		%	
Diametro massimo	20			mm	Diametro massimo	0,075			mm	Limite Plastico (WP)	21		%	
Diametro minimo	5			mm						Indice di Plasticità (IP)	12		%	
Contenuto d'acqua	-			%						Indice di Consistenza (IC)	-		%	
	mm	Set. in. - No.	Percentuale passante	%	Diametro	u.m.	Percentuale							
Passante	75,0	3	100,00	%	0,0536	mm	54,48	%						
Passante	50,8	2	100,00	%	0,0384	mm	52,57	%						
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%	0,0279	mm	48,74	%						
Passante	25,4	1	100,00	%	0,0202	mm	44,92	%						
Passante	19,0	3/4	100,00	%	0,0147	mm	40,15	%						
Passante	9,5	3/8	100,00	%	0,0110	mm	36,33	%						
Passante	4,75	No. 4	98,58	%	0,0080	mm	31,55	%						
Passante	2,0	No. 10	96,59	%	0,0058	mm	27,73	%						
Passante	0,850	No. 20	93,16	%	0,0042	mm	22,00	%						
Passante	0,425	No. 40	86,80	%	0,0031	mm	16,27	%						
Passante	0,254	No. 60	81,05	%	0,0022	mm	14,36	%						
Passante	0,150	No. 100	73,03	%	0,0016	mm	12,45	%						
Passante	0,075	No. 200	60,57	%	0,0013	mm	11,49	%						
Ghiaia g	(19-75)		0,00	%	ASTM CLASSIFICATION CL o OL AASHTO M 145-82 -									
Ghiaia f	(4,75-19,0)		1,42	%										
Sabbia g	(2-4,75)		1,99	%	gs 2,733 Mg/mc									
Sabbia m	(0,425-2)		9,79	%										
Sabbia f	(0,075-0,425)		26,23	%	CU - - CC - -									
Limo+argilla	(< 0,075)		60,57	%										
Limo	(0,005-0,075)		35,68	%										
Argilla	(< 0,005)		24,89	%										





<b>Certificato 599</b>	<b>del 02/02/2024</b>	<b>Accettazione 3583</b>	<b>del 26/01/2024</b>
------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

## PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854A)

<b>data inizio prova</b>	<b>26/01/2024</b>	<b>data fine prova</b>	<b>02/02/2024</b>
--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------

<b>COMMITTENTE:</b>	ATI - VALSECCHI NOTARI
<b>COMMESSA:</b>	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO
<b>LOCALITA':</b>	EDOLO (BS)
<b>SONDAGGIO :</b>	S-01
<b>CAMPIONE:</b>	CR3
<b>PROFONDITA' :</b>	3,10-3,30 m

### Dati Sperimentali

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso picnometro :	$M_f$	<i>Mg</i>	4,0567E-05	4,1201E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	$M_a$	<i>Mg</i>	8,9948E-05	9,1158E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	<i>Mg</i>	6,0555E-05	6,1199E-05
Peso terreno a secco :	$M_0$	<i>Mg</i>	1,9988E-05	1,9998E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	$M_b$	<i>Mg</i>	1,0264E-04	1,0385E-04
Temperatura interna al picnometro :	$T_b$	°C	20,00	20,00

### Risultati

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso specifico terreno alla temperatura $T_b$ :	$G_{Tb}$	<i>Mg/mc</i>	2,738	2,737
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		<i>Mg/mc</i>	2,738	2,737
<b>Peso specifico medio :</b>		<b><i>Mg/mc</i></b>	<b>2,737</b>	

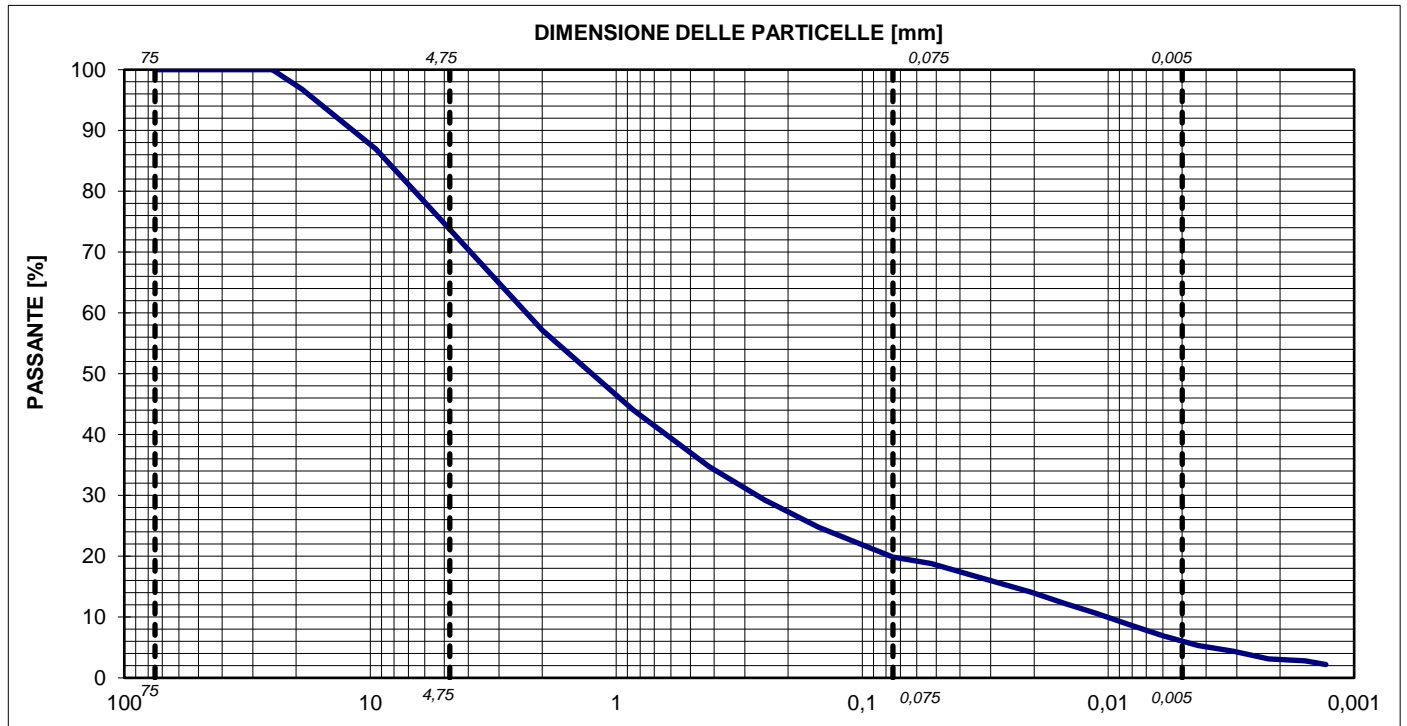
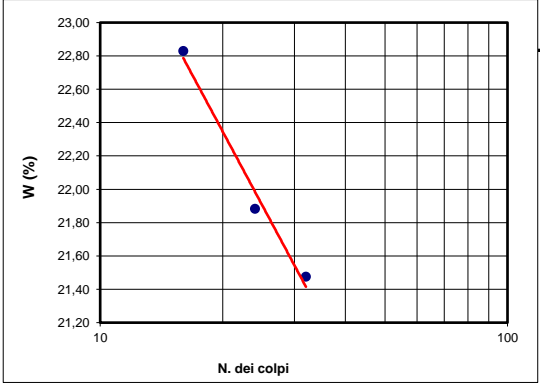


<b>Certificato n.</b>	<b>605</b>	<b>del</b>	<b>02/02/2024</b>	<b>Accettazione n.</b>	<b>3583</b>	<b>del</b>	<b>26/01/2024</b>
-----------------------	------------	------------	-------------------	------------------------	-------------	------------	-------------------

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)</b>	data inizio prova	<b>26/01/2024</b>	data fine prova	<b>02/02/2024</b>
<b>LIMITI DI CONSISTENZA (ASTM D4318)</b>	data inizio prova	<b>26/01/2024</b>	data fine prova	<b>02/02/2024</b>

COMMITTENTE:	ATI - VALSECCHI NOTARI				
COMMESSA:	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO				
LOCALITA':	EDOLO (BS)				
SONDAGGIO :	S-01	CAMPIONE:	CR3	PROFONDITA' :	3,10-3,30 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE				LIMITI DI CONSISTENZA					
Peso iniziale	645,73		g	Peso iniziale	50		g	Limite Liquido (WL)	21		%		
Diametro massimo	35		mm	Diametro massimo	0,075		mm	Limite Plastico (WP)	np		%		
Diametro minimo	20		mm					Indice di Plasticità (IP)	nd		%		
Contenuto d'acqua	-		%					Indice di Consistenza (IC)	-		%		
	mm	Set. in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale			Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
Passante	75,0	3	100,00 %	0,0524	mm	18,78 %		L.L.	22,26	51,26	45,87	22,83	16
Passante	50,8	2	100,00 %	0,0384	mm	17,22 %			23,05	48,56	43,98	21,88	24
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %	0,0281	mm	15,65 %			22,27	44,67	40,71	21,48	32
Passante	25,4	1	100,00 %	0,0205	mm	14,09 %							
Passante	19,0	3/4	96,79 %	0,0150	mm	12,21 %		L.P.	21,42			0,00	-
Passante	9,5	3/8	86,97 %	0,0112	mm	10,65 %			22,51			0,00	-
Passante	4,75	No. 4	73,75 %	0,0082	mm	8,77 %							
Passante	2,0	No. 10	57,17 %	0,0060	mm	6,89 %							
Passante	0,850	No. 20	44,01 %	0,0043	mm	5,33 %							
Passante	0,425	No. 40	34,76 %	0,0031	mm	4,39 %							
Passante	0,254	No. 60	29,29 %	0,0022	mm	3,14 %							
Passante	0,150	No. 100	24,77 %	0,0016	mm	2,83 %							
Passante	0,075	No. 200	19,86 %	0,0013	mm	2,20 %							
Ghiaia g	(19-75)		3,21 %	ASTM CLASSIFICATION SM AASHTO M 145-82 -									
Ghiaia f	(4,75-19,0)		23,04 %										
Sabbia g	(2-4,75)		16,58 %	gs	2,737	Mg/mc							
Sabbia m	(0,425-2)		22,41 %	CU	-	-							
Sabbia f	(0,075-0,425)		14,90 %	CC	-	-							
Limo+argilla	(< 0,075)		19,86 %										
Limo	(0,005-0,075)		13,88 %										
Argilla	(< 0,005)		5,97 %										







<b>Certificato 600</b>	<b>del 02/02/2024</b>	<b>Accettazione 3583</b>	<b>del 26/01/2024</b>
------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

## PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854A)

<b>data inizio prova</b>	<b>26/01/2024</b>	<b>data fine prova</b>	<b>02/02/2024</b>
--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------

<b>COMMITTENTE:</b>	ATI - VALSECCHI NOTARI
<b>COMMESSA:</b>	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO
<b>LOCALITA':</b>	EDOLO (BS)
<b>SONDAGGIO :</b>	S-01
<b>CAMPIONE:</b>	CR4
<b>PROFONDITA' :</b>	5,85-6,00 m

### Dati Sperimentali

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso picnometro :	$M_f$	<i>Mg</i>	3,9715E-05	3,5181E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	$M_a$	<i>Mg</i>	8,9989E-05	8,5324E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	<i>Mg</i>	5,9714E-05	5,5631E-05
Peso terreno a secco :	$M_0$	<i>Mg</i>	1,9999E-05	2,0450E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	$M_b$	<i>Mg</i>	1,0266E-04	9,8295E-05
Temperatura interna al picnometro :	$T_b$	$^{\circ}C$	20,00	20,00

### Risultati

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso specifico terreno alla temperatura $T_b$ :	$G_{Tb}$	<i>Mg/mc</i>	2,729	2,734
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		<i>Mg/mc</i>	2,729	2,734
<b>Peso specifico medio :</b>		<b><i>Mg/mc</i></b>	<b>2,732</b>	



Certificato n. <b>606</b>	del <b>02/02/2024</b>	Accettazione n. <b>3583</b>	del <b>26/01/2024</b>
---------------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE</b> (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>
<b>LIMITI DI CONSISTENZA</b> (ASTM D4318)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>

COMMITTENTE:	ATI - VALSECCHI NOTARI		
COMMESSA:	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO		
LOCALITA':	EDOLO (BS)		
SONDAGGIO :	S-01	CAMPIONE: CR4	PROFONDITA' : 5,85-6,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale		749,13	g
Diametro massimo		60	mm
Diametro minimo		40	mm
Contenuto d'acqua		-	%
	mm	Set. in. - No.	Percentuale passante
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	82,45 %
Passante	25,4	1	72,25 %
Passante	19,0	3/4	72,25 %
Passante	9,5	3/8	64,96 %
Passante	4,75	No. 4	54,84 %
Passante	2,0	No. 10	40,83 %
Passante	0,850	No. 20	29,97 %
Passante	0,425	No. 40	23,46 %
Passante	0,254	No. 60	19,82 %
Passante	0,150	No. 100	16,34 %
Passante	0,075	No. 200	12,37 %

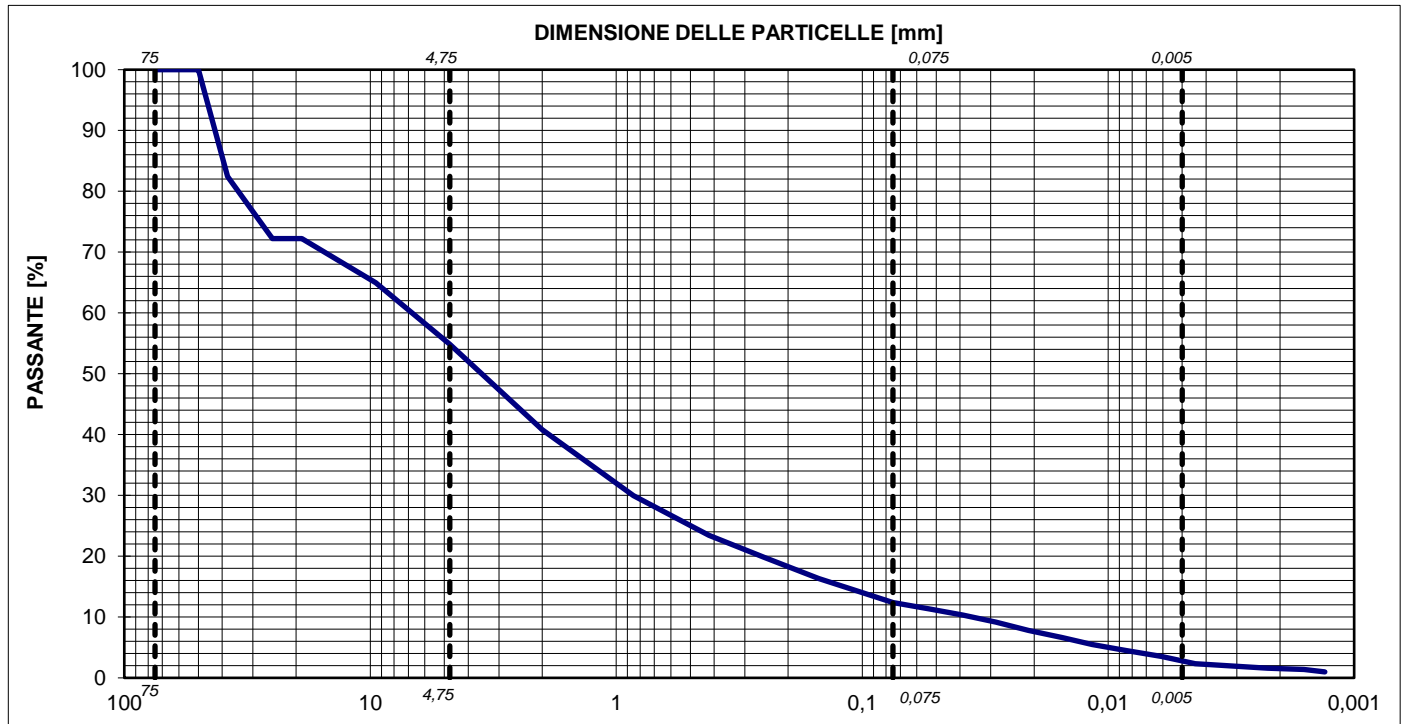
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale		50	g
Diametro massimo		0,075	mm
Diametro	u.m.	Percentuale	
0,0532	mm	11,32	%
0,0390	mm	10,35	%
0,0286	mm	9,18	%
0,0211	mm	7,81	%
0,0154	mm	6,64	%
0,0116	mm	5,47	%
0,0084	mm	4,49	%
0,0061	mm	3,52	%
0,0044	mm	2,35	%
0,0032	mm	1,96	%
0,0023	mm	1,57	%
0,0016	mm	1,37	%
0,0013	mm	0,98	%

LIMITI DI CONSISTENZA					
Limite Liquido (WL)			18	%	
Limite Plastico (WP)			np	%	
Indice di Plasticità (IP)			nd	%	
Indice di Consistenza (IC)			-	%	
	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	21,26	45,63	41,55	20,11	14
	22,23	47,84	43,79	18,78	23
	22,28	48,21	44,22	18,19	31
LP	21,42			0,00	-
	22,51			0,00	-

Ghiaia g	(19-75)		27,75	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)		17,41	%
Sabbia g	(2-4,75)		14,01	%
Sabbia m	(0,425-2)		17,37	%
Sabbia f	(0,075-0,425)		11,09	%
Limo+argilla	(< 0,075)		12,37	%
Limo	(0,005-0,075)		9,62	%
Argilla	(< 0,005)		2,75	%

ASTM CLASSIFICATION		
GM		
AASHTO M 145-82		
-		
gs	2,732	Mg/mc
CU	-	-
CC	-	-

N. dei colpi	W (%)
20	21.26
25	47.84
30	44.22





<b>Certificato 601</b>	<b>del 02/02/2024</b>	<b>Accettazione 3583</b>	<b>del 26/01/2024</b>
------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

## PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854A)

<b>data inizio prova</b>	<b>26/01/2024</b>	<b>data fine prova</b>	<b>02/02/2024</b>
--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------

<b>COMMITTENTE:</b>	ATI - VALSECCHI NOTARI
<b>COMMESSA:</b>	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO
<b>LOCALITA':</b>	EDOLO (BS)
<b>SONDAGGIO :</b>	S-01
<b>CAMPIONE:</b>	CR5
<b>PROFONDITA' :</b>	8,85-9,00 m

### Dati Sperimentali

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso picnometro :	$M_f$	<i>Mg</i>	3,9939E-05	3,5241E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	$M_a$	<i>Mg</i>	9,3444E-05	8,5237E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	<i>Mg</i>	5,9958E-05	5,5149E-05
Peso terreno a secco :	$M_0$	<i>Mg</i>	2,0019E-05	1,9908E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	$M_b$	<i>Mg</i>	1,0613E-04	9,7845E-05
Temperatura interna al picnometro :	$T_b$	°C	20,00	20,00

### Risultati

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso specifico terreno alla temperatura $T_b$ :	$G_{Tb}$	<i>Mg/mc</i>	2,730	2,727
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		<i>Mg/mc</i>	2,730	2,727
<b>Peso specifico medio :</b>		<b><i>Mg/mc</i></b>	<b>2,729</b>	

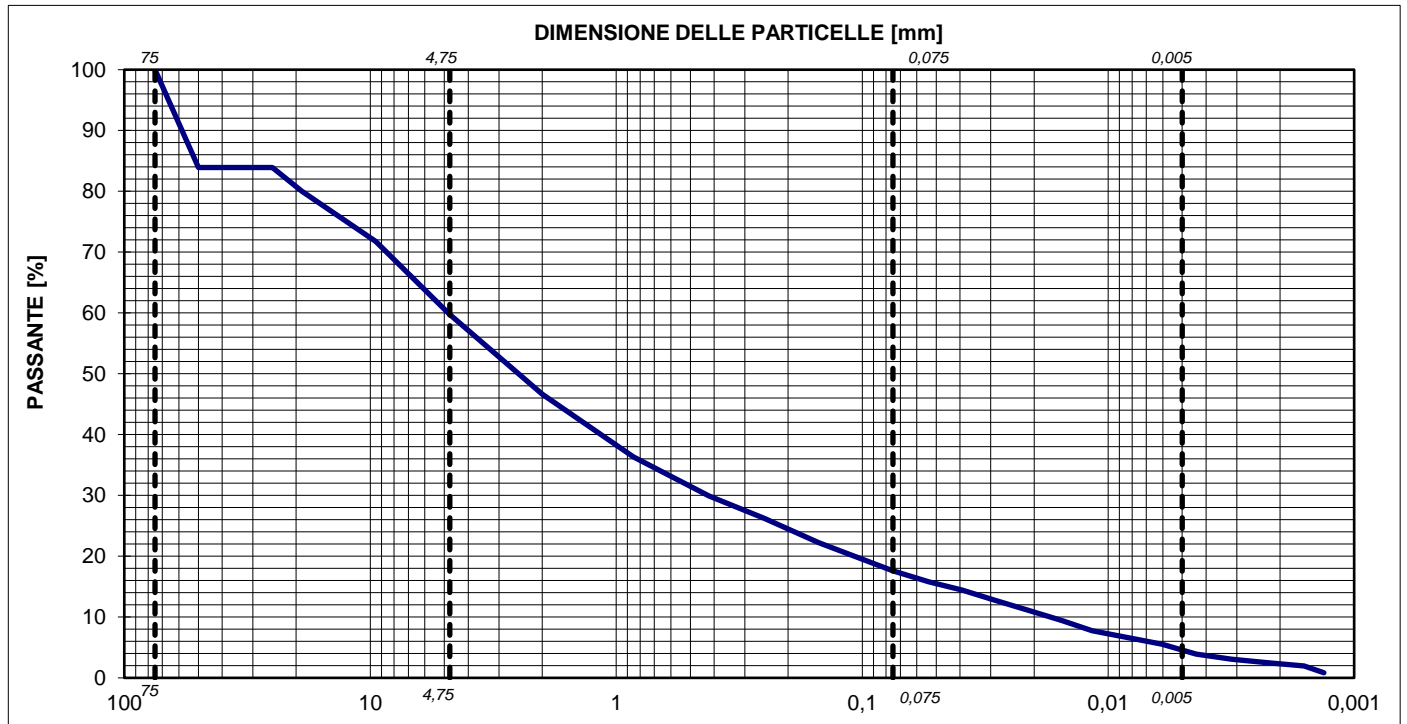
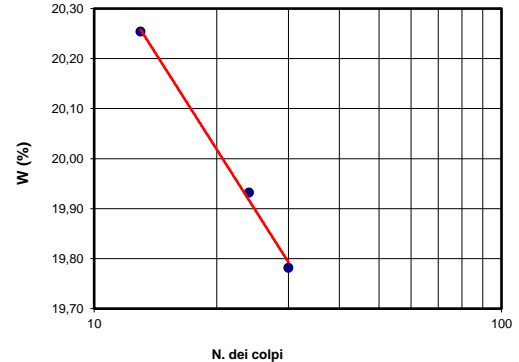


Certificato n. <b>607</b>	del <b>02/02/2024</b>	Accettazione n. <b>3583</b>	del <b>26/01/2024</b>
---------------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE</b> (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>
<b>LIMITI DI CONSISTENZA</b> (ASTM D4318)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>

COMMITTENTE:	ATI - VALSECCHI NOTARI		
COMMESSA:	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO		
LOCALITA':	EDOLO (BS)		
SONDAGGIO :	S-01	CAMPIONE: CR5	PROFONDITA' : 8,85-9,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE				LIMITI DI CONSISTENZA					
Peso iniziale	931,66		g	Peso iniziale	50		g	Limite Liquido (WL)	19		%		
Diametro massimo	65		mm	Diametro massimo	0,075		mm	Limite Plastico (WP)	np		%		
Diametro minimo	30		mm					Indice di Plasticità (IP)	nd		%		
Contenuto d'acqua	-		%					Indice di Consistenza (IC)	-		%		
	mm	Set. in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale							
Passante	75,0	3	100,00 %	0,0537	mm	15,82 %		L.L.	22,27	47,86	43,55	20,25	13
Passante	50,8	2	83,89 %	0,0393	mm	14,44 %			22,35	50,39	45,73	19,93	24
Passante	38,1	1 1/2	83,89 %	0,0288	mm	12,77 %			23,04	42,78	39,52	19,78	30
Passante	25,4	1	83,89 %	0,0211	mm	11,11 %							
Passante	19,0	3/4	80,01 %	0,0154	mm	9,44 %		L.P.	21,42			0,00	-
Passante	9,5	3/8	71,77 %	0,0116	mm	7,78 %			22,51			0,00	-
Passante	4,75	No. 4	59,78 %	0,0084	mm	6,67 %							
Passante	2,0	No. 10	46,64 %	0,0060	mm	5,56 %							
Passante	0,850	No. 20	36,32 %	0,0044	mm	3,89 %							
Passante	0,425	No. 40	29,92 %	0,0031	mm	3,06 %							
Passante	0,254	No. 60	26,25 %	0,0022	mm	2,51 %							
Passante	0,150	No. 100	22,23 %	0,0016	mm	1,95 %							
Passante	0,075	No. 200	17,58 %	0,0013	mm	0,84 %							
Ghiaia g	(19-75)		19,99 %	ASTM CLASSIFICATION SM AASHTO M 145-82 -									
Ghiaia f	(4,75-19,0)		20,23 %										
Sabbia g	(2-4,75)		13,13 %	gs	2,729	Mg/mc							
Sabbia m	(0,425-2)		16,73 %	CU	-	-							
Sabbia f	(0,075-0,425)		12,34 %	CC	-	-							
Limo+argilla	(< 0,075)		17,58 %										
Limo	(0,005-0,075)		13,07 %										
Argilla	(< 0,005)		4,51 %										







<b>Certificato 602</b>	<b>del 02/02/2024</b>	<b>Accettazione 3583</b>	<b>del 26/01/2024</b>
------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

## PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854A)

<b>data inizio prova</b>	<b>26/01/2024</b>	<b>data fine prova</b>	<b>02/02/2024</b>
--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------

<b>COMMITTENTE:</b>	ATI - VALSECCHI NOTARI
<b>COMMESSA:</b>	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO
<b>LOCALITA':</b>	EDOLO (BS)
<b>SONDAGGIO :</b>	S-01
<b>CAMPIONE:</b>	CR6
<b>PROFONDITA' :</b>	12,00-12,50 m

### Dati Sperimentali

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso picnometro :	$M_f$	<i>Mg</i>	3,4902E-05	3,4623E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	$M_a$	<i>Mg</i>	8,5496E-05	8,5218E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	<i>Mg</i>	5,4890E-05	5,4623E-05
Peso terreno a secco :	$M_0$	<i>Mg</i>	1,9988E-05	2,0000E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	$M_b$	<i>Mg</i>	9,8156E-05	9,7897E-05
Temperatura interna al picnometro :	$T_b$	$^{\circ}C$	20,00	20,00

### Risultati

		<i>Um</i>	<i>Det. 1</i>	<i>Det. 2</i>
Peso specifico terreno alla temperatura $T_b$ :	$G_{Tb}$	<i>Mg/mc</i>	2,728	2,732
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		<i>Mg/mc</i>	2,728	2,732
<b>Peso specifico medio :</b>		<b><i>Mg/mc</i></b>	<b>2,730</b>	



Certificato n. <b>608</b>	del <b>02/02/2024</b>	Accettazione n. <b>3583</b>	del <b>26/01/2024</b>
---------------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE</b> (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>
<b>LIMITI DI CONSISTENZA</b> (ASTM D4318)	data inizio prova <b>26/01/2024</b>	data fine prova <b>02/02/2024</b>

COMMITTENTE:	ATI - VALSECCHI NOTARI		
COMMESSA:	PROGETTO ESECUTIVO DI OPERE FERROVIARIE PRESSO LA STAZIONE DI EDOLO		
LOCALITA':	EDOLO (BS)		
SONDAGGIO :	S-01	CAMPIONE: CR6	PROFONDITA' : 12,00-12,15 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE				LIMITI DI CONSISTENZA					
Peso iniziale	949,63		g	Peso iniziale	50		g	Limite Liquido (WL)	21		%		
Diametro massimo	60		mm	Diametro massimo	0,075		mm	Limite Plastico (WP)	np		%		
Diametro minimo	20		mm					Indice di Plasticità (IP)	nd		%		
Contenuto d'acqua	-		%					Indice di Consistenza (IC)	-		%		
	mm	Set. in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.		Percentuale						
Passante	75,0	3	100,00 %	0,0525	mm		17,06 %						
Passante	50,8	2	100,00 %	0,0385	mm		15,64 %						
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %	0,0281	mm		14,22 %						
Passante	25,4	1	95,75 %	0,0205	mm		12,80 %						
Passante	19,0	3/4	91,84 %	0,0150	mm		11,09 %						
Passante	9,5	3/8	81,07 %	0,0114	mm		9,10 %						
Passante	4,75	No. 4	67,54 %	0,0082	mm		7,97 %						
Passante	2,0	No. 10	51,64 %	0,0060	mm		6,55 %						
Passante	0,850	No. 20	39,05 %	0,0043	mm		4,84 %						
Passante	0,425	No. 40	30,82 %	0,0031	mm		3,14 %						
Passante	0,254	No. 60	26,48 %	0,0022	mm		2,57 %						
Passante	0,150	No. 100	22,53 %	0,0016	mm		2,00 %						
Passante	0,075	No. 200	18,01 %	0,0013	mm		1,43 %						
Ghiaia g	(19-75)		8,16 %	ASTM CLASSIFICATION SM AASHTO M 145-82 -									
Ghiaia f	(4,75-19,0)		24,30 %										
Sabbia g	(2-4,75)		15,91 %	gs									
Sabbia m	(0,425-2)		20,82 %										
Sabbia f	(0,075-0,425)		12,81 %	CU									
Limo+argilla	(< 0,075)		18,01 %										
Limo	(0,005-0,075)		12,47 %	CC									
Argilla	(< 0,005)		5,54 %										

