

# REALIZZAZIONE DI OPERE DI LAMINAZIONE NELL'ALTO SEVESO

CUP: B83H19000350002 – CIG: 8150878D4C

(CO-E-158)

## PROGETTO DEFINITIVO

MARZO 2022

ELABORATO:

### RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI ZONA CENTRO

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	PRIMA EMISSIONE	MARZO 2022	S. Frati	G. B. Peduzzi
01				

RUP

*Dott. Ing. MARCO LA VEGLIA*

ATI:

MANDATARIA



20133 MILANO – via Bassini, 23 – tel. 0226681264  
fax 0226681553 – E-Mail: etatec@etatec.it

*Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI*  
*Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI*  
*Dott. Ing. STEFANO CROCI*  
*Dott. Ing. FILIPPO MALINGENGO*  
*Dott. Ing. VINCENZO CICCARELLI*

MANDANTI

**STUDIO PAOLETTI**  
INGEGNERI ASSOCIATI

20133 MILANO – via Bassini, 23 – tel. 0226681264  
fax 0226681553 – E-Mail: studiopaoletti@etatec.it

*Dott. Ing. CRISTINA GIUSEPPINA PASSONI*

**Studio Frati**  
geologia applicata

22079 VILLA GUARDIA (CO) – via Monte Grappa, 43a  
Tel 3388587308 – E-Mail: frati@geologi.it

*Dott. Geol. STEFANO FRATI*

**FABRIZIO MONZA**  
ARCHITETTO

20014 NERVIANO (MI) – via Ticino, 27  
Tel. 0331415944 – E-Mail: studio@archimonza.it

*Arch. FABRIZIO MONZA*

  
DOTT. SSA  
**ILARIA FRONTORI**  
ARCHEOLOGA

20093 COLOGNO MONZESE (MI) – via Santa Margherita, 14  
Tel. 3383775512 – E-Mail: ilaria.frontori@gmail.com

*Dott. ILARIA FRONTORI*

TIPOLOGIA

PD

COMMESSA

250–46

DOCUMENTO

ATTI

NUMERO

A.4.3.2

## INDICE

1 - PREMESSA .....	2
2 - TIPOLOGIA INDAGINI REALIZZATE .....	3
2.1 SAGGI ESPLORATIVI E RILIEVO STRATIGRAFICO .....	3
2.2 ANALISI DI LABORATORIO TERRE .....	4
2.3 ANALISI CHIMICHE .....	5
2.4 PROVE DI PERMEABILITÀ .....	5
2.5 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO .....	6
2.6 PROVE PENETROMETRICHE .....	8
2.6.1 - Prove penetrometriche dinamiche standard (DPSH) .....	8
2.6.2 - Prove penetrometriche statiche (CPT) .....	8
2.7 INDAGINI GEOFISICHE .....	9
2.7.1 - Indagini sismiche tipo MASW .....	9
2.7.2 - Sondaggi sismici verticali - Indagini HVSR .....	10
3 - RIASSUNTO DELLE INDAGINI CONDOTTE .....	11

## ALLEGATI:

- ubicazione indagini
- report indagini

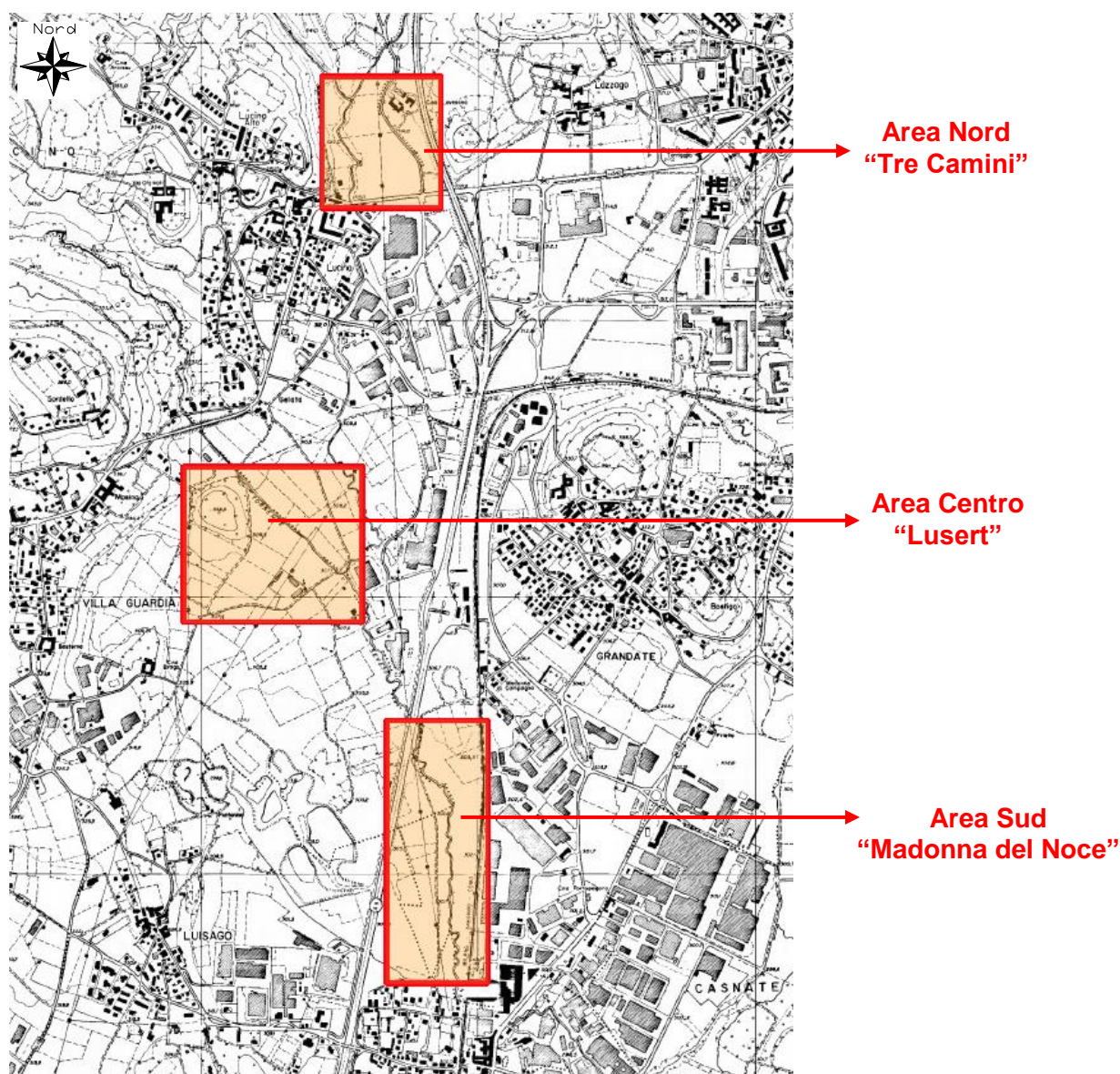
## **1 - PREMESSA**

La presente relazione descrive la campagna d'indagini geognostiche eseguite a supporto della progettazione delle nuove vasche di laminazione nell'alto Seveso.

La campagna si è svolta in due fasi:

- prima fase → marzo 2021
- seconda fase → ottobre 2021

Le aree interessate sono localizzate in tre settori territoriali della provincia di Como.



*Ubicazione aree indagate su CTR – fuori scala*

- Area Nord / “Tre Camini” → si sviluppa nel territorio comunale di Montano Lucino
- Area Centro / “Lusert” → si sviluppa nel territorio comunale di Villa Guardia
- Area Sud / “Madonna del Noce” → si sviluppa nei territori comunali di Villa Guardia, Luisago e Grandate



## **2 - TIPOLOGIA DELLE INDAGINI REALIZZATE**

Si elencano e si descrivono di seguito le tipologie di indagini condotte secondo quanto previsto dagli incarichi affidati.

### **2.1 SAGGI ESPLORATIVI E RILIEVO STRATIGRAFICO**

Tali indagini sono state realizzate con l'ausilio di escavatore meccanico.

Sono state condotte due tipologie differenti di saggi:

- scavo → con dimensioni indicative in pianta di 1,5 m x 2 m e altezza variabile;
- trincea → con dimensioni indicative in pianta di 1,5 m x 6 m e altezza variabile.



*apertura scavo / trincea*



*trincea*





scavo

Tutti i saggi esplorativi sono stati condotti con presenza di personale qualificato e abilitato (Geologo e Archeologo).

Gli scavi / trincee sono stati fotografati e descritti; al termine gli scavi sono stati richiusi mantenendo la stratigrafia originaria del terreno.

Contestualmente alla realizzazione dei saggi, in alcuni di essi, è avvenuto il prelievo dei previsti campioni di terreno da sottoporre alle analisi di laboratorio (chimiche e geotecniche).

## **2.2 ANALISI DI LABORATORIO TERRE**

I campioni di terreno prelevati durante l'esecuzione di alcuni saggi esplorativi sono stati conferiti ad un laboratorio geotecnico e sottoposti alle seguenti prove:

- *descrizione dei campioni;*
- *analisi granulometrica (per setacciatura e ove opportuno anche per sedimentazione);*
- *limiti di Atterberg (limite liquido e limite plastico);*
- *classificazione delle terre (descrizione, classificazione delle terre UNI – CNR 10006, classificazione delle terre USC System).*

### 2.3 ANALISI CHIMICHE

Per poter caratterizzare chimicamente i terreni subaffioranti sono stati prelevati alcuni campioni (campioni medi miscelati) alle profondità ritenute significative.

I campioni di terreno, inseriti in appositi contenitori in vetro, sono stati etichettati e trasportati presso il laboratorio chimico certificato.

Al termine di ciascun campionamento si provvedeva alla pulizia accurata di tutti gli strumenti utilizzati (setacci, secchi e palette).

I terreni sono stati sottoposti a due differenti set analitici (in relazione alla posizione del punto di indagine).

#### Set analitico A

- ✓ Metalli: Arsenico, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Nichel, Mercurio, Piombo, Rame, Zinco
- ✓ Idrocarburi pesanti: C>12
- ✓ Amianto

#### Set analitico B

- ✓ Metalli: Arsenico, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Nichel, Mercurio, Piombo, Rame, Zinco
- ✓ Idrocarburi pesanti: C>12
- ✓ Idrocarburi leggeri: C<12
- ✓ Amianto
- ✓ IPA
- ✓ Composti organici aromatici (BTEX)

### 2.4 PROVE DI PERMEABILITÀ

Sono state condotte due differenti tipologie di indagine per la definizione della permeabilità dei terreni subaffioranti:

- ✓ prove in pozzetto superficiale;
- ✓ prove con permeametro tipo Guelph.

Le prove di permeabilità in pozzetto superficiale sono state realizzate tutte e carico variabile facendo riferimento agli schemi contenuti nelle raccomandazioni A.G.I (*raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche 1977*).

Il permeametro di Guelph è un dispositivo a carico costante che funziona con lo stesso principio della bottiglia di Mariotte.



*prova in pozzetto superficiale*



*permeametro di Guelph*

## **2.5 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO**

Tutti i sondaggi sono eseguiti tramite sonda a rotazione con perforazione a carotaggio continuo.

Per quanto riguarda la modalità di avanzamento è stato utilizzato il sistema a carotiere semplice con diametro di 131 mm e lunghezza 1,5 m.

A seguito di ogni manovra si è proceduto all'approfondimento del tubo di rivestimento avente diametro di 152 mm per impedire il collasso del foro.

I campioni estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici e sono quindi state redatte le stratigrafie tecniche delle carote estratte.



*Esecuzione sondaggio a carotaggio continuo*



*Cassetta catalogatrice*



### PIEZOMETRI

Al fine di definire il livello della falda freatica superficiale che caratterizza l'area si è proceduto all'installazione di piezometri in pvc nei fori di sondaggio.



*Posa piezometro in foro di sondaggio*



*Tubo piezometrico*

### PROVE SPT IN FORO DI SONDAGGIO

Le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) praticate nei fori dei sondaggi permettono di determinare le variazioni della resistenza alla penetrazione lungo la verticale di indagine. Si tratta di una prova puntuale e, quindi, si ottengono solo diagrammi discontinui in cui si ha la resistenza alla penetrazione in funzione della profondità.

Le prove sono state eseguite durante la perforazione utilizzando *una punta chiusa* collegata alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63,5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0,76 m.



*Punta chiusa utilizzata*



*Esecuzione prova SPT*

La prova comporta un'infissione preliminare di 15 cm contando ed annotando il numero di colpi del maglio ( $N_1$ ), fino ad un massimo di 50 colpi; successivamente si procede all'infissione del tratto di 30 cm contando ed annotando il numero di colpi relativi ai primi 15 cm ( $N_2$ ) in ed ai secondi 15 cm ( $N_3$ ) fino ad un massimo di 100 colpi per un avanzamento minore o uguale a 30

cm. I valori riferiti ai primi 15 cm generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione.

$$N = N_2 + N_3$$

## **2.6 PROVE PENETROMETRICHE**

Sono state realizzate sia prove penetrometriche statiche (tipo DPSH) e che prove penetrometriche statiche (tipo CPT).

È stato utilizzato un penetrometro dinamico Pagani modello TG 63/200 installato su di un cingolato semovente; questo tipo di penetrometro permette di eseguire entrambe le tipologie di prova.

### **2.6.1 - Prove penetrometriche dinamiche standard (DPSH)**

La prova penetrometrica dinamica (tipo DPSH) consiste nell'infiiggere verticalmente nel terreno dal piano campagna una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta prolungabile mediante l'aggiunta di successivi spezzoni. L'infissione avviene per battitura facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. Durante l'esecuzione della prova viene contato il numero di colpi ( $N_{30}$ ) necessario all'avanzamento dell'asta per tratti successivi di 30 cm. Questo tipo d'indagine ha il pregio di fornire informazioni continue sulla resistenza alla penetrazione dinamica, ma presenta il grosso difetto di non dare indicazioni specifiche circa la natura litologica del terreno investigato.

Le caratteristiche del penetrometro sono le seguenti:

- *peso del maglio: 73 kg*
- *altezza di caduta: 75 cm*
- *angolo al vertice punta conica: 60°*
- *diametro punta conica: 50,5 mm*
- *diametro aste: 34 mm*
- *avanzamento aste: 30 cm*

### **2.6.2 - Prove penetrometriche statiche (CPT)**

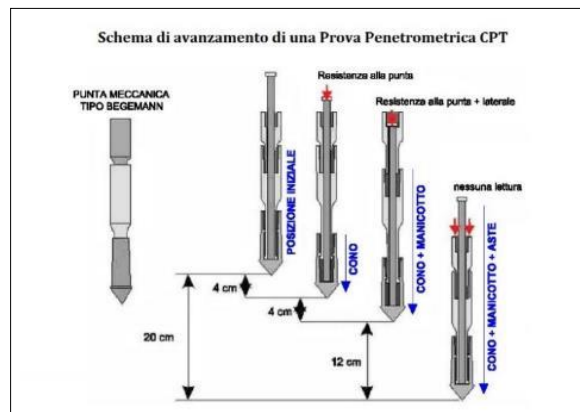
La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica, di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno, tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna.

La punta meccanica utilizzata, di tipo Begemann, possiede un angolo di apertura pari a 60°, un diametro di 35,7 mm e una superficie di 10 cm<sup>2</sup> e viene infissa nel terreno mediante un sistema idraulico di spinta da 20 ton ed una batteria di aste, ad una velocità costante di 2 cm/s  $\pm$  0,5 cm/s. Al di sopra della punta, si ha un manicotto scorrevole, con un diametro pari a 35,7 mm, una lunghezza di 133 mm ed una superficie di 150 cm<sup>2</sup>, sul quale viene misurata la resistenza di attrito laterale ( $f_s$ ). Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un

comando idraulico.

L'esecuzione della prova consiste nel far avanzare a intervalli regolari di 20 cm l'intera batteria di aste; si legge per i primi 2 cm di avanzamento la resistenza alla punta e poi, per i successivi altri 4 cm, quella alla punta più quella laterale; negli ultimi 12 cm si ritorna nella posizione iniziale.

I valori di seguito calcolati qc, resistenza alla punta conica ( $\text{Kg/cm}^2$ ), e fs, resistenza all'attrito laterale (manicotto) ( $\text{Kg/cm}^2$ ), sono legati da correlazioni empiriche ad alcuni parametri geotecnici del terreno e possono inoltre fornire indicazioni sulla degli strati attraversati.



## 2.7 INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di procedere ad una caratterizzazione sismica dei terreni in esame sono state realizzate due tipologie di indagini: indagine sismica tipo MASW e indagine HVSr.

Si sintetizzano di seguito i caratteri essenziali mentre si rimanda all'allegato a fine testo per maggiori dettagli.

### 2.7.1 - Indagini sismiche tipo MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si propone come obiettivo l'individuazione dei profili di variazione con la profondità delle velocità delle onde di volume ( $V_p$  e  $V_s$ ). Il metodo è basato sui legami noti tra queste velocità e la dispersione delle onde di superficie che si osserva nella propagazione della perturbazione attraverso un mezzo elastico stratificato. L'analisi, nel caso di MASW attiva, è basata su segnali prodotti con una energizzazione in loco da parte dell'esecutore della acquisizione (es. con una massa battente). Si realizza disponendo una catena geofonica a bassa frequenza di risonanza in linea o in "array" bidimensionale (geometrie circolari e irregolari) e misurando il rumore generato dalla sorgente.

Durante le indagini in oggetto sono state registrate sia la componente verticale delle onde di Rayleigh sia le onde di Love.

Dall'analisi F-K (frequenza-spazio) dei treni d'onda è possibile ricavare una curva di dispersione delle onde superficiali che conduce al calcolo del profilo di velocità delle onde di taglio e stimare lo spessore di una copertura rispetto al semispazio.

Gli allineamenti sismici hanno previsto per l'acquisizione delle onde di Rayleigh una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (2-



4-6-8-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione. Per l'acquisizione delle onde di gli allineamenti sismici hanno previsto invece una distanza intergeofonica pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni con offset di 3 m dall'ultimo geofono.



*Stendimento sismico M.A.S.W.*



*Energizzazione con massa battente*



*Attrezzatura per l'acquisizione del segnale sismico*

### **2.7.2 - Sondaggi sismici verticali - Indagini HVSR**

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale e in parte alla teoria dei microtremori che rappresentano il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre ed è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è appositamente generato. Una tecnica, che prevede l'acquisizione del rumore sismico ambientale, è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica. La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo nel sito di misura.

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

Le registrazioni sono state effettuate con due differenti attrezzature.

#### **Tromometro CGE**

- Tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtremore lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.  
→ sistema di ricezione

- Sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (Geode Geometrics Mod. 3-1000); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

→ sistema di acquisizione e memorizzazione

Il segnale acquisito è stato quindi rielaborato mediante software *winMASW* versione *Acd 7.1*

### Tromino

- L'indagine ha previsto l'acquisizione del rumore sismico nelle sue tre componenti attraverso un tromografo digitale ad alta sensibilità (TROMINO®). Lo strumento è dotato di tre velocimetri che misurano le componenti N-S, E-W, e verticale del tremore che vengono amplificate, digitalizzate e memorizzate nella memoria dello strumento.

Il segnale acquisito è stato quindi rielaborato mediante software dedicato (Grilla®).



*Tromometro CGE*



*Tromino*

## **3 - RIASSUNTO DELLE INDAGINI CONDOTTE**

Sono state realizzate le indagini seguenti in due fasi di intervento:

- n. 37 saggi esplorativi: scavi e trincee
- n. 5 sondaggi geognostici
- n. 13 prove penetrometriche
- n. 3 prospezioni sismiche MASW
- n. 5 misure di sismica passiva HVSR
- n. 22 campionamenti di terreno sottoposti ad analisi presso laboratorio terre
- n. 26 campionamenti di terreno sottoposti ad analisi presso laboratorio chimico
- n. 15 prove di permeabilità.

### Prima fase

Ogni punto di indagine è identificato con un codice composto da una prima lettera che identifica il sito di indagine (ovvero N = Area Nord / "Tre Camini" - C = Area Centro / "Lusert" - S = Area Sud / "Madonna del Noce") seguiti da una seconda lettera e da un numero

*NA1 → N = Area Nord      A1 = nome indagine*

### Seconda fase

È stata adottata una numerazione progressiva. Il codice assegnato prevede una prima parte che identifica la tipologia di indagine (ovvero Pz = sondaggio a carotaggio continuo con posa tubo piezometrico - P = prova penetrometrica statico o dinamica - SC = trincea mediante escavatore) seguito da un numero.

Tutti i campioni prelevati (sia quelli per le analisi chimiche che per il laboratorio terre di entrambe le fasi) sono stati identificati con lo stesso codice assegnato al punto di indagine associato alla profondità di prelievo.

Le indagini sono state così suddivise nelle tre aree in esame.

- Area Nord / "Tre Camini"
  - 12 saggi esplorativi (8 scavi + 4 trincee)
  - 7 campioni per laboratorio terre
  - 8 campioni per analisi chimiche
  - 5 prove permeabilità
  - 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
  - 2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
  - 2 prove penetrometriche statiche (CPT)
  - 1 prospezione sismica MASW
  - 2 misure di sismica passiva HVSr
  
- Area Centro / "Lusert"
  - 7 saggi esplorativi (4 scavi + 3 trincee)
  - 6 campioni per laboratorio terre
  - 4 campioni per analisi chimiche
  - 4 prove permeabilità
  - 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
  - 1 prospezione sismica MASW
  - 1 misura di sismica passiva HVSr
  
- Area Sud / "Madonna del Noce"
  - 18 saggi esplorativi (10 scavi + 8 trincee)
  - 9 campioni per laboratorio terre
  - 14 campioni per analisi chimiche
  - 6 prove permeabilità
  - 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
  - 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
  - 3 prove penetrometriche statiche (CPT)
  - 1 prospezione sismica MASW
  - 2 misure di sismica passiva HVSr



In allegato al presente documento sono riportate sia l'ubicazione dei punti di indagine, sia i report delle indagini stesse.

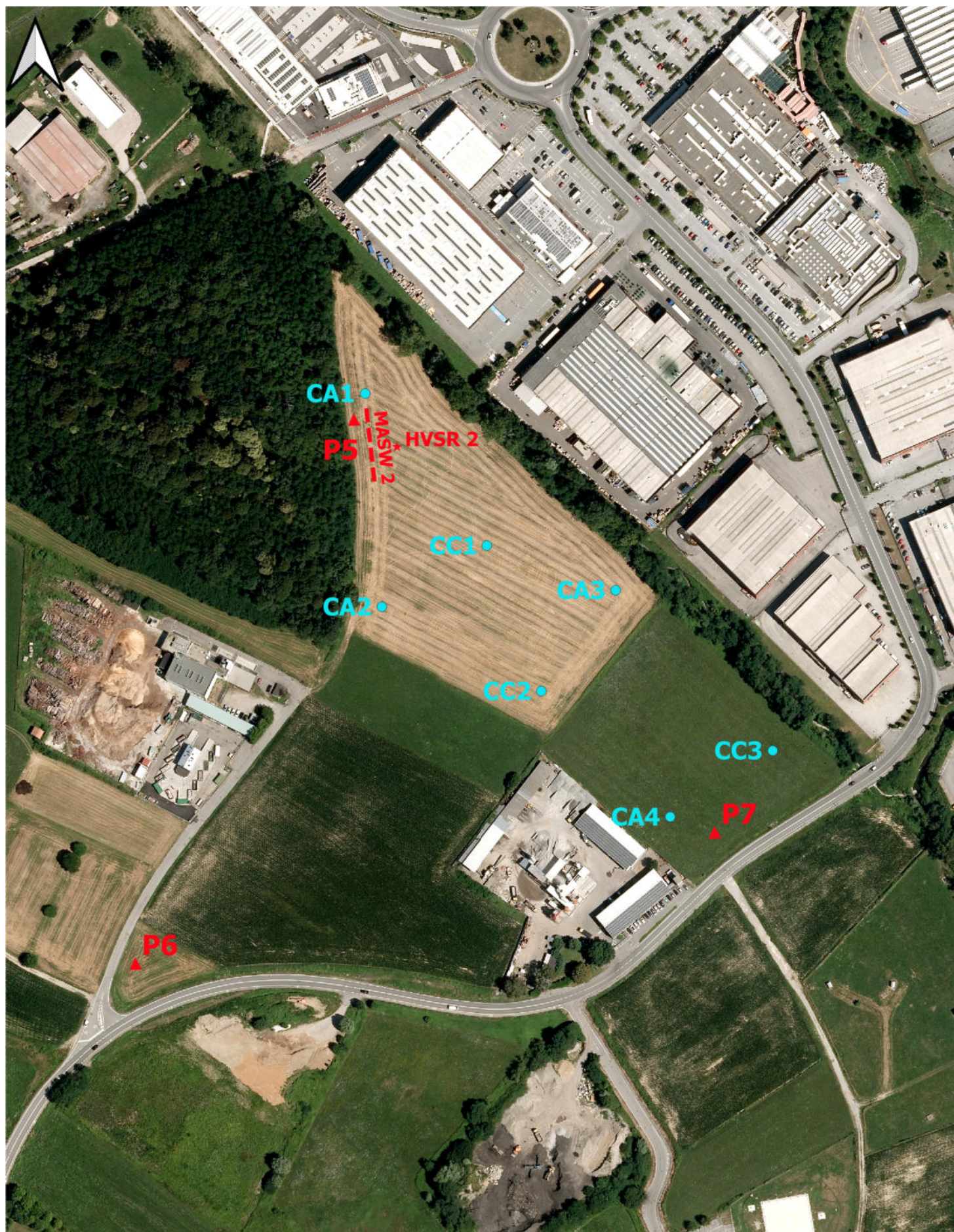
Villa Guardia, 8 novembre 2021

Dott. Geol. Frati Stefano



**ALLEGATI**  
**ZONA CENTRO**





● indagini prima fase

★  
--- indagini seconda fase  
▲

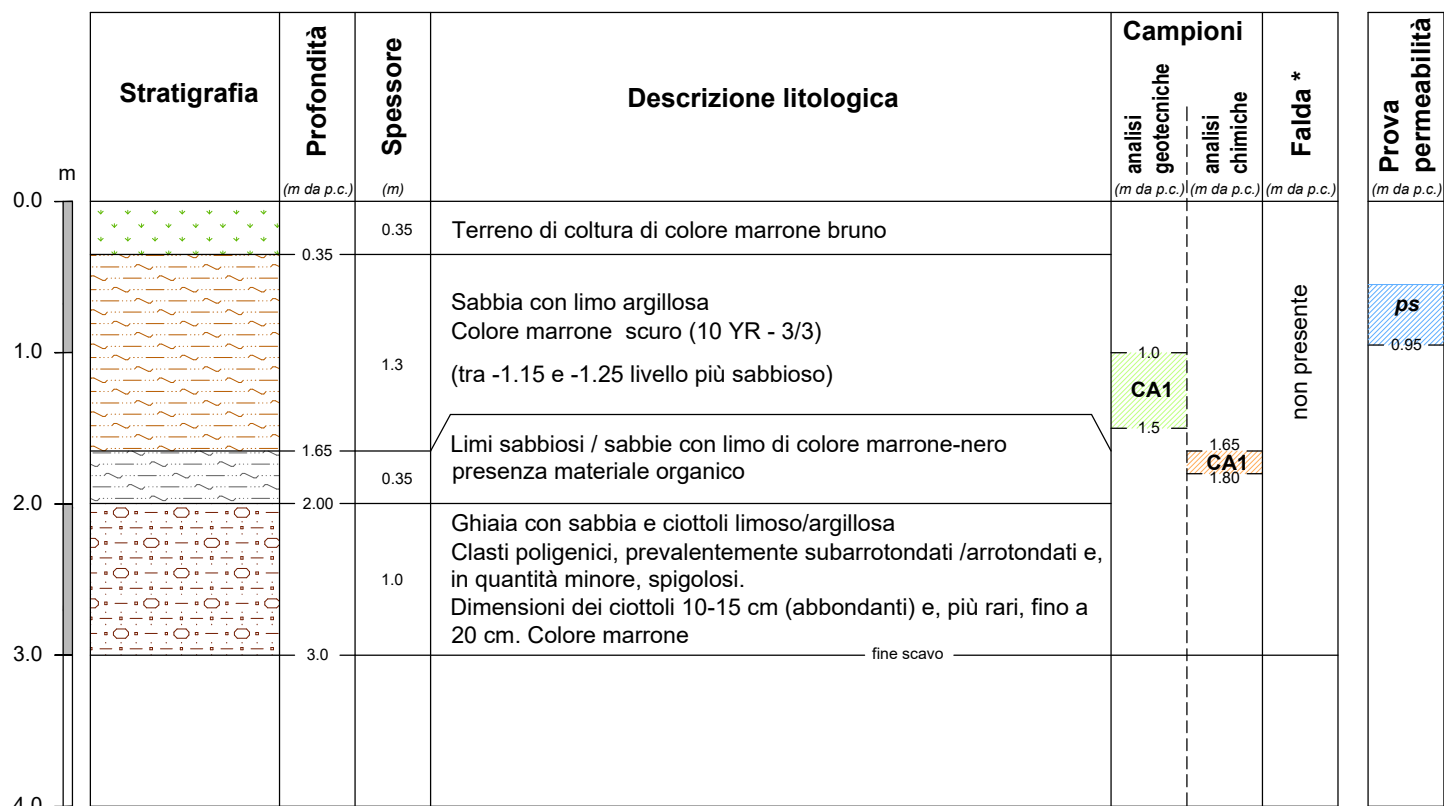
**Ubicazione indagini area Centro**

scala 1:3.000



# CA1

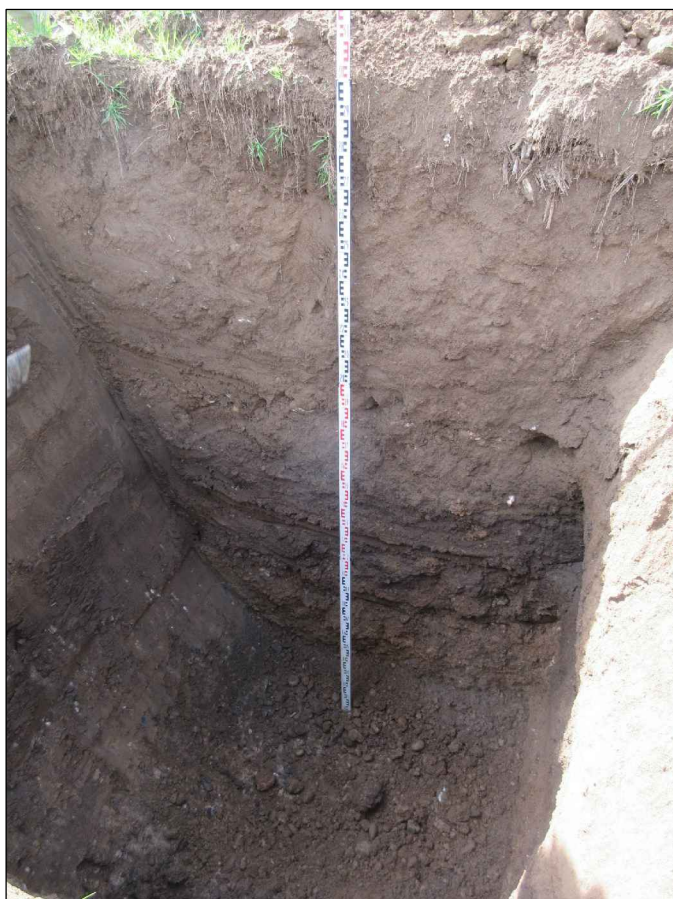
Committente	AIPo
Località	Villa Guardia - vasca Centro
Data esecuzione	marzo 2021
Indagine	scavo eseguito con escavatore
Quota inizio	piano campagna



(\*) → livello falda osservato nello scavo il giorno della sua esecuzione

ps = prova permeabilità in pozzetto superficiale  
pG = prova permeabilità con permeametro di Guelph

classificazione AASHTO - UNI CNR 10006  
campione CA1 (1.0-1.5 m) → gruppo A6



# CA2

Committente	AIPo
Località	Villa Guardia - vasca Centro
Data esecuzione	marzo 2021
Indagine	scavo eseguito con escavatore
Quota inizio	piano campagna

m	Stratigrafia	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	Descrizione litologica	Campioni			Prova permeabilità (m da p.c.)
					analisi geotecniche (m da p.c.)	analisi chimiche (m da p.c.)	Falda * (m da p.c.)	
0.0			0.3	Terreno di coltura di colore marrone bruno				
1.0			1.05	Sabbia con limo argillosa Colore marrone scuro		0.5 CA2 1.0	non presente	ps 0.8
2.0		1.35	1.65	Ghiaia con sabbia e ciottoli limo/argillosa I clasti sono poligenici, prevalentemente subarrotondati /arrotondati e, in quantità minore, spigolosi Dimensioni dei ciottoli 10-15 cm (abbondanti) e più rari maggiori di 20 cm (uno raggiunge i 35 cm) Colore marrone	2.0 CA2			
3.0		3.0		fine scavo	3.0			
4.0								

(\*) → livello falda osservato nello scavo il giorno della sua esecuzione

ps = prova permeabilità in pozzetto superficiale  
pG = prova permeabilità con permeametro di Guelph

classificazione AASHTO - UNI CNR 10006  
campione CA2 (2.0-3.0 m) → gruppo A1 - a





# CA3

Committente	AIPo
Località	Villa Guardia - vasca Centro
Data esecuzione	marzo 2021
Indagine	scavo eseguito con escavatore
Quota inizio	piano campagna

m	Stratigrafia	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	Descrizione litologica	Campioni		Falda *	Prova permeabilità
					analisi geotecniche (m da p.c.)	analisi chimiche (m da p.c.)	(m da p.c.)	(m da p.c.)
0.0			0.3	Terreno di coltura marrone bruno				
		0.3	0.5	Sabbia con limo argillosa Colore marrone scuro		0.5		pG
1.0		0.8	0.6	Sabbia con limo / limo sabbioso Colore marrone - nero Lo spessore non è uniforme lungo tutto lo scavo		1.0		0.7
		1.4	0.55	Sabbia con limo argillosa Colore marrone giallastro	1.6 CA3 1.8			
2.0		1.95	1.25	Sabbia con limo / limosa e ghiaia In profondità compaiono ciottoli Colore marrone giallastro				
3.0		3.2		fine scavo				
4.0								

(\*) → livello falda osservato nello scavo il giorno della sua esecuzione

ps = prova permeabilità in pozzetto superficiale  
pG = prova permeabilità con permeametro di Guelph

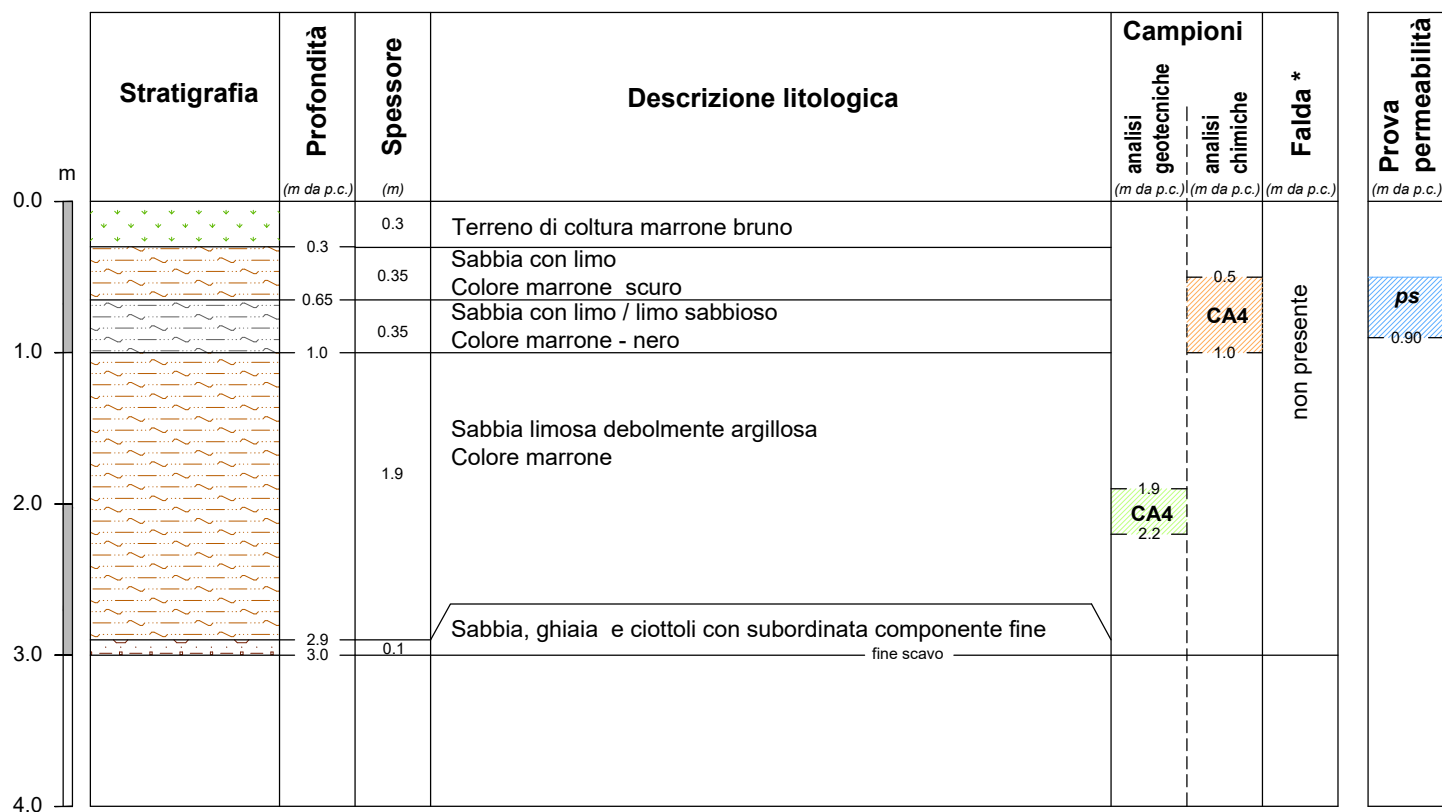
classificazione AASHTO - UNI CNR 10006  
campione CA3 (1.6-1.8 m) → gruppo A4





# CA4

Committente	AIPo
Località	Villa Guardia - vasca Centro
Data esecuzione	marzo 2021
Indagine	scavo eseguito con escavatore
Quota inizio	piano campagna



(\*) → livello falda osservato nello scavo il giorno della sua esecuzione

ps = prova permeabilità in pozzetto superficiale  
pG = prova permeabilità con permeametro di Guelph

classificazione AASHTO - UNI CNR 10006  
campione CA4 (1.9-12.2 m) → gruppo A2 - 4



# CC1

Committente	AIPO
Località	Villa Guardia - vasca Centro
Data esecuzione	marzo 2021
Indagine	trincea eseguita con escavatore
Quota inizio	piano campagna

m	Stratigrafia	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	Descrizione litologica	Campioni			Prova permeabilità (m da p.c.)
					analisi geotecniche (m da p.c.)	analisi chimiche (m da p.c.)	Falda* (m da p.c.)	
0.0			0.3	Terreno di coltura di colore marrone bruno	1.5 CC1 1.7		non presente	
		0.3	0.55	Sabbia con limo Colore marrone scuro				
1.0		0.85	0.55	Sabbia con limo / limo sabbioso Colore marrone - nero				
		1.4	1.2	Sabbia con limo argillosa Colore marrone				
2.0		2.5		Sabbia, ghiaia e ciottoli con subordinata componente fine Le dimensioni massime dei ciottoli 10 cm Colore marrone				
		2.6		fine scavo				
3.0								
4.0								

(\*) → livello falda osservato nello scavo il giorno della sua esecuzione

ps = prova permeabilità in pozzetto superficiale  
pG = prova permeabilità con permeametro di Guelph


classificazione AASHTO - UNI CNR 10006  
campione CC1 (1.5-1.7 m) → gruppo A7 - 6





# CC2

Committente	AIPO
Località	Villa Guardia - vasca Centro
Data esecuzione	marzo 2021
Indagine	trincea eseguita con escavatore
Quota inizio	piano campagna

m	Stratigrafia	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	Descrizione litologica	Campioni		Falda *	Prova permeabilità
					analisi geotecniche (m da p.c.)	analisi chimiche (m da p.c.)		
0.0			0.4	Terreno di coltura marrone bruno			non presente	
		0.4	0.6	Sabbia con limo Colore marrone scuro				
1.0		1.0	0.5	Sabbia con limo / limo sabbioso Colore marrone - nero				
2.0		1.5	1.1	Sabbia con limo argillosa In profondità compare la ghiaia più abbondante procedendo verso il basso Clasti fino a 5-6 cm, in parte alterati Colore di fondo marrone giallastro				
2.6		2.6		fine scavo				
3.0								
4.0								

(\*) → livello falda osservato nello scavo il giorno della sua esecuzione

ps = prova permeabilità in pozzetto superficiale  
pG = prova permeabilità con permeametro di Guelph





# CC3

Committente	AIPO
Località	Villa Guardia - vasca Centro
Data esecuzione	marzo 2021
Indagine	trincea eseguita con escavatore
Quota inizio	piano campagna

m	Stratigrafia	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	Descrizione litologica	Campioni			Prova permeabilità (m da p.c.)
					analisi geotecniche (m da p.c.)	analisi chimiche (m da p.c.)	Falda * (m da p.c.)	
0.0			0.2	Terreno di coltura di colore marrone bruno				
			0.3	Sabbia con limo di colore marrone scuro				
		0.5						
			0.4	Sabbia con limo argillosa di colore marrone - nero	0.5			
				Spessore del livello non uniforme lungo tutto lo scavo	CC3			
		0.9			0.8			
1.0			0.45	Sabbia con limo argillosa Colore marrone				
		1.35						
			0.65	Ghiaia con sabbia e ciottoli limoso/argillosa Clasti poligenici, prevalentemente subarrotondati /arrotondati e, in quantità minore, spigolosi Dimensioni massime dei ciottoli 15-20 cm			non presente	
2.0		2.0		fine scavo				
3.0								
4.0								

(\*) → livello falda osservato nello scavo il giorno della sua esecuzione

ps = prova permeabilità in pozzetto superficiale  
pG = prova permeabilità con permeametro di Guelph

classificazione AASHTO - UNI CNR 10006  
campione CC3 (0.5-0.8 m) → gruppo A4



S F Studio Frati

*Via Faverio, 2  
Villa Guardia (CO)*

AIPO

*Agenzia interregionale per il fiume Po*

Prove di laboratorio

*classificazione terre*

*Villa Guardia (CO)*

*vasca di laminazione Centro*

*Il giorno 18 marzo 2021 sono stati prelevati presso i Vss. uffici n° 06 sacchetti contenenti materiale da sottoporre alle seguenti analisi:*

- Classificazione delle terre
  - *Analisi granulometrica*
  - *Limiti di Atterberg*

*Le prove iniziate il giorno 18 marzo 2021 sono state terminate il giorno 25 marzo 2021.*

*Di seguito sono riportati i certificati delle prove eseguite.*

Mariano Comense, 26 marzo 2021

Dott. E. Croce  
LABORATORIO GEOTECNICO  
**CROCE**  
Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO



# INDICE

## *TABELLE RIASSUNTIVE*

<i>Riepilogo risultati scavi Centro</i>	.....	tab. n° A
---	-------	-----------

## *PROVE DI LABORATORIO*

### *Scheda campioni*

#### SCAVO CA1

##### Campione A

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n° 01
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n° 02
<i>Limiti di Atterberg</i>	.....	tab. n° 03
<i>Classificazione delle terre</i>	.....	tab. n° 04

#### SCAVO CA2

##### Campione A

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n° 05
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n° 06
<i>Limiti di Atterberg</i>	.....	tab. n° 07
<i>Classificazione delle terre</i>	.....	tab. n° 08

#### SCAVO CA3

##### Campione A

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n° 09
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n° 10
<i>Limiti di Atterberg</i>	.....	tab. n° 11
<i>Classificazione delle terre</i>	.....	tab. n° 12

#### SCAVO CA4

##### Campione A

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n° 13
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n° 14
<i>Limiti di Atterberg</i>	.....	tab. n° 15
<i>Classificazione delle terre</i>	.....	tab. n° 16

#### SCAVO CC1

##### Campione A

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n° 17
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n° 18
<i>Limiti di Atterberg</i>	.....	tab. n° 19
<i>Classificazione delle terre</i>	.....	tab. n° 20

# INDICE

## SCAVO CC3

Campione A

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n° 21
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n° 22
<i>Limiti di Atterberg</i>	.....	tab. n° 23
<i>Classificazione delle terre</i>	.....	tab. n° 24

## *ALLEGATI*

*Classificazione delle terre UNI – CNR 10006*  
*Classificazione delle terre USC System*

## TABELLE RIASSUNTIVE

L3614.fl/21.cc



# RIEPILOGO RISULTATI SCAVI

SCAVO N°		CA1	CA2	CA3	CA4	
CAMPIONE N°		A	A	A	A	
PROFONDITA' da z. r.						
da m		1.00	2.00	1.60	1.90	
a m		1.50	3.00	1.80	2.20	
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
76.200 > d > 4.760	%	4.82	52.85	0.65	2.59	
4.760 > d > 0.074	%	42.25	41.99	42.70	70.83	
0.074 > d	%		5.16			
0.074 > d > 0.002	%	37.95	n. d.	42.05	17.46	
0.002 > d	%	14.98	n. d.	14.60	9.12	
LIMITI DI ATTERBERG						
limite liquido	%	35	21	29	28	
limite plastico	%	22	n. p.	22	22	
indice plastico	%	13	/	7	6	
CLASSIFICAZIONE TERRE						
U.N.I. - C.N.R. 10006		A6	A1-a	A4	A2-4	
U. S.C. System		CL	GW-GM	ML-CL	SM-SC	

SCAVO N°		CC1	CC3			
CAMPIONE N°		A				
PROFONDITA' da z. r.						
da m		1.50	0.50			
a m		1.70	0.80			
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00	0.00			
76.200 > d > 4.760	%	0.00	0.36			
4.760 > d > 0.074	%	46.47	47.86			
0.074 > d	%					
0.074 > d > 0.002	%	38.97	40.25			
0.002 > d	%	14.56	11.53			
LIMITI DI ATTERBERG						
limite liquido	%	41	32			
limite plastico	%	22	22			
indice plastico	%	19	10			
CLASSIFICAZIONE TERRE						
U.N.I. - C.N.R. 10006		A7-6	A4			
U. S.C. System		CL	CL			

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore 	Lavoro n° L3614.f1/21 tab. A
--	--	---------------------------------

## PROVE DI LABORATORIO

L3614.fl/21.cc

# SCHEDA CAMPIONI

Scavo	Campione Profondità	Tipologia campione	Tipologia prove	Normativa
CA1	A 1,00 – 1,50	Rimaneggiato	Apertura campione Granulometrica Limiti di Atterberg Classificazione terre	Raccomandazioni AGI ASTM D 422-92 ASTM D 4318-84 – metodo “B” UNI CNR 10006 – USCS
CA2	A 2,00 – 3,00	Rimaneggiato	Apertura campione Granulometrica Limiti di Atterberg Classificazione terre	Raccomandazioni AGI ASTM D 422-92 ASTM D 4318-84 – metodo “B” UNI CNR 10006 – USCS
CA3	A 1,60 – 1,80	Rimaneggiato	Apertura campione Granulometrica Limiti di Atterberg Classificazione terre	Raccomandazioni AGI ASTM D 422-92 ASTM D 4318-84 – metodo “B” UNI CNR 10006 – USCS
CA4	A 1,90 – 2,20	Rimaneggiato	Apertura campione Granulometrica Limiti di Atterberg Classificazione terre	Raccomandazioni AGI ASTM D 422-92 ASTM D 4318-84 – metodo “B” UNI CNR 10006 – USCS
CC1	A 1,50 – 1,70	Rimaneggiato	Apertura campione Granulometrica Limiti di Atterberg Classificazione terre	Raccomandazioni AGI ASTM D 422-92 ASTM D 4318-84 – metodo “B” UNI CNR 10006 – USCS
CC3	A 0,50 – 0,80	Rimaneggiato	Apertura campione Granulometrica Limiti di Atterberg Classificazione terre	Raccomandazioni AGI ASTM D 422-92 ASTM D 4318-84 – metodo “B” UNI CNR 10006 – USCS

## NOTE

I campioni sono stati prelevati dai Vs. tecnici.

Le analisi granulometriche sono state eseguite per setacciatura e sedimentazione.

I risultati delle analisi si riferiscono al campione sottoposto a prova.

SCAVO CA1

L3614.fl/21.cc



# APERTURA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Raccomandazioni AGI

Scavo <b>CA1</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.00 – 1.50</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
Data prelievo <b>15.03.2021</b>	Data arrivo laboratorio <b>18.03.2021</b>	Data inizio prove <b>18.03.2021</b>	Data fine prove. <b>24.03.2021</b>

<b>Descrizione litologica del campione</b> Secondo raccomandazioni A.G.I. - (Colori : Soil color chart MUNSELL )
Sabbia con limo argillosa con tracce di ghiaia. Colore 10 YR – 3 / 3 marrone scuro.

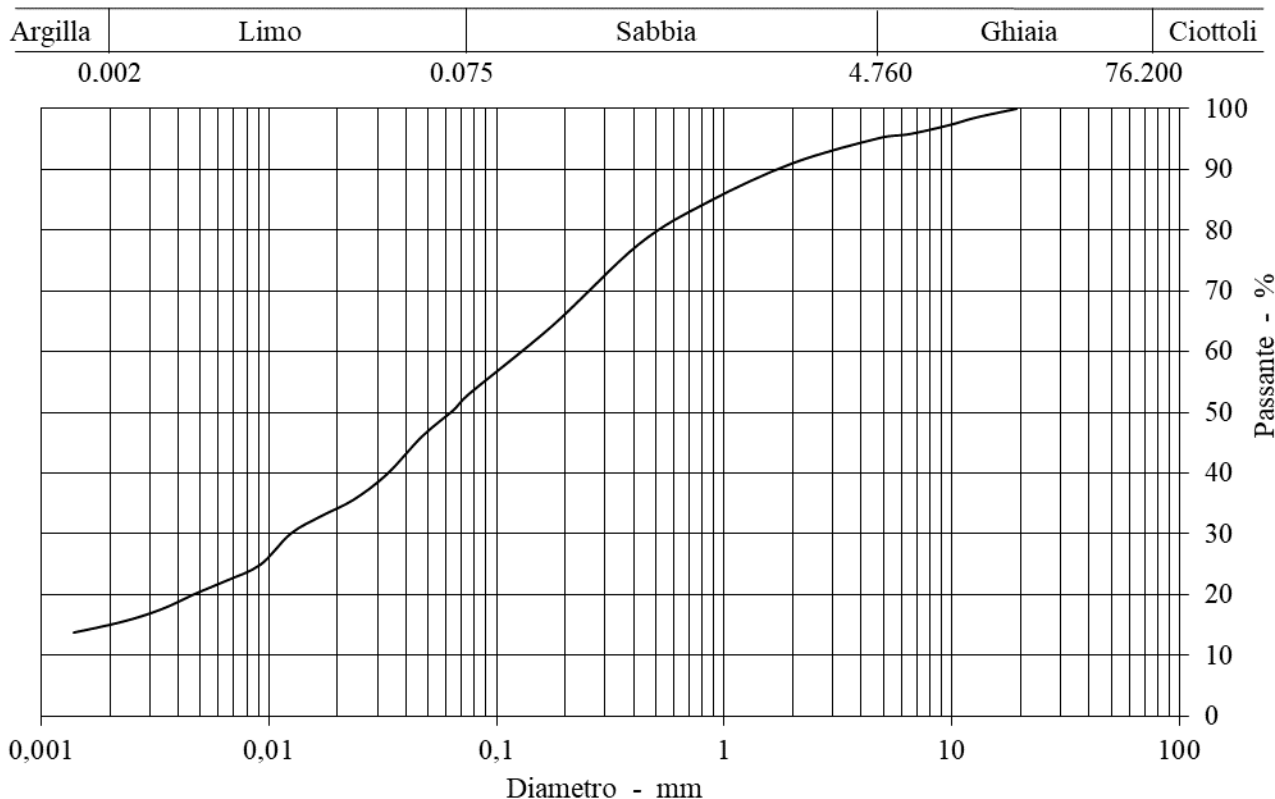
	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f2/21 tab. 01</b>
--	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# ANALISI GRANULOMETRICA

Norma ASTM D422 – 92

Scavo <b>CA1</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.00 – 1.50</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------



Setacciatura		Aerometria	
diametro mm	passante %	diametro mm	passante %
		0,065	50,48
101,600		0,047	46,04
88,900		0,033	39,82
76,200		0,024	35,60
63,500		0,0170	32,94
50,800		0,0125	30,05
38,100		0,0092	24,95
25,400		0,0065	22,29
19,050	100,00	0,0047	20,07
12,700	98,58	0,0034	17,62
9,520	97,26	0,0023	15,58
6,350	95,79	0,0014	13,76
4,760	95,18	<b>Classi granulometriche</b>	
2,000	91,09	Ciottoli	0,00
0,850	84,71	Ghiaia	4,82
0,420	77,70	Sabbia	42,25
0,177	64,40	Limo	37,95
0,075	52,93	Argilla	14,98

Diametri		
Passante 60%	D60	0,1290
Passante 50%	D50	0,0620
Passante 30%	D30	0,0123
Passante 10%	D10	n. d.
Coefficienti		
Uniformità	U	n. d.
Curvatura	C	n. d.
Permeabilità (cm/sec)	k	n. d.

Peso specifico (valore assunto)	2,7024
---------------------------------	--------

Descrizione
Sabbia con limo argillosa con tracce di ghiaia.
Note - Osservazioni

Certificato n° <b>3614.f1-01</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 02</b>
-------------------------------------	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# LIMITI DI ATTERBERG

Norma ASTM D4318-84 – metodo “B”

Scavo <b>CA1</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.00 – 1.50</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

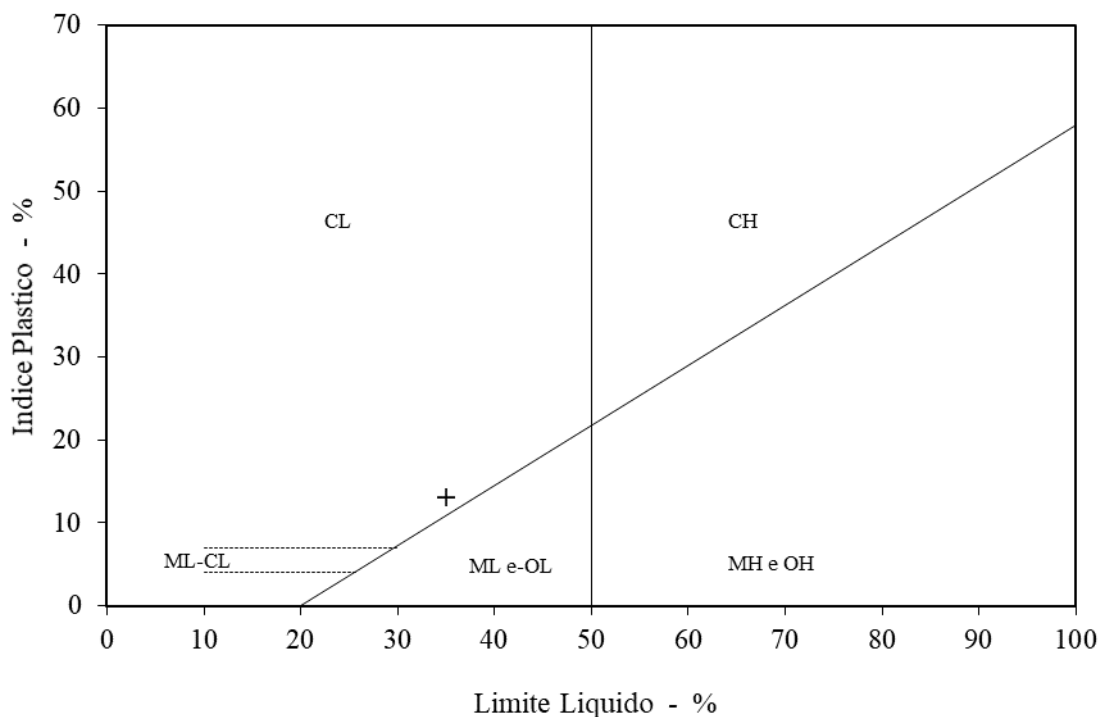
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Provino	n°	1	2	Provino	n°	1	2
Colpi	n°	29	24				
Peso umido lordo	N	1,1620	1,117	Peso umido lordo	N	0,2699	0,2895
Peso tara	N	1,0385	0,9987	Peso tara	N	0,2549	0,2786
Peso secco lordo	N	1,1306	1,0865	Peso secco lordo	N	0,2672	0,2875
Umidità di prova	%	34,0934	34,7380	Umidità di prova	%	21,9512	22,4719
Limite liquido	%	34,7112	34,5669				

$$LL = \left( \frac{colpi}{25} \right)^{0.121} * wp$$

## RISULTATI DELLA PROVA

Limite Liquido % <b>35</b>	Limite Plastico % <b>22</b>	Indice Plastico % <b>13</b>
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

## CARTA DELLA PLASTICITA'



Certificato n° <b>3614.f1-02</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 03</b>
-------------------------------------	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# CLASSIFICAZIONE TERRE

Norma UNI-CNR 10006 – Norma USC SYSTEM

Scavo <b>CA1</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.00 – 1.50</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

## DATI GRANULOMETRICI

d < 4.760 mm	(%) : 95,18
d < 2.000 mm	(%) : 91,09
d < 0.420 mm	(%) : 77,70
d < 0.074 mm	(%) : 52,93
d < 0.002 mm	(%) : 14,98

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido	(%) : 35
Limite plastico	(%) : 22
Indice plastico	(%) : 13
Umidità naturale	(%) : /

## CLASSI

### Norma U.N.I. – C.N.R. 10006

Gruppo di appartenenza : **A6**

### Qualità delle terre

Qualità portanti come sottofondo in assenza di gelo	: da mediocre a scadente.
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno	: media.
Ritiro o rigonfiamento	: elevato.
Permeabilità	: scarsa o nulla.

### Norma USC SYSTEM

Gruppo di appartenenza : **CL**

### Qualità delle terre

Giudizio come materiale per fondazione	: capacità portante da buona a scarsa.
Giudizio come materiale per rilevati	: stabile.
Caratteristiche di compattazione	: da medie a buone.
Modalità di rullatura	: rulli a piede di pecora o ruote gommate.
Campo di variazione della permeabilità	: da $10^{-6}$ a $10^{-8}$ cm/sec.

Certificato n° <b>3614.f1-03</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 04</b>
-------------------------------------	--	---



SCAVO CA2

L3614.fl/21.cc

# APERTURA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Raccomandazioni AGI

Scavo <b>CA2</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>2.00 – 3.00</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
Data prelievo <b>15.03.2021</b>	Data arrivo laboratorio <b>18.03.2021</b>	Data inizio prove <b>18.03.2021</b>	Data fine prove. <b>23.03.2021</b>

<b>Descrizione litologica del campione</b> Secondo raccomandazioni A.G.I. - (Colori : Soil color chart MUNSELL )
Ghiaia con sabbia limo-argillosa. Colore 2,5 Y – 4 / 4 marrone verde oliva.

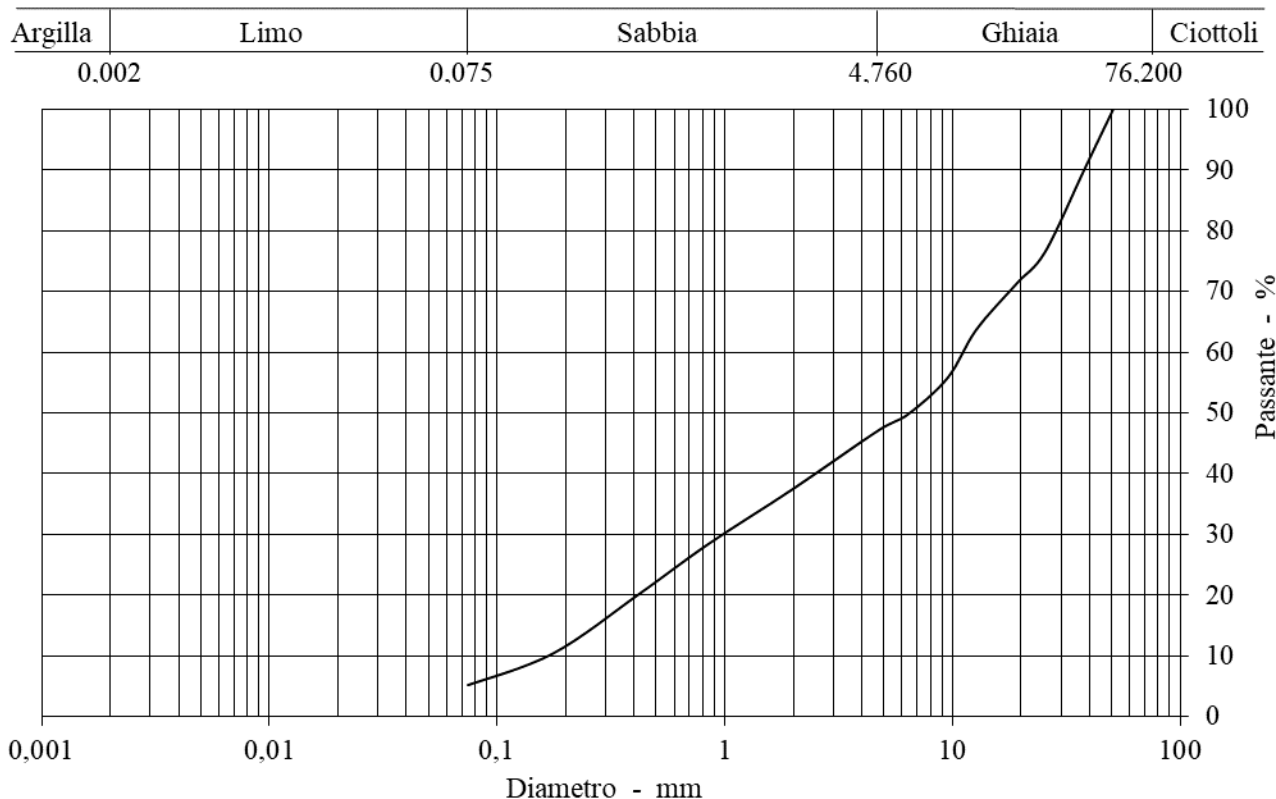
	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 05</b>
--	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# ANALISI GRANULOMETRICA

Norma ASTM D422 – 92

Scavo <b>CA2</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>2.00 – 3.00</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------



Setacciatura		Aerometria	
diametro mm	passante %	diametro mm	passante %
101,600			
88,900			
76,200			
63,500			
50,800	100,00		
38,100	90,25		
25,400	76,39		
19,050	71,19		
12,700	63,63		
9,520	55,74		
6,350	49,67		
4,760	47,15	<b>Classi granulometriche</b>	
2,000	37,47		
0,850	28,39		
0,420	20,09		
0,177	10,37		
0,075	5,16		

Diametri		
Passante 60%	D60	11,1370
Passante 50%	D50	6,4220
Passante 30%	D30	0,9980
Passante 10%	D10	0,1690
Coefficienti		
Uniformità	U	6,59E+01
Curvatura	C	5,29E-01
Permeabilità (cm/sec)	k	2,86E-02

Peso specifico (valore assunto)	n. d.
---------------------------------	-------

Descrizione
Ghiaia con sabbia debolmente limo-argillosa.
Note - Osservazioni
Il coefficiente di permeabilità "k" è calcolato con la formula di Hazen. Il valore così calcolato è indicativo.

Certificato n° <b>3614.f1-04</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 06</b>
-------------------------------------	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it



# LIMITI DI ATTERBERG

Norma ASTM D4318-84 – metodo “B”

Scavo	Campione	Profondità	Zero di rif.
CA2	A	2.00 – 3.00	p. c.

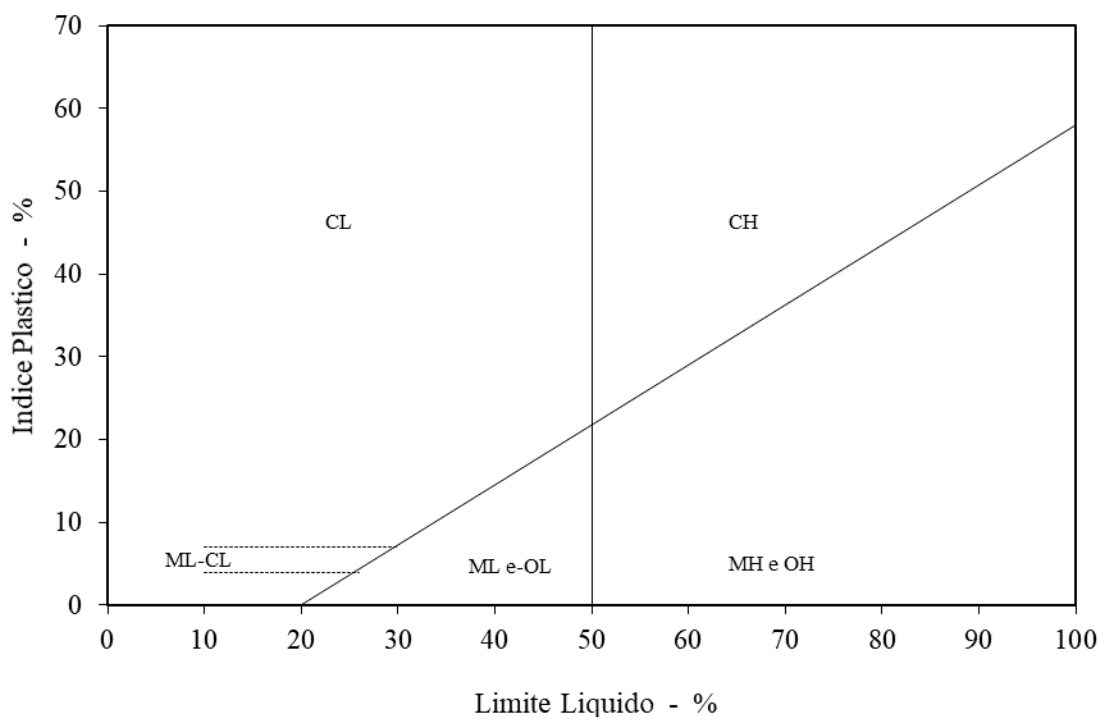
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Provino	n°	1	2	Provino	n°	1	2
Colpi	n°	25	20				
Peso umido lordo	N	1,1453	1,1815	Peso umido lordo	N		
Peso tara	N	1,0365	1,0739	Peso tara	N		
Peso secco lordo	N	1,1265	1,1619	Peso secco lordo	N		
Umidità di prova	%	20,8889	22,2727	Umidità di prova	%		
Limite liquido	%	20,8889	21,6794				

$$LL = \left( \frac{colpi}{25} \right)^{0.121} * wp$$

## RISULTATI DELLA PROVA

Limite Liquido % 21	Limite Plastico % n. p.	Indice Plastico % /
---------------------	-------------------------	---------------------

## CARTA DELLA PLASTICITA'



Certificato n°	Operatore	Lavoro n°
3614.f1-05		L3614.f1/21 tab. 07

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# CLASSIFICAZIONE TERRE

Norma UNI-CNR 10006 – Norma USC SYSTEM

Scavo <b>CA2</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>2.00 – 3.00</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

## DATI GRANULOMETRICI

d < 4.760 mm	(%) : 47,15
d < 2.000 mm	(%) : 37,47
d < 0.420 mm	(%) : 20,09
d < 0.074 mm	(%) : 5,16
d < 0.002 mm	(%) : /

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido	(%) : 21
Limite plastico	(%) : n. p.
Indice plastico	(%) : /
Umidità naturale	(%) : /

## CLASSI

### Norma U.N.I. – C.N.R. 10006

Gruppo di appartenenza : **A1 – a**

### Qualità delle terre

Qualità portanti come sottofondo in assenza di gelo	: da eccellente a buona.
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno	: nessuna o lieve.
Ritiro o rigonfiamento	: nullo.
Permeabilità	: elevata.

### Norma USC SYSTEM

Gruppo di appartenenza : **GW – GM**

### Qualità delle terre

Giudizio come materiale per fondazione	: capacità portante buona.
Giudizio come materiale per rilevati	: da molto a stabilità accettabile.
Caratteristiche di compattazione	: buone con accurato controllo.
Modalità di rullatura	: ruspe, ruote gommate, rullo liscio ed a piede di pecora.
Campo di variazione della permeabilità	: da $10^{+1}$ a $10^{-6}$ cm/sec.

Certificato n° <b>3614.f1-06</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 08</b>
-------------------------------------	--	---

SCAVO CA3

L3614.fl/21.cc



# APERTURA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Raccomandazioni AGI

Scavo <b>CA3</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.60 – 1.80</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
Data prelievo <b>15.03.2021</b>	Data arrivo laboratorio <b>18.03.2021</b>	Data inizio prove <b>18.03.2021</b>	Data fine prove. <b>24.03.2021</b>

<b>Descrizione litologica del campione</b> Secondo raccomandazioni A.G.I. - (Colori : Soil color chart MUNSELL )
Sabbia con limo argillosa con tracce di ghiaia. Colore 10 YR – 4 / 6 nocciola scuro.

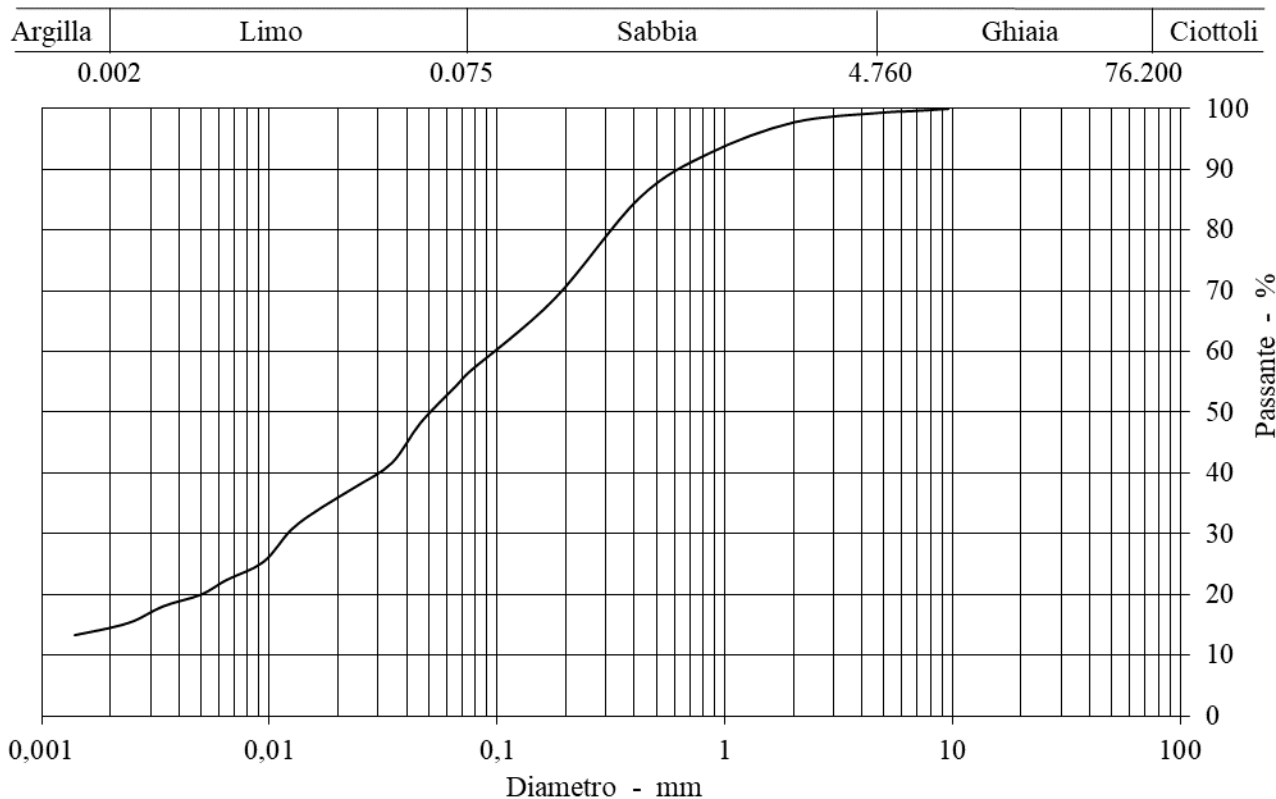
	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 09</b>
--	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# ANALISI GRANULOMETRICA

Norma ASTM D422 – 92

Scavo <b>CA3</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.60 – 1.80</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------



Setacciatura		Aerometria	
diametro mm	passante %	diametro mm	passante %
		0,0660	54,43
101,600		0,0460	48,34
88,900		0,0345	41,76
76,200		0,0240	37,86
63,500		0,0170	34,45
50,800		0,0125	30,80
38,100		0,0094	25,44
25,400		0,0065	22,51
19,050		0,0050	20,08
12,700		0,0034	18,13
9,520	100,00	0,0024	15,40
6,350	99,60	0,0014	13,40
4,760	99,35	<b>Classi granulometriche</b>	
2,000	97,78	Ciottoli	0,00
0,850	92,68	Ghiaia	0,65
0,420	85,33	Sabbia	42,70
0,177	68,64	Limo	42,05
0,075	56,65	Argilla	14,60

Diametri		
Passante 60%	D60	0,0950
Passante 50%	D50	0,0500
Passante 30%	D30	0,0120
Passante 10%	D10	n. d.
Coefficienti		
Uniformità	U	n. d.
Curvatura	C	n. d.
Permeabilità (cm/sec)	k	n. d.

Peso specifico (valore assunto)	2,7047
---------------------------------	--------

Descrizione
Sabbia con limo argillosa con tracce di ghiaia.
Note - Osservazioni

Certificato n° <b>3614.f1-07</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 10</b>
-------------------------------------	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# LIMITI DI ATTERBERG

Norma ASTM D4318-84 – metodo “B”

Scavo <b>CA3</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.60 – 1.80</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

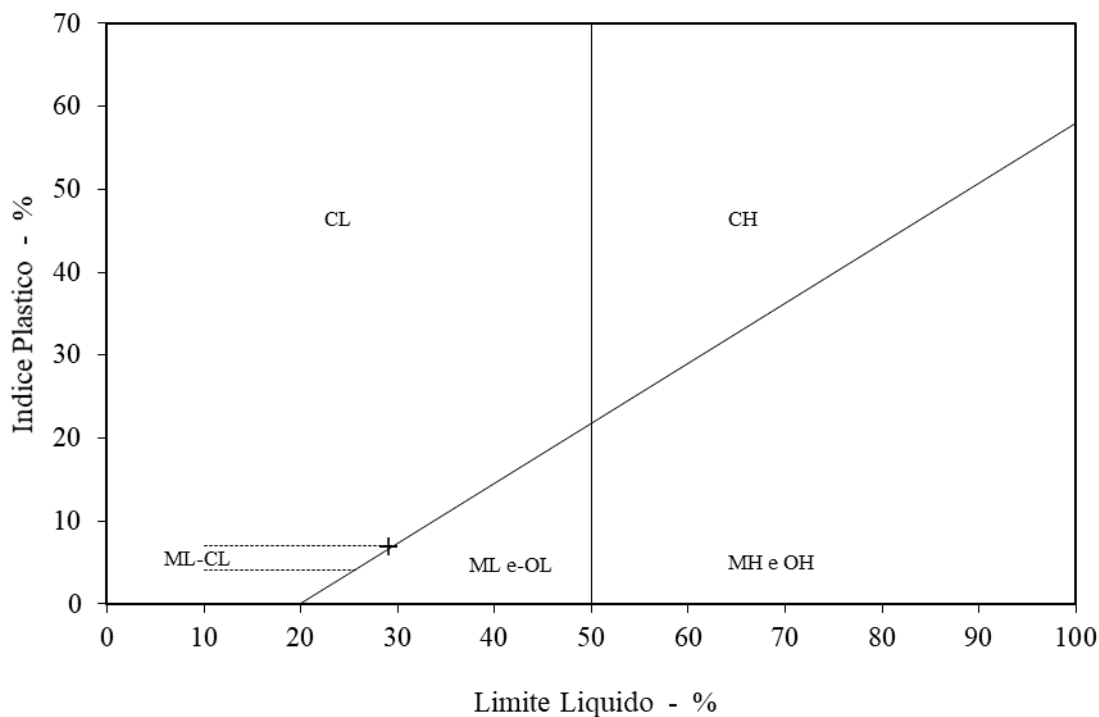
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Provino	n°	1	2	Provino	n°	1	2
Colpi	n°	28	20				
Peso umido lordo	N	1,1517	1,1773	Peso umido lordo	N	0,3296	0,3315
Peso tara	N	1,0394	1,0529	Peso tara	N	0,3133	0,3166
Peso secco lordo	N	1,1265	1,1487	Peso secco lordo	N	0,3266	0,3288
Umidità di prova	%	28,9323	29,8539	Umidità di prova	%	22,5564	22,1311
Limite liquido	%	29,3317	29,0586				

$$LL = \left( \frac{colpi}{25} \right)^{0.121} * wp$$

## RISULTATI DELLA PROVA

Limite Liquido % <b>29</b>	Limite Plastico % <b>22</b>	Indice Plastico % <b>7</b>
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

## CARTA DELLA PLASTICITA'



Certificato n° <b>3614.f1-08</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 11</b>
-------------------------------------	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it



# CLASSIFICAZIONE TERRE

Norma UNI-CNR 10006 – Norma USC SYSTEM

Scavo <b>CA3</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.60 – 1.80</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

## DATI GRANULOMETRICI

d < 4.760 mm	(%) : 99,35
d < 2.000 mm	(%) : 97,78
d < 0.420 mm	(%) : 85,33
d < 0.074 mm	(%) : 56,65
d < 0.002 mm	(%) : 14,60

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido	(%) : 29
Limite plastico	(%) : 22
Indice plastico	(%) : 7
Umidità naturale	(%) : /

## CLASSI

### Norma U.N.I. – C.N.R. 10006

Gruppo di appartenenza : **A4**

### Qualità delle terre

Qualità portanti come sottofondo in assenza di gelo	: da mediocri a scadente.
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno	: molto elevata.
Ritiro o rigonfiamento	: lieve o medio.
Permeabilità	: media o scarsa.

### Norma USC SYSTEM

Gruppo di appartenenza : **ML – CL**

### Qualità delle terre

Giudizio come materiale per fondazione	: capacità portante da buona a molto scarsa.
Giudizio come materiale per rilevati	: stabilità da stabile a scarsa.
Caratteristiche di compattazione	: da medie a scarse, accurato controllo.
Modalità di rullatura	: rulli a ruote gommate o piede di pecora.
Campo di variazione della permeabilità	: da $10^{-3}$ a $10^{-8}$ cm/sec.

Certificato n° <b>3614.f1-09</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 12</b>
-------------------------------------	--	---

SCAVO CA4

L3614.fl/21.cc

# APERTURA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Raccomandazioni AGI

Scavo <b>CA4</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.90 – 2.20</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
Data prelievo <b>15.03.2021</b>	Data arrivo laboratorio <b>18.03.2021</b>	Data inizio prove <b>18.03.2021</b>	Data fine prove. <b>24.03.2021</b>

<b>Descrizione litologica del campione</b> Secondo raccomandazioni A.G.I. - (Colori : Soil color chart MUNSELL )
Sabbia limosa debolmente argillosa con tracce di ghiaia. Colore 10 YR – 3 / 4 nocciola scuro.

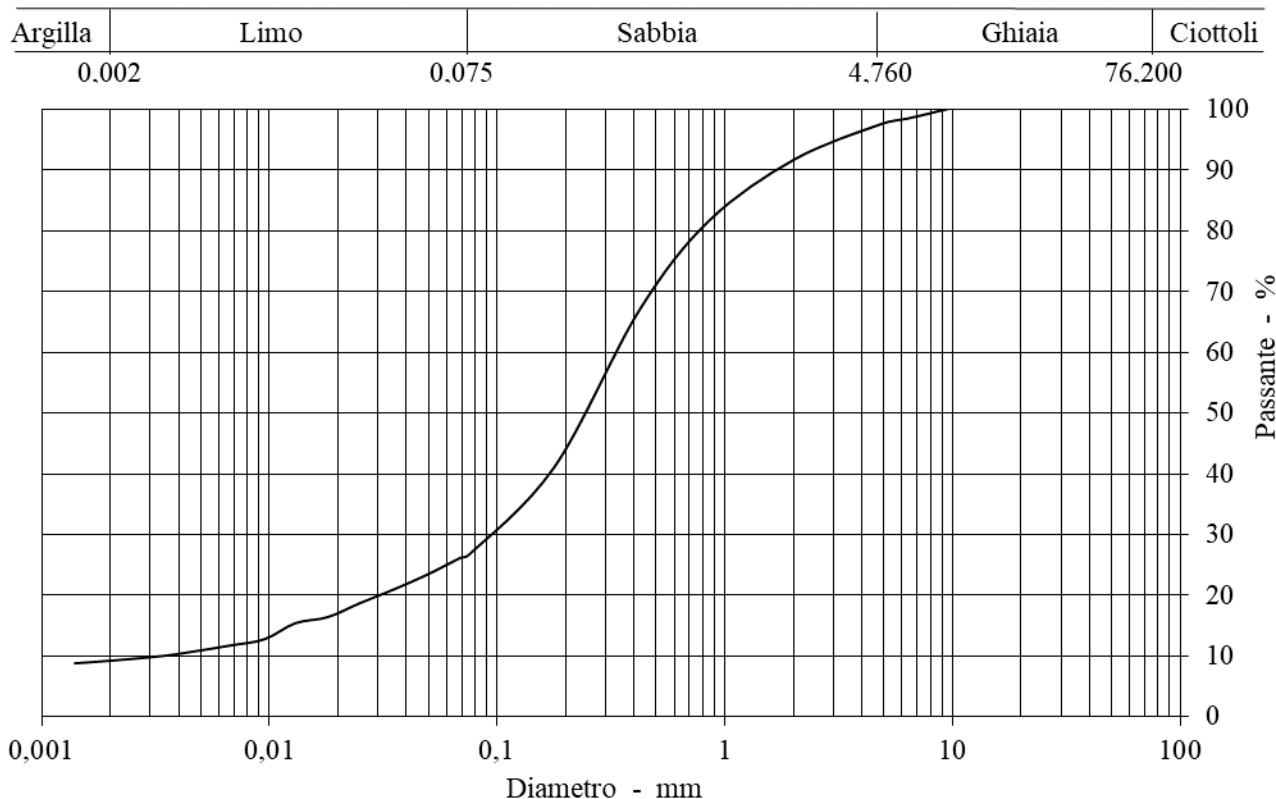
	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 13</b>
--	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# ANALISI GRANULOMETRICA

Norma ASTM D422 - 92

Scavo <b>CA4</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.90 - 2.20</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------



Setacciatura		Aerometria	
diametro mm	passante %	diametro mm	passante %
		0,069	26,10
101,600		0,049	23,28
88,900		0,036	20,96
76,200		0,025	18,64
63,500		0,0180	16,32
50,800		0,0130	15,33
38,100		0,0095	12,68
25,400		0,0068	11,68
19,050		0,0047	10,69
12,700		0,0035	9,98
9,520	100,00	0,0024	9,39
6,350	98,42	0,0014	8,71
4,760	97,41	<b>Classi granulometriche</b>	
2,000	91,63	Ciottoli	0,00
0,850	81,60	Ghiaia	2,59
0,420	66,86	Sabbia	70,83
0,177	40,90	Limo	17,46
0,075	26,58	Argilla	9,12

Diametri		
Passante 60%	D60	0,3360
Passante 50%	D50	0,2470
Passante 30%	D30	0,0950
Passante 10%	D10	0,0035
Coefficienti		
Uniformità	U	9,74E+01
Curvatura	C	7,79E+00
Permeabilità (cm/sec)	k	1,19E-05

Peso specifico (valore assunto)	2,70
---------------------------------	------

Descrizione
Sabbia limosa debolmente argillosa con tracce di ghiaia.
Note - Osservazioni
Il coefficiente di permeabilità "k" è calcolato con la formula di Hazen.
Il valore così calcolato è indicativo.

Certificato n° <b>3614.f1-10</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 14</b>
-------------------------------------	--	---



# LIMITI DI ATTERBERG

Norma ASTM D4318-84 – metodo “B”

Scavo <b>CA4</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.90 – 2.20</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

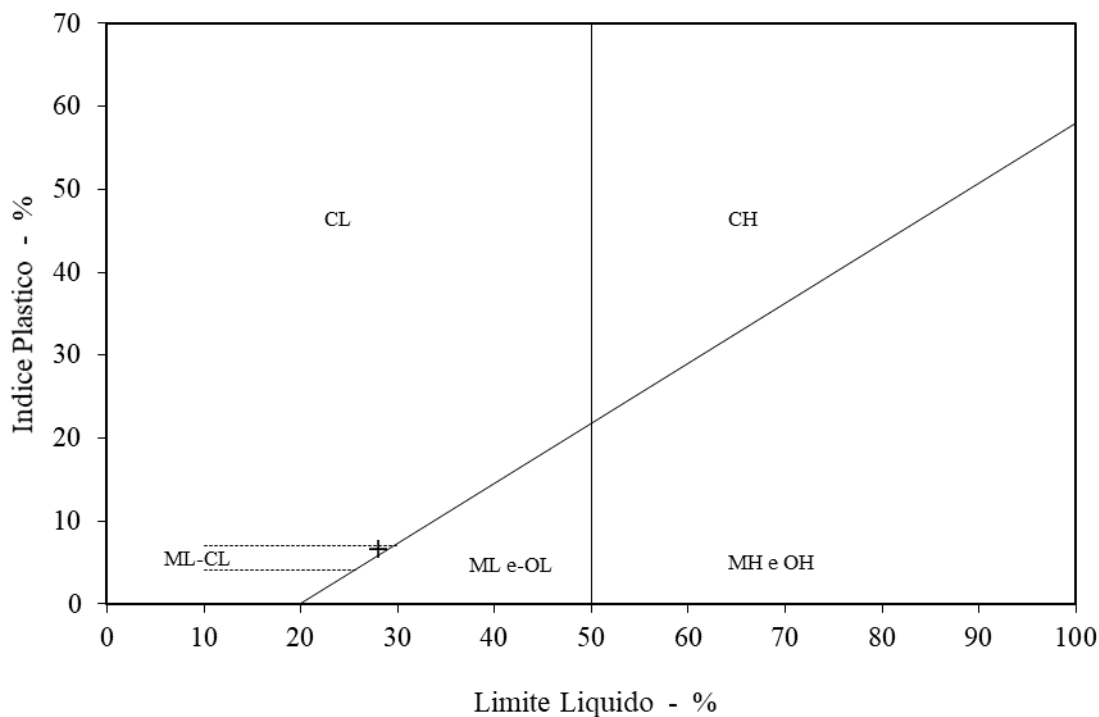
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Provino	n°	1	2	Provino	n°	1	2
Colpi	n°	30	22				
Peso umido lordo	N	1,1114	1,1772	Peso umido lordo	N	0,3026	0,2977
Peso tara	N	0,9373	1,0607	Peso tara	N	0,2786	0,2724
Peso secco lordo	N	1,0738	1,1510	Peso secco lordo	N	0,2983	0,2932
Umidità di prova	%	27,5458	29,0144	Umidità di prova	%	21,8274	21,6346
Limite liquido	%	28,1602	28,5691				

$$LL = \left( \frac{colpi}{25} \right)^{0.121} * wp$$

## RISULTATI DELLA PROVA

Limite Liquido % <b>28</b>	Limite Plastico % <b>22</b>	Indice Plastico % <b>6</b>
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

## CARTA DELLA PLASTICITA'



Certificato n° <b>3613.f1-14</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 15</b>
-------------------------------------	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# CLASSIFICAZIONE TERRE

Norma UNI-CNR 10006 – Norma USC SYSTEM

Scavo <b>CA4</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.90 – 2.20</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

## DATI GRANULOMETRICI

d < 4.760 mm	(%) : 97,41
d < 2.000 mm	(%) : 91,63
d < 0.420 mm	(%) : 66,86
d < 0.074 mm	(%) : 26,58
d < 0.002 mm	(%) : 9,12

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido	(%) : 28
Limite plastico	(%) : 22
Indice plastico	(%) : 6
Umidità naturale	(%) : /

## CLASSI

### Norma U.N.I. – C.N.R. 10006

Gruppo di appartenenza : **A2 – 4**

### Qualità delle terre

Qualità portanti come sottofondo in assenza di gelo	: da eccellente a buona.
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno	: media.
Ritiro o rigonfiamento	: nullo o lieve.
Permeabilità	: media o scarsa.

### Norma USC SYSTEM

Gruppo di appartenenza : **SM – SC**

### Qualità delle terre

Giudizio come materiale per fondazione	: capacità portante da buona a scarsa
Giudizio per come materiale rilevati	: stabilità discreta.
Caratteristiche di compattazione	: da medie a buone con accurato controllo.
Modalità di rullatura	: ruote gommate, rullo a piede di pecora.
Campo di variazione della permeabilità	: da $10^{-3}$ a $10^{-8}$ cm/sec.

Certificato n° <b>3614.f1-12</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 16</b>
-------------------------------------	--	---

SCAVO CC1

L3614.fl/21.cc

# APERTURA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Raccomandazioni AGI

Scavo CC1	Campione A	Profondità 1.50 – 1.70	Zero di rif. p. c.
Data prelievo 15.03.2021	Data arrivo laboratorio 18.03.2021	Data inizio prove 18.03.2021	Data fine prove. 25.03.2021

<b>Descrizione litologica del campione</b> Secondo raccomandazioni A.G.I. - (Colori : Soil color chart MUNSELL )
Sabbia con limo argillosa. Colore 10 YR – 3 / 4 nocciola scuro.

	Operatore 	Lavoro n° L3614.f1/21 tab. 17
--	--	----------------------------------

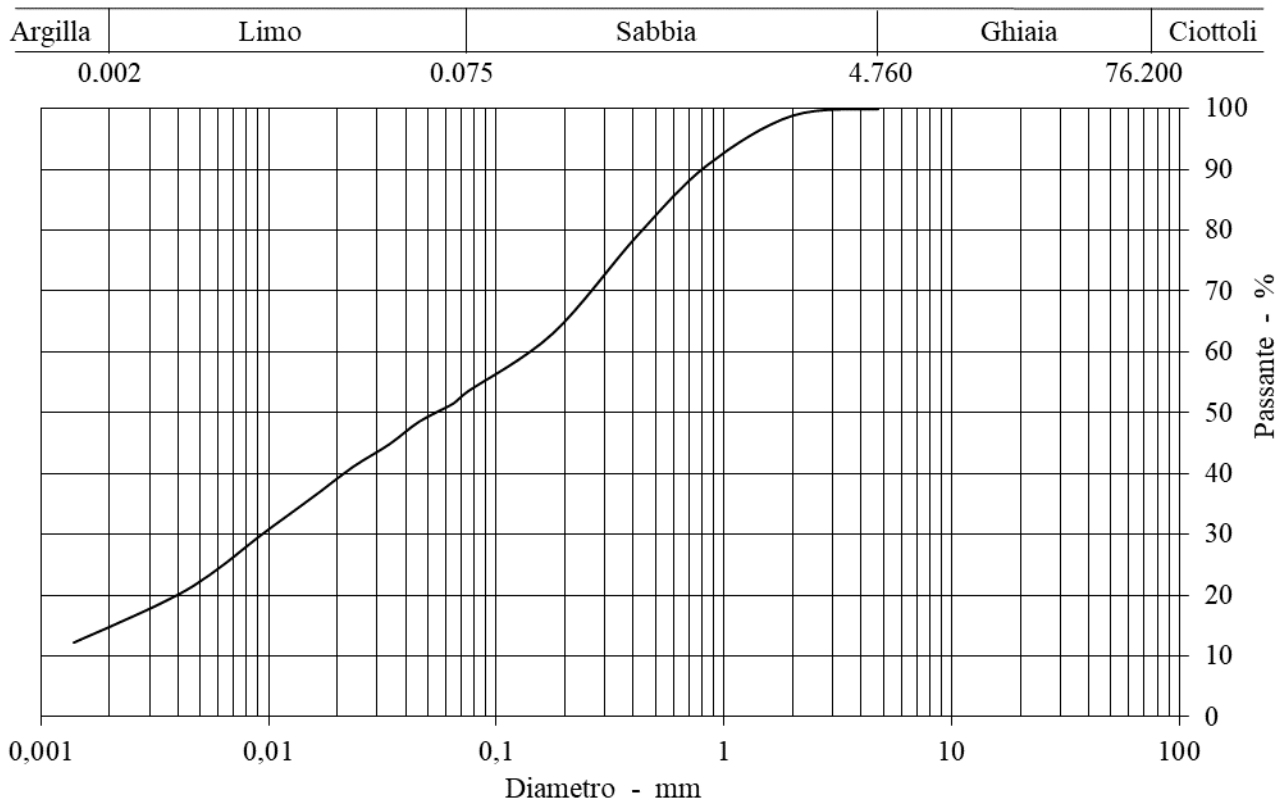
Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it



# ANALISI GRANULOMETRICA

Norma ASTM D422 - 92

Scavo <b>CC1</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.50 - 1.70</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------



Setacciatura		Aerometria	
diametro mm	passante %	diametro mm	passante %
		0,0650	51,58
101,600		0,0460	48,60
88,900		0,0340	44,87
76,200		0,0235	41,14
63,500		0,0170	37,16
50,800		0,0125	33,48
38,100		0,0090	29,55
25,400		0,0065	25,32
19,050		0,0047	21,59
12,700		0,0034	18,75
9,520		0,0024	16,12
6,350		0,0014	12,24
4,760	100,00	<b>Classi granulometriche</b>	
2,000	98,90	Ciottoli	0,00
0,850	90,83	Ghiaia	0,00
0,420	79,32	Sabbia	46,47
0,177	63,05	Limo	38,97
0,075	53,53	Argilla	14,56

Diametri		
Passante 60%	D60	0,1440
Passante 50%	D50	0,0530
Passante 30%	D30	0,0091
Passante 10%	D10	n. d.
Coefficienti		
Uniformità	U	n. d.
Curvatura	C	n. d.
Permeabilità (cm/sec)	k	n. d.

Peso specifico (valore assunto)	2,7021
---------------------------------	--------

Descrizione
Sabbia con limo argillosa.
Note - Osservazioni

Certificato n° <b>3614.f1-13</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 18</b>
-------------------------------------	---------------	---

# LIMITI DI ATTERBERG

Norma ASTM D4318-84 – metodo “B”

Scavo <b>CC1</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.50 – 1.70</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

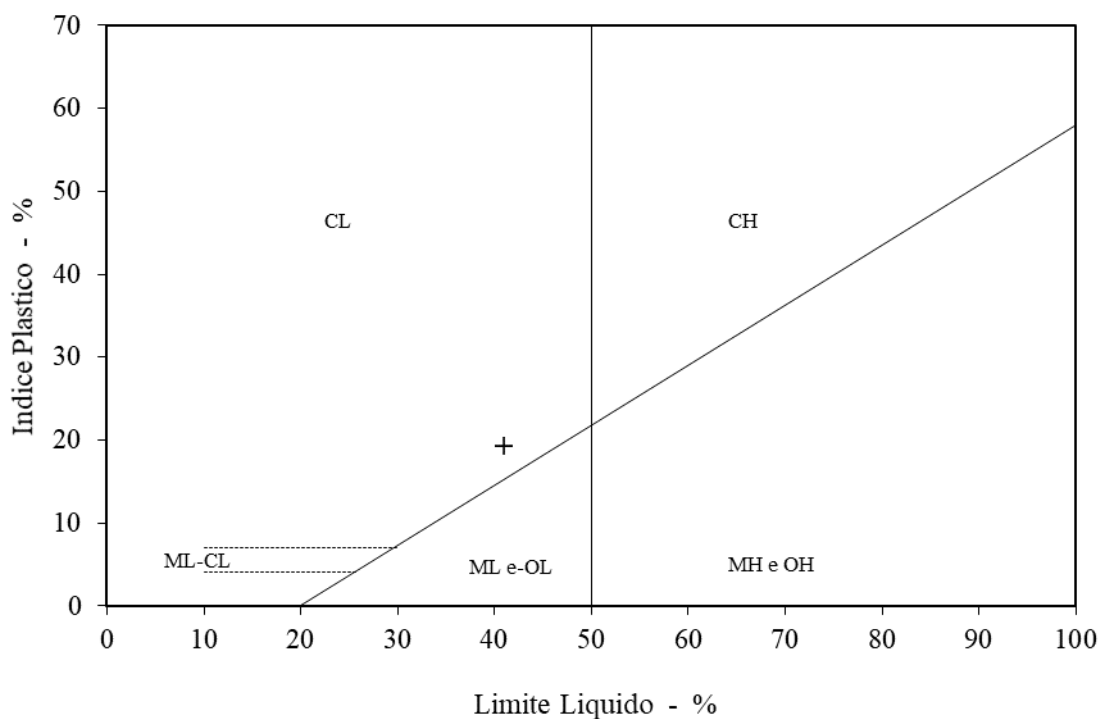
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Provino	n°	1	2	Provino	n°	1	2
Colpi	n°	28	23				
Peso umido lordo	N	1,1491	1,1228	Peso umido lordo	N	0,3170	0,3268
Peso tara	N	1,0441	1,0191	Peso tara	N	0,3098	0,3172
Peso secco lordo	N	1,1190	1,0922	Peso secco lordo	N	0,3157	0,3251
Umidità di prova	%	40,1869	41,8605	Umidità di prova	%	22,0339	21,519
Limite liquido	%	40,7418	41,4403				

$$LL = \left( \frac{colpi}{25} \right)^{0.121} * wp$$

## RISULTATI DELLA PROVA

Limite Liquido % <b>41</b>	Limite Plastico % <b>22</b>	Indice Plastico % <b>19</b>
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

## CARTA DELLA PLASTICITA'



Certificato n° <b>3614.f1-14</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 19</b>
-------------------------------------	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# CLASSIFICAZIONE TERRE

Norma UNI-CNR 10006 – Norma USC SYSTEM

Scavo <b>CC1</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>1.50 – 1.70</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

## DATI GRANULOMETRICI

d < 4.760 mm	(%) : 100,00
d < 2.000 mm	(%) : 98,90
d < 0.420 mm	(%) : 79,32
d < 0.074 mm	(%) : 53,53
d < 0.002 mm	(%) : 14,56

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido	(%) : 41
Limite plastico	(%) : 22
Indice plastico	(%) : 19
Umidità naturale	(%) : /

## CLASSI

### Norma U.N.I. – C.N.R. 10006

Gruppo di appartenenza : **A7 – 6**

### Qualità delle terre

Qualità portanti come sottofondo in assenza di gelo	: da mediocre a scadente.
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno	: media.
Ritiro o rigonfiamento	: molto elevato.
Permeabilità	: scarsa o nulla.

### Norma USC SYSTEM

Gruppo di appartenenza : **CL**

### Qualità delle terre

Giudizio come materiale per fondazione	: capacità portante da buona a scarsa.
Giudizio come materiale per rilevati	: stabile.
Caratteristiche di compattazione	: da medie a buone.
Modalità di rullatura	: rulli a piede di pecora o ruote gommate.
Campo di variazione della permeabilità	: da $10^{-6}$ a $10^{-8}$ cm/sec.

Certificato n° <b>3614.f1-15</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 20</b>
-------------------------------------	--	---

SCAVO CC3

L3614.fl/21.cc

# APERTURA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Raccomandazioni AGI

Scavo CC3	Campione A	Profondità 0.50 – 0.80	Zero di rif. p. c.
Data prelievo 15.03.2021	Data arrivo laboratorio 18.03.2021	Data inizio prove 18.03.2021	Data fine prove. 25.03.2021

<b>Descrizione litologica del campione</b> Secondo raccomandazioni A.G.I. - (Colori : Soil color chart MUNSELL )
Sabbia con limo argillosa con tracce di ghiaia. Colore 10 YR – 3 / 4 nocciola scuro.

	Operatore 	Lavoro n° L3614.f1/21 tab. 21
--	--	----------------------------------

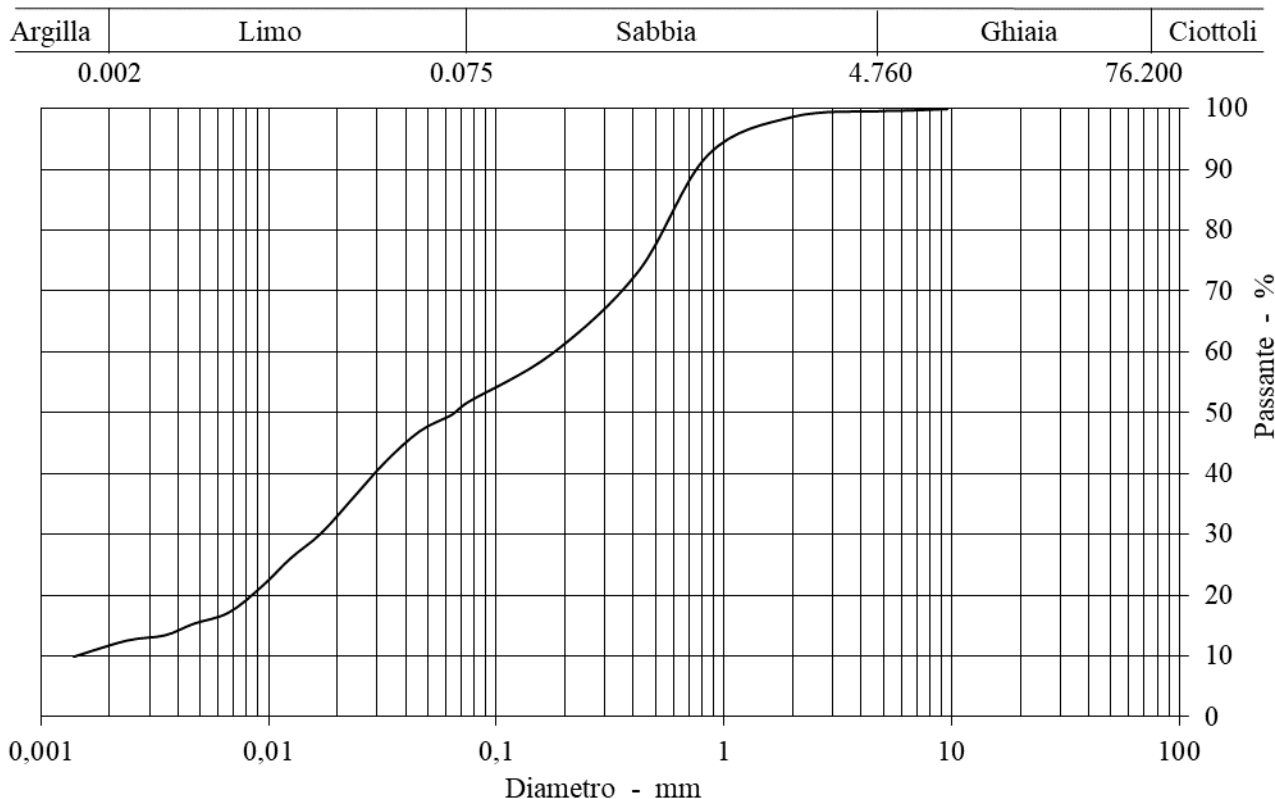
Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it



# ANALISI GRANULOMETRICA

Norma ASTM D422 - 92

Scavo <b>CC3</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>0.50 - 0.80</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------



Setacciatura		Aerometria	
diametro mm	passante %	diametro mm	passante %
		0,0640	49,75
101,600		0,0460	46,99
88,900		0,0325	41,94
76,200		0,0240	36,42
63,500		0,0170	30,21
50,800		0,0125	26,12
38,100		0,0094	21,57
25,400		0,0067	17,20
19,050		0,0047	15,36
12,700		0,0035	13,43
9,520	100,00	0,0024	12,60
6,350	99,75	0,0014	9,93
4,760	99,64	<b>Classi granulometriche</b>	
2,000	98,72	Ciottoli	0,00
0,850	92,48	Ghiaia	0,36
0,420	73,30	Sabbia	47,86
0,177	59,86	Limo	40,25
0,075	51,78	Argilla	11,53

Diametri		
Passante 60%	D60	0,1800
Passante 50%	D50	0,0650
Passante 30%	D30	0,0166
Passante 10%	D10	0,0014
Coefficienti		
Uniformità	U	1,29E+02
Curvatura	C	1,09E+00
Permeabilità (cm/sec)	k	1,96E-06

Peso specifico (valore assunto)	2,7005
---------------------------------	--------

Descrizione
Sabbia con limo argillosa con tracce di ghiaia
Note - Osservazioni
Il coefficiente di permeabilità "k" è calcolato con la formula di Hazen.
Il valore così calcolato è indicativo.

Certificato n° <b>3614.f1-16</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 22</b>
-------------------------------------	--	---

# LIMITI DI ATTERBERG

Norma ASTM D4318-84 – metodo “B”

Scavo	Campione	Profondità	Zero di rif.
CC3	A	0.50 – 0.80	p. c.

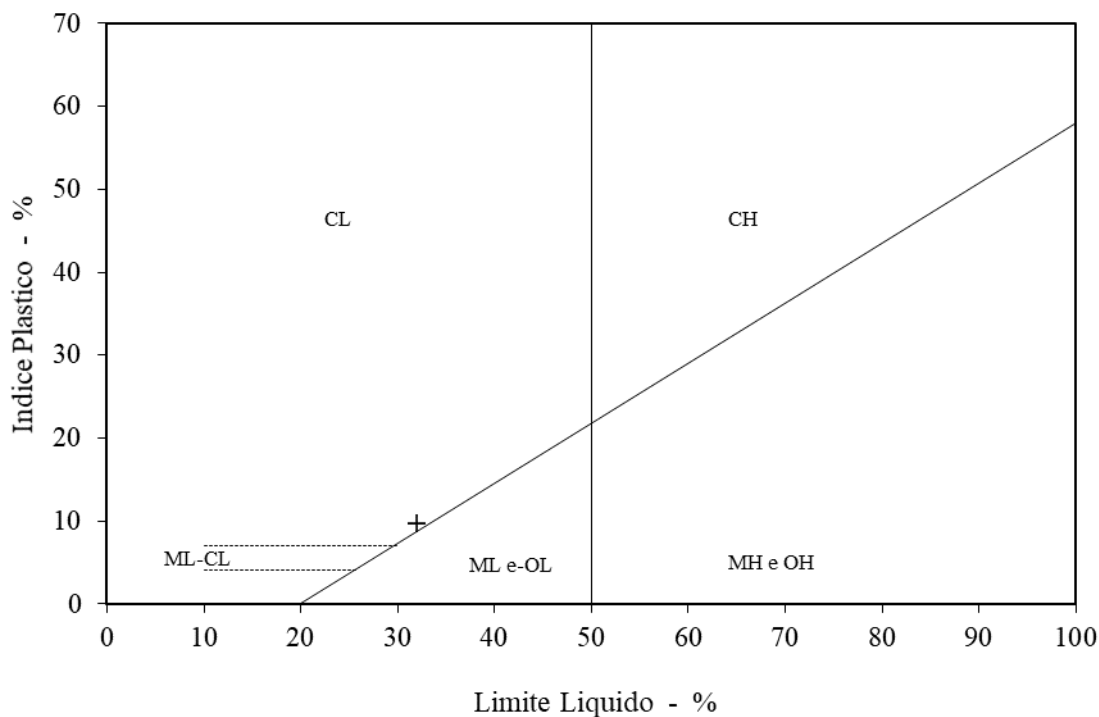
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Provino	n°	1	2	Provino	n°	1	2
Colpi	n°	29	23				
Peso umido lordo	N	1,1416	1,1526	Peso umido lordo	N	0,2918	0,2843
Peso tara	N	1,0311	1,0357	Peso tara	N	0,2791	0,2724
Peso secco lordo	N	1,1150	1,1240	Peso secco lordo	N	0,2895	0,2821
Umidità di prova	%	31,7044	32,3896	Umidità di prova	%	22,1154	22,6804
Limite liquido	%	32,2789	32,0644				

$$LL = \left( \frac{colpi}{25} \right)^{0.121} * wp$$

## RISULTATI DELLA PROVA

Limite Liquido % 32	Limite Plastico % 22	Indice Plastico % 10
---------------------	----------------------	----------------------

## CARTA DELLA PLASTICITA'



Certificato n°	Operatore	Lavoro n°
3614.f1-17		L3614.f1/21 tab. 23

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)  
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

# CLASSIFICAZIONE TERRE

Norma UNI-CNR 10006 – Norma USC SYSTEM

Scavo <b>CC3</b>	Campione <b>A</b>	Profondità <b>0.50 – 0.80</b>	Zero di rif. <b>p. c.</b>
---------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------------

## DATI GRANULOMETRICI

d < 4.760 mm	(%) : 99,64
d < 2.000 mm	(%) : 98,72
d < 0.420 mm	(%) : 73,30
d < 0.074 mm	(%) : 51,78
d < 0.002 mm	(%) : 11,53

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido	(%) : 32
Limite plastico	(%) : 22
Indice plastico	(%) : 10
Umidità naturale	(%) : /

## CLASSI

### Norma U.N.I. – C.N.R. 10006

Gruppo di appartenenza : **A4**

### Qualità delle terre

Qualità portanti come sottofondo in assenza di gelo	: da mediocri a scadenti.
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno	: molto elevata.
Ritiro o rigonfiamento	: lieve o medio.
Permeabilità	: media o scarsa.

### Norma USC SYSTEM

Gruppo di appartenenza : **CL**

### Qualità delle terre

Giudizio come materiale per fondazione	: capacità portante da buona a scarsa.
Giudizio come materiale per rilevati	: stabile.
Caratteristiche di compattazione	: da medie a buone.
Modalità di rullatura	: rulli a piede di pecora o ruote gommate.
Campo di variazione della permeabilità	: da $10^{-6}$ a $10^{-8}$ cm/sec.

Certificato n° <b>3614.f1-18</b>	Operatore 	Lavoro n° <b>L3614.f1/21 tab. 24</b>
-------------------------------------	--	---

## ALLEGATI

L3614.fl/21.cc

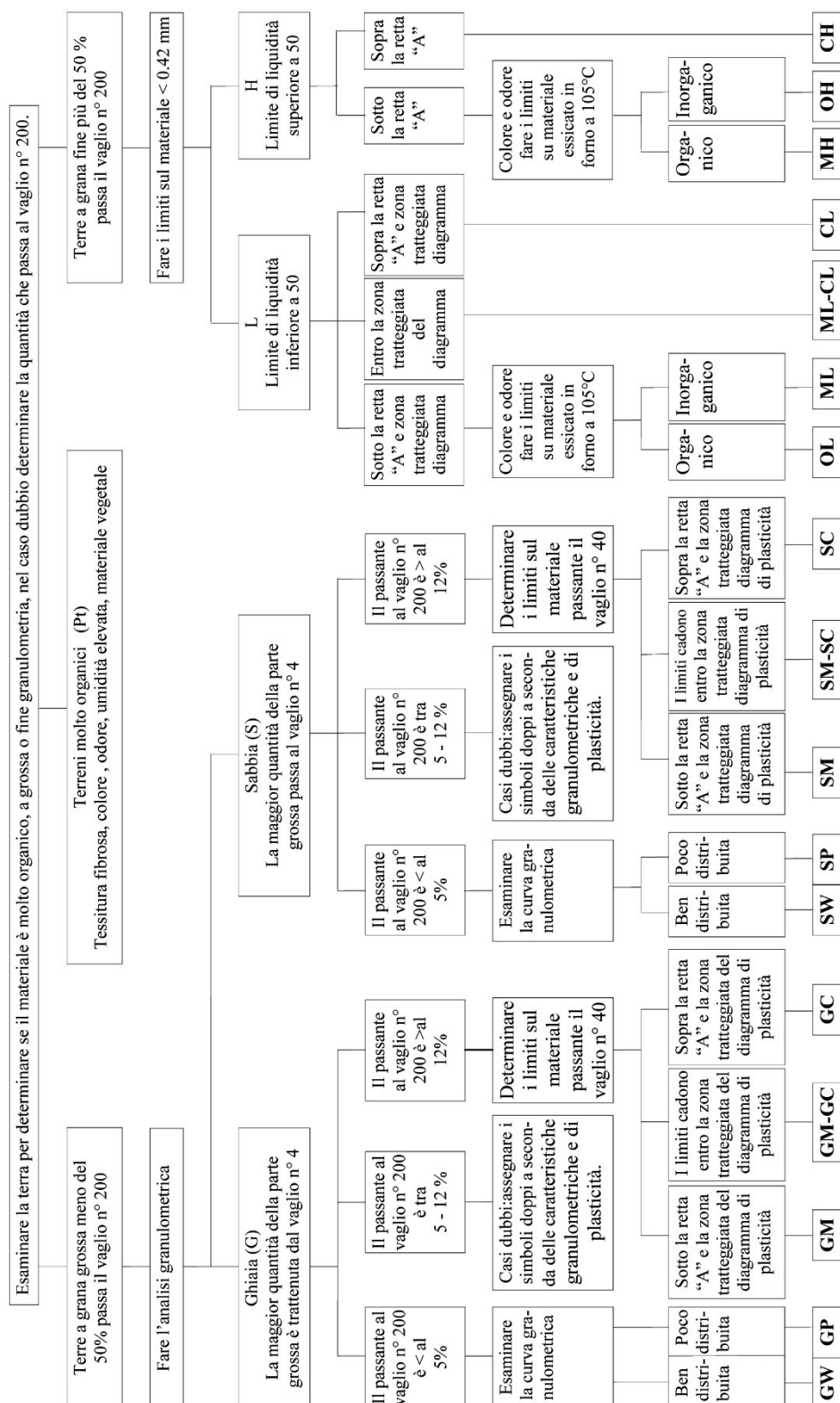
---

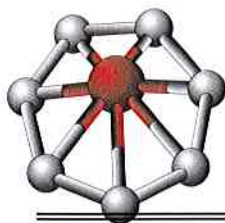
## SCHEMA CLASSIFICAZIONE UNI CNR 10006

Classificazione delle terre	Terre Ghiaio-Sabbiose passante allo staccio 0.075 ≤ 35%					Terre Limo Argillose passante allo staccio 0.075 > 35%					Torbe
Gruppo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	A8
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7			A7-5	A7-6
Granulometria Frazione passante allo staccio :											
2.000 mm	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.400 mm	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche frazione < 0.4 mm											
Limite liquido	-		-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40
Indice plastico	≤ 6		n. p.	≤ 10	≤ 10 max	> 10	> 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10
Indice di gruppo	0	0	0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20
Terre tipiche del gruppo	ghiaia, ghiaia sabbiosa sabbia grossa, pomice scorie vulcaniche	sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa o argillosa				limi poco compressi - bili	limi forti. compressi - bili	argille poco compressi bili	argille forti. compress. fortemente plastiche	Torbe recenti o remote
Qualità portanti del terreno in assenza del gelo	da eccellente a buona		da mediocre a scadente		da mediocre a scadente						
Azione del gelo sulle qualità portanti	nessuna o lieve		media		media						
Ritiro o rigonfiamento	nullo		nulla o lieve		molto elevata lieve o medio elevato						
Permeabilità	elevata		media o scarsa		media o scarsa scarsa o nulla						



## SCHEMA CLASSIFICAZIONE USC SYSTEM



**FIGIT Srl**

Laboratorio Analisi Chimiche

Gestione Impianti

Depurazione Acque

**Rapporto di prova n° 11794/03/21**

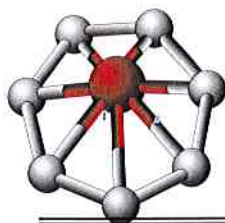
Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA1 - profondità -1,65/-1,8m</b>

**INFORMAZIONI GENERALI**

Descrizione del campione:	Terre e rocce da scavo, Campione CA1 - profondità -1,65/-1,8m
Campionamento effettuato da:	Cliente
Procedura di campionamento:	A cura del Cliente (Dott. Geol. Frati Stefano)
Data di campionamento:	15 marzo 2021
Luogo di campionamento:	Comune di Villa Guardia - vasca centro
Contenitore:	Vetro
Temperatura alla consegna:	Temperatura ambiente
Data accettazione:	17 marzo 2021
Data inizio prove:	17 marzo 2021
Data fine prove:	29 marzo 2021
Note:	-





## Rapporto di prova n° 11794/03/21

Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA1 - profondità -1,65/-1,8m</b>

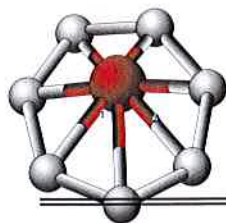
**RISULTATI ANALITICI DETERMINATI SULLA FRAZIONE < 2 mm DEL CAMPIONE SECCO E RIFERITI ALLA TOTALITA' DEI MATERIALI SECCHI, COMPRENSIVI ANCHE DELLO SCHELETRO.**

Nome prova Metodo	Risultato	Unità di misura	LOQ (limite di quantificazione)	Incertezza	Valori limite di legge		
					D.P.R. 120/17 - D. lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. Col A	D.P.R. 120/17 - D. lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. Col B	Altri limiti o deroghe
<b>ARSENICO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	6	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 50	-
<b>CADMIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>COBALTO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 250	-
<b>CROMO TOTALE</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	37	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 800	-
<b>CROMO VI</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XII-6 + APAT CNR IRSA 3150 C Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>MERCURIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 1	≤ 5	-
<b>NICHEL</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	31	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 500	-
<b>PIOMBO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	9	mg/kg ss	1	-	≤ 100	≤ 1000	-
<b>RAME</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	16	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 600	-
<b>ZINCO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	47	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 1500	-
<b>IDROCARBURI C &gt;12</b> <small>CNR IRSA 21 Q Vol 3 1988 + EPA 8440 1996</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 50	≤ 750	-
<b>AMIANTO</b> <small>D.M. 06/09/94 SO G.U. n° 220 20/09/94</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	100	-	≤ 1000	≤ 1000	-

inf. LOQ : Inferiore al limite di quantificazione.

Il Responsabile del Laboratorio  
P.I. Alfredo Mazzorati  
Ordine dei P.I. e dei P.I.L.  
di Monza e della Brianza n° 5228

In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, il punto di prelievo e la metodica di prelievo, se indicati, sono stati dichiarati dal Cliente sotto la propria responsabilità. In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto. La denominazione del campione è fornita dal Cliente. Figit Srl declina la responsabilità per tutti i dati forniti dal Cliente. I dati di prova riportati sono riferiti esclusivamente al campione accettato ed esaminato. Il presente RdP non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta di Figit Srl. L'incertezza di misura, se calcolata, è espressa come incertezza estesa, utilizzando un fattore di copertura (k=2) pari ai gradi di libertà calcolati corrispondenti ad un livello di fiducia pari al 95%. L'incertezza di misura se calcolata non viene sommata o sottratta al risultato per il confronto con il valore limite.



**FIGIT Srl**

Laboratorio Analisi Chimiche

Gestione Impianti

Depurazione Acque

**Allegato al Rapporto di prova n° 11794/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

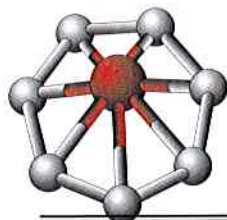
Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA1 - profondità -1,65/-1,8m</b>

**GIUDIZIO**

Secondo il D.P.R. 120/17 - Dlg. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A il terreno, in base ai risultati analitici ottenuti sul campione consegnato ed analizzato, risulta essere conforme per quanto riguarda i parametri verificati sulla frazione < 2 mm del campione secco e riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensivi anche dello scheletro.





**FIGIT Srl**

Laboratorio Analisi Chimiche  
Gestione Impianti  
Depurazione Acque

**Rapporto di prova n° 11795/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

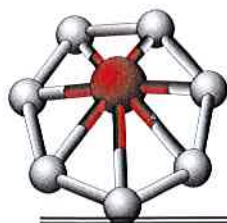
Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA2 - profondità -0,5/-1,0m</b>

**INFORMAZIONI GENERALI**

Descrizione del campione:	Terre e rocce da scavo, Campione CA2 - profondità -0,5/-1,0m
Campionamento effettuato da:	Cliente
Procedura di campionamento:	A cura del Cliente (Dott. Geol. Frati Stefano)
Data di campionamento:	15 marzo 2021
Luogo di campionamento:	Comune di Villa Guardia - vasca centro
Contenitore:	Vetro
Temperatura alla consegna:	Temperatura ambiente
Data accettazione:	17 marzo 2021
Data inizio prove:	17 marzo 2021
Data fine prove:	29 marzo 2021
Note:	-







## Rapporto di prova n° 11795/03/21

Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA2 - profondità -0,5/-1,0m</b>

### RISULTATI ANALITICI DETERMINATI SULLA FRAZIONE < 2 mm DEL CAMPIONE SECCO E RIFERITI ALLA TOTALITA' DEI MATERIALI SECCHI, COMPRENSIVI ANCHE DELLO SCHELETRO.

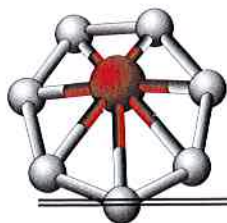
Nome prova Metodo	Risultato	Unità di misura	LOQ (limite di quantificazione)	Incertezza	Valori limite di legge		
					D.P.R. 120/17 - D. lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A	D.P.R. 120/17 - D. lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col B	Altri limiti o deroghe
<b>ARSENICO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 50	-
<b>CADMIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>COBALTO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 250	-
<b>CROMO TOTALE</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	30	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 800	-
<b>CROMO VI</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XII-6 + APAT CNR IRSA 3150 C Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>MERCURIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 1	≤ 5	-
<b>NICHEL</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	22	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 500	-
<b>PIOMBO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	10	mg/kg ss	1	-	≤ 100	≤ 1000	-
<b>RAME</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	38	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 600	-
<b>ZINCO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	42	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 1500	-
<b>IDROCARBURI C &gt;12</b> <small>CNR IRSA 21 Q Vol 3 1988 + EPA 8440 1996</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 50	≤ 750	-
<b>AMIANTO</b> <small>D.M. 06/09/94 SO G.U. n° 220 20/09/94</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	100	-	≤ 1000	≤ 1000	-

inf. LOQ : Inferiore al limite di quantificazione

Il Responsabile del Laboratorio  
Alfredo Marzocchi  
Ordine dei P. I. e dei P. I. L.  
di Monza e della Brianza n° 523

In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, il punto di prelievo e la metodica di prelievo, se indicati, sono stati dichiarati dal Cliente sotto la propria responsabilità. In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto. La denominazione del campione è fornita dal Cliente. Figit Srl declina la responsabilità per i dati forniti dal Cliente. I dati di prova riportati sono riferiti esclusivamente al campione accettato ed esaminato. Il presente RdP non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta di Figit Srl. L'incertezza di misura, se calcolata, è espressa come incertezza estesa, utilizzando un fattore di copertura (k=2) pari ai gradi di libertà calcolati corrispondenti ad un livello di fiducia pari al 95%. L'incertezza di misura se calcolata non viene sommata o sottratta al risultato per il confronto con il valore limite.





**FIGIT Srl**

Laboratorio Analisi Chimiche

Gestione Impianti

Depurazione Acque

---

---

**Allegato al Rapporto di prova n° 11795/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA2 - profondità -0,5/-1,0m</b>

---

---

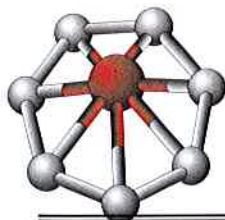
**GIUDIZIO**

---

---

Secondo il D.P.R. 120/17 - Dlg. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A il terreno, in base ai risultati analitici ottenuti sul campione consegnato ed analizzato, risulta essere conforme per quanto riguarda i parametri verificati sulla frazione < 2 mm del campione secco e riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensivi anche dello scheletro.



**FIGIT Srl**

Laboratorio Analisi Chimiche  
Gestione Impianti  
Depurazione Acque

**Rapporto di prova n° 11796/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

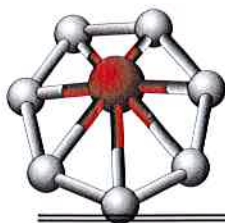
Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA3 - profondità -0,5/-1,0m</b>

**INFORMAZIONI GENERALI**

Descrizione del campione:	Terre e rocce da scavo, Campione CA3 - profondità -0,5/-1,0m
Campionamento effettuato da:	Cliente
Procedura di campionamento:	A cura del Cliente (Dott. Geol. Frati Stefano)
Data di campionamento:	15 marzo 2021
Luogo di campionamento:	Comune di Villa Guardia - vasca centro
Contenitore:	Vetro
Temperatura alla consegna:	Temperatura ambiente
Data accettazione:	17 marzo 2021
Data inizio prove:	17 marzo 2021
Data fine prove:	29 marzo 2021
Note:	-







## Rapporto di prova n° 11796/03/21

Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA3 - profondità -0,5/-1,0m</b>

### RISULTATI ANALITICI DETERMINATI SULLA FRAZIONE < 2 mm DEL CAMPIONE SECCO E RIFERITI ALLA TOTALITA' DEI MATERIALI SECCHI, COMPENSIVI ANCHE DELLO SCHELETRO.

Nome prova Metodo	Risultato	Unità di misura	LOQ (limite di quantificazione)	Incertezza	Valori limite di legge		
					D.P.R. 120/17 - D. lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A	D.P.R. 120/17 - D. lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col B	Altri limiti o deroghe
<b>ARSENICO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	3	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 50	-
<b>CADMIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>COBALTO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 250	-
<b>CROMO TOTALE</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	31	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 800	-
<b>CROMO VI</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. X01-6 + APAT CNR IRSA 3150 C Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>MERCURIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 1	≤ 5	-
<b>NICHEL</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	24	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 500	-
<b>PIOMBO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	10	mg/kg ss	1	-	≤ 100	≤ 1000	-
<b>RAME</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	15	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 600	-
<b>ZINCO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	51	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 1500	-
<b>IDROCARBURI C &gt;12</b> <small>CNR IRSA 21 Q Vol 3 1988 + EPA 8440 1995</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 50	≤ 750	-
<b>AMIANTO</b> <small>D.M. 06/09/94 SO G.U. n° 220 20/09/94</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	100	-	≤ 1000	≤ 1000	-

inf. LOQ : Inferiore al limite di quantificazione

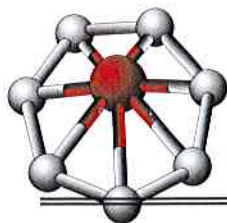
Il Responsabile del Laboratorio  
P. Alfredo Marzotati  
Ordine dei P. I. e dei P. I. L.  
di Monza e della Brianza n° 529

In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, il punto di prelievo e la metodica di prelievo, se indicati, sono stati dichiarati dal Cliente sotto la propria responsabilità. In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto. La denominazione del campione è fornita dal Cliente. Figit Srl declina la responsabilità per i dati forniti dal Cliente. I dati di prova riportati sono riferiti esclusivamente al campione accettato ed esaminato. Il presente RdP non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta di Figit Srl. L'incertezza di misura, se calcolata, è espressa come incertezza estesa, utilizzando un fattore di copertura (k=2) pari ai gradi di libertà calcolati corrispondenti ad un livello di fiducia pari al 95%. L'incertezza di misura se calcolata non viene sommata o sottratta al risultato per il confronto con il valore limite.

MGQ 7.8.3 Rev. 00 del 17/06/2019

pagina 2 di 2





**FIGIT Srl**

Laboratorio Analisi Chimiche  
Gestione Impianti  
Depurazione Acque

**Allegato al Rapporto di prova n° 11796/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

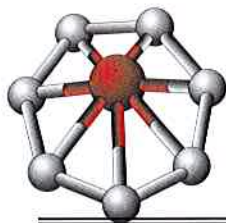
Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA3 - profondità -0,5/-1,0m</b>

**GIUDIZIO**

Secondo il D.P.R. 120/17 - Dlg. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A il terreno, in base ai risultati analitici ottenuti sul campione consegnato ed analizzato, risulta essere conforme per quanto riguarda i parametri verificati sulla frazione < 2 mm del campione secco e riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensivi anche dello scheletro.





**FIGIT Srl**Laboratorio Analisi Chimiche  
Gestione Impianti  
Depurazione Acque**Rapporto di prova n° 11797/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA4 - profondità -0,5/-1,0m</b>

**INFORMAZIONI GENERALI**

Descrizione del campione:	Terre e rocce da scavo, Campione CA4 - profondità -0,5/-1,0m
Campionamento effettuato da:	Cliente
Procedura di campionamento:	A cura del Cliente (Dott. Geol. Frati Stefano)
Data di campionamento:	15 marzo 2021
Luogo di campionamento:	Comune di Villa Guardia - vasca centro
Contenitore:	Vetro
Temperatura alla consegna:	Temperatura ambiente
Data accettazione:	17 marzo 2021
Data inizio prove:	17 marzo 2021
Data fine prove:	29 marzo 2021
Note:	-

**RISULTATI ANALITICI DETERMINATI SULLA FRAZIONE < 2 mm DEL CAMPIONE SECCO E RIFERITI ALLA TOTALITA' DEI MATERIALI SECCHI, COMPRENSIVI ANCHE DELLO SCHELETRO.**

Nome prova Metodo	Risultato	Unità di misura	LOQ (limite di quantificazione)	Incertezza	Valori limite di legge		
					D.P.R. 120/17 - D.lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A	D.P.R. 120/17 - D.lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col B	Altri limiti o deroghe
<b>ARSENICO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR RSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 50	-
<b>CADMIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR RSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>COBALTO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR RSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 20	≤ 250	-
<b>CROMO VI</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XII-6 + APAT CNR RSA 3150 C Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 2	≤ 15	-
<b>CROMO TOTALE</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR RSA 3020 Man 29 2003</small>	37	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 800	-

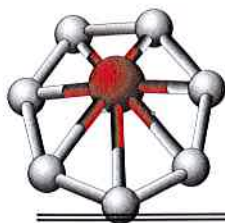
inf. LOQ : Inferiore al limite di quantificazione

MGQ 7.8.3 Rev. 00 del 17/06/2019

pagina 1 di 3

sede legale e operativa: via Arconi, 70 - 22063 Cantù (Co) - Tel. 031.7073711 - Fax 031.706926  
E-mail: info@figit.it - www.figit.it  
Cod. Fisc. e Partita IVA 02631770134 - C.C.I.A.A. 02631770134 - R.E.A. 270761 - C.A. 71.20.10





## Rapporto di prova n° 11797/03/21

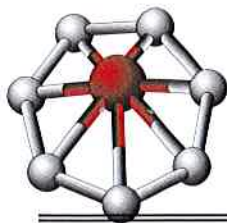
Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA4 - profondità -0,5/-1,0m</b>

**RISULTATI ANALITICI DETERMINATI SULLA FRAZIONE < 2 mm DEL CAMPIONE SECCO E RIFERITI ALLA TOTALITA' DEI MATERIALI SECCHI, COMPRENSIVI ANCHE DELLO SCHELETRO.**

Nome prova Metodo	Risultato	Unità di misura	LOQ (limite di quantificazione)	Incertezza	Valori limite di legge		
					D.P.R. 120/17 - D.lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A	D.P.R. 120/17 - D.lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col B	Altri limiti o deroghe
<b>MERCURIO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 1	≤ 5	-
<b>NICHEL</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	28	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 500	-
<b>PIOMBO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	12	mg/kg ss	1	-	≤ 100	≤ 1000	-
<b>RAME</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	22	mg/kg ss	1	-	≤ 120	≤ 600	-
<b>ZINCO</b> <small>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI-1 pt. 4.1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003</small>	54	mg/kg ss	1	-	≤ 150	≤ 1500	-
<b>IDROCARBURI C ≤ 12</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8015 D 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 10	≤ 250	-
<b>IDROCARBURI C &gt; 12</b> <small>CNR IRSA 21 Q Vol 3 1988 + EPA 8440 1996</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1	-	≤ 50	≤ 750	-
<b>AMIANTO</b> <small>D.M. 06/09/94 SO G.U. n° 220 20/09/94</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	100	-	≤ 1000	≤ 1000	-
<b>BENZENE</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8015 D 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,05	-	≤ 0,1	≤ 2	-
<b>ETILBENZENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8015 D 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,05	-	≤ 0,5	≤ 50	-
<b>STIRENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8015 D 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,05	-	≤ 0,5	≤ 50	-
<b>TOLUENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8015 D 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,05	-	≤ 0,5	≤ 50	-
<b>XILENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8015 D 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,05	-	≤ 0,5	≤ 50	-
<b>SOMMATORIA ORGANICI AROMATICI (i) da calcolo</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8015 D 2003</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,05	-	≤ 1	≤ 100	-

inf. LOQ : Inferiore al limite di quantificazione

**FIGIT Srl**Laboratorio Analisi Chimiche  
Gestione Impianti  
Depurazione Acque**Rapporto di prova n° 11797/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA4 - profondità -0,5/-1,0m</b>

**RISULTATI ANALITICI DETERMINATI SULLA FRAZIONE < 2 mm DEL CAMPIONE SECCO E RIFERITI ALLA TOTALITA' DEI MATERIALI SECCHI, COMPRENSIVI ANCHE DELLO SCHELETRO.**

Nome prova Metodo	Risultato	Unità di misura	LOQ (limite di quantificazione)	Incertezza	Valori limite di legge		
					D.P.R. 120/17 - D.lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A	D.P.R. 120/17 - D.lgs. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col B	Altri limiti o deroghe
<b>BENZO(a)ANTRACENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,10	-	≤ 0,5	≤ 10	-
<b>BENZO(a)PIRENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 10	-
<b>BENZO(b)FLUORANTENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,10	-	≤ 0,5	≤ 10	-
<b>BENZO(k)FLUORANTENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,10	-	≤ 0,5	≤ 10	-
<b>BENZO(g,h,i)PERILENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 10	-
<b>CRISENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,10	-	≤ 5	≤ 50	-
<b>DIBENZO(a,e)PIRENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 10	-
<b>DIBENZO(a,l)PIRENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 10	-
<b>DIBENZO(a,i)PIRENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 10	-
<b>DIBENZO(a,h)PIRENE (i)</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 10	-
<b>DIBENZO(a,h)ANTRACENE</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 10	-
<b>INDENOPIRENE</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,02	-	≤ 0,1	≤ 5	-
<b>PIRENE</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	0,10	-	≤ 5	≤ 50	-
<b>SOMMATORIA I.P.A. (i) da calcolo</b> <small>EPA 3550 C 2007 + EPA 8310 1986</small>	inf. LOQ	mg/kg ss	1,00	-	≤ 10	≤ 100	-

inf. LOQ Inferiore al limite di quantificazione

Il Responsabile del Laboratorio  
P.I. Alfredo Marzorati  
Ordine dei P.I. e dei P.I.L.  
di Monza e della Brianza n°523

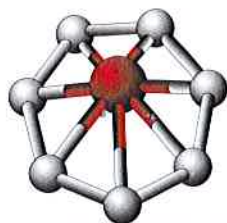
In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, il punto di prelievo e la metodica di prelievo, se indicati, sono stati dichiarati dal Cliente sotto la propria responsabilità. In caso di campionamento non eseguito dal laboratorio, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto. La denominazione del campione è fornita dal Cliente. FIGIT Srl declina la responsabilità per tutti gli usi non previsti. I dati di prova riportati sono riferiti esclusivamente al campione accettato ed esaminato. Il presente RdP non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta di FIGIT Srl. L'incertezza di misura, se calcolata, è espressa come incertezza estesa, utilizzando un fattore di copertura (k=2) pari ai gradi di libertà calcolati corrispondenti ad un livello di fiducia pari al 95%. L'incertezza di misura se calcolata non viene somministrata al risultato per il confronto con il valore limite.

MGQ 7.8.3 Rev. 00 del 17/06/2019

pagina 3 di 3

sede legale e operativa: via Arconi, 70 - 22063 Cantù (Co) - Tel. 031.7073711 - Fax 031.706926  
E-mail: info@figit.it - www.figit.it  
Cod. Fisc. e Partita IVA 02631770134 - C.C.I.A.A. 02631770134 - R.E.A. 270761 - C.A. 71.20.10





**FIGIT Srl**

Laboratorio Analisi Chimiche

Gestione Impianti

Depurazione Acque

---

---

**Allegato al Rapporto di prova n° 11797/03/21**

Cantù, 30 marzo 2021

Cliente:	<b>FRATI STEFANO</b> <b>Via Faverio, 2 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)</b>
Produttore/Origine:	<b>AIPO - PALAZZO SISTEMA</b> <b>Via Taramelli, 12 - 20124 MILANO (MI)</b>
Denominazione del campione:	<b>Terre e rocce da scavo, Campione CA4 - profondità -0,5/-1,0m</b>

---

---

**GIUDIZIO**

---

---

Secondo il D.P.R. 120/17 - Dlg. 152/06 All. al titolo V, All. 5 Tab. 1 Col A il terreno, in base ai risultati analitici ottenuti sul campione consegnato ed analizzato, risulta essere conforme per quanto riguarda i parametri verificati sulla frazione < 2 mm del campione secco e riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensivi anche dello scheletro.





EUROGEO S.R.L. - INDAGINI GEOGNOSTICHE  
Via Sentrone, 10 - 20037 Paderno Dugnano (MI)  
Tel. 02.91084691 - Fax 02.99108919

Info@eurogeosrl.it - eurogeosrl@pec.eurogeosrl.it  
[www.eurogeosrl.it](http://www.eurogeosrl.it)



UNI EN ISO 9001:2015

## PROVA PENETROMETRICA SCPT: **P5**

LOCALITÀ: Area Centro - Villa Guardia (CO)

Data di esecuzione: 13/10/2021


Committente: AlPo

Scala diagramma: 1:100

Avanzamento punta: 

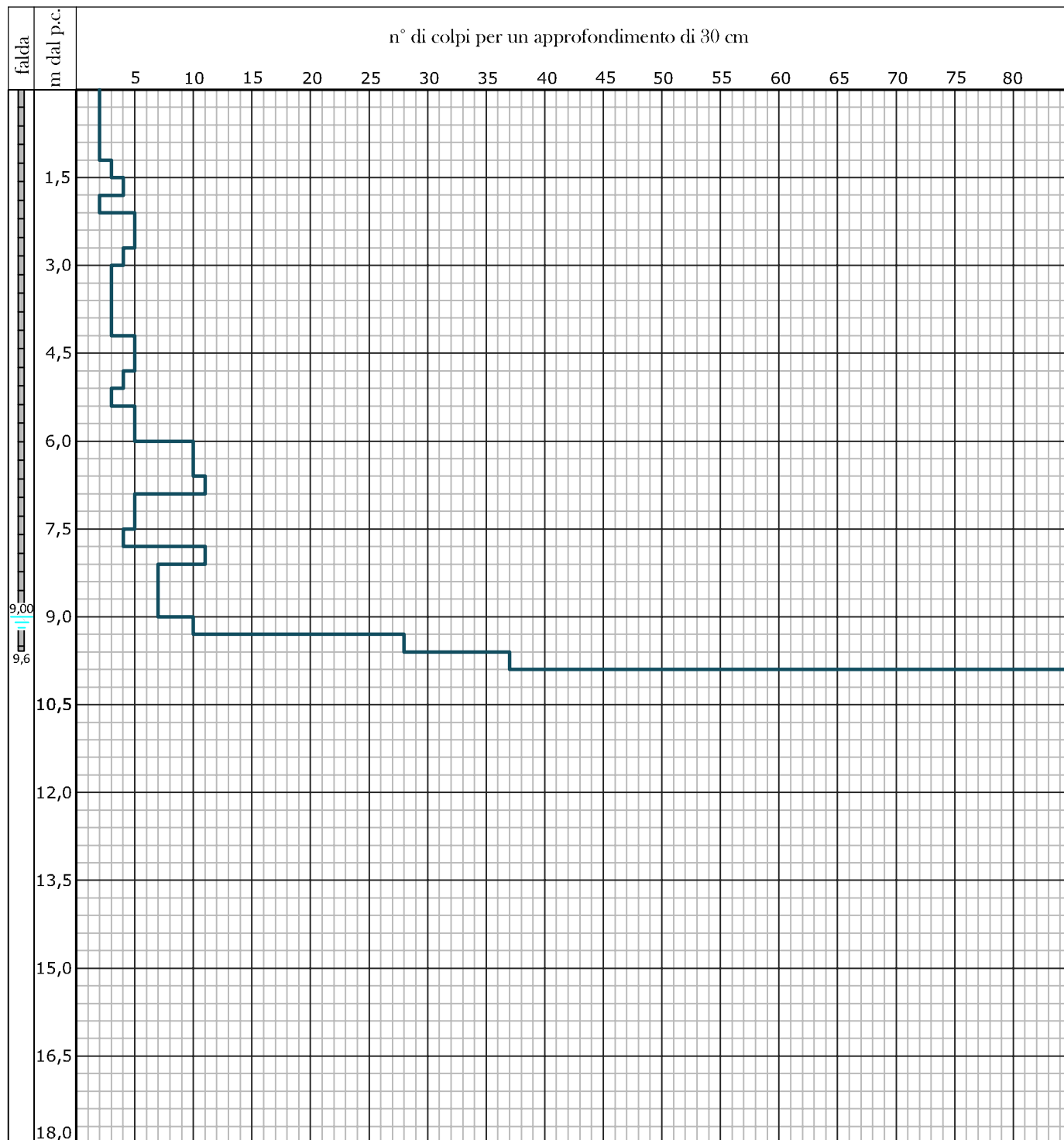
Avanzamento rivestimento: 

Piezometro  $\Phi$  1/2"

 tratto cieco

 tratto fessurato

Note: aste asciutte.



Strumento utilizzato: Penetrometro PAGANI Mod.: TG63-200



EUROGEO S.R.L. - INDAGINI GEOGNOSTICHE  
Via Sentrone, 10 - 20037 Paderno Dugnano (MI)  
Tel. 02.91084691 - Fax 02.99108919

Info@eurogeosrl.it - eurogeosrl@pec.eurogeosrl.it  
[www.eurogeosrl.it](http://www.eurogeosrl.it)



UNI EN ISO 9001:2015

## PROVA PENETROMETRICA SCPT: **P7**

LOCALITÀ: Area Centro - Villa Guardia (CO)

Data di esecuzione: 13/10/2021


Committente: AlPo

Scala diagramma: 1:100

Avanzamento punta: 

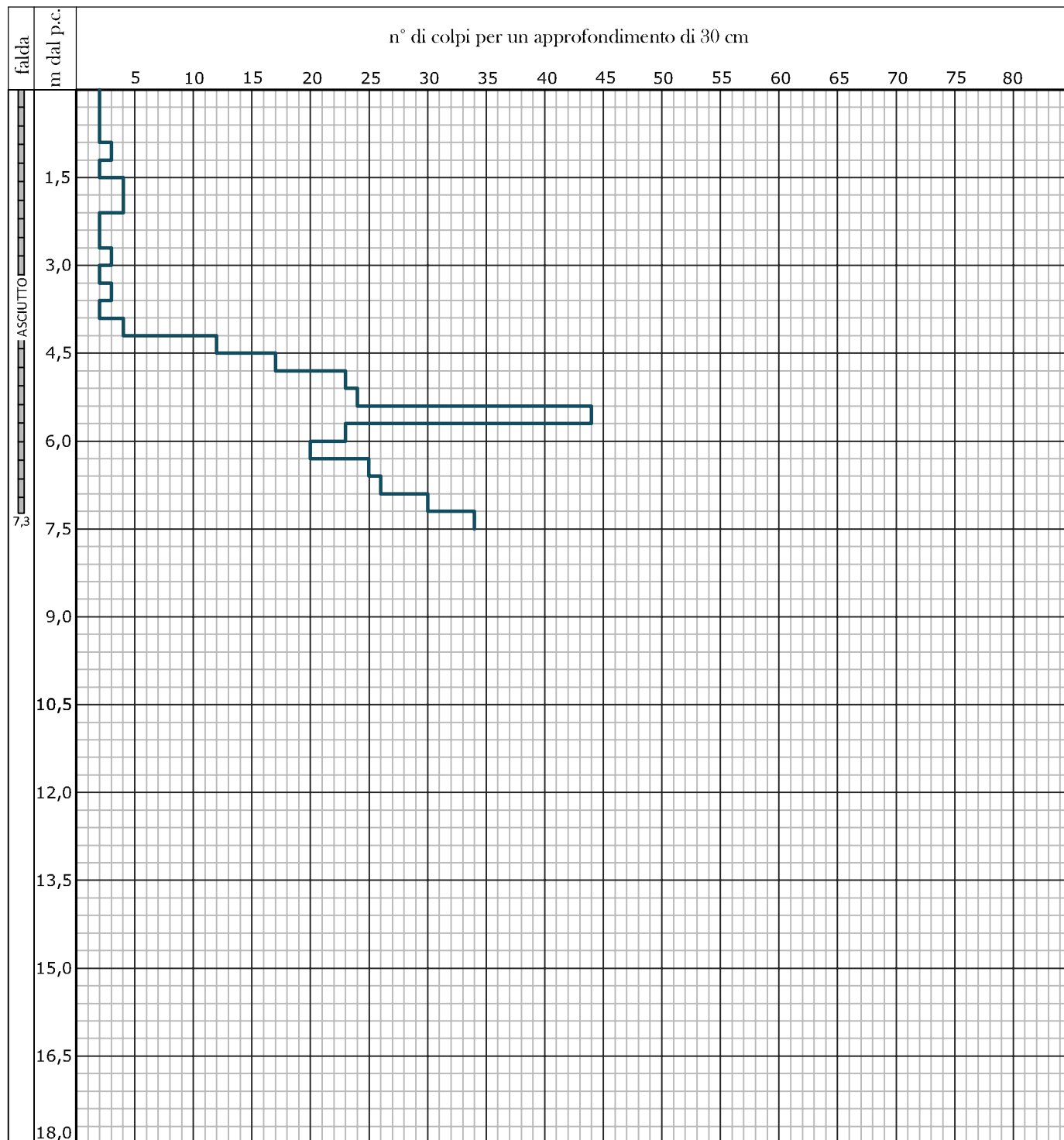
Avanzamento rivestimento: 

Piezometro  $\Phi$  1/2"

 tratto cieco

 tratto fessurato

Note: aste asciutte.



Strumento utilizzato: Penetrometro PAGANI Mod.: TG63-200





EUROGEO S.R.L. - INDAGINI GEOGNOSTICHE  
Via Sentrone, 10 - 20037 Paderno Dugnano (MI)  
Tel. 02.91084691 - Fax 02.99108919

Info@eurogeosrl.it - eurogeosrl@pec.eurogeosrl.it  
[www.eurogeosrl.it](http://www.eurogeosrl.it)



UNI EN ISO 9001:2015

## PROVA PENETROMETRICA SCPT: **P6**

LOCALITÀ: Area Centro - Villa Guardia (CO)


Data di esecuzione: 13/10/2021

Committente: AlPo

Scala diagramma: 1:100

Piezometro  $\Phi$  1/2"

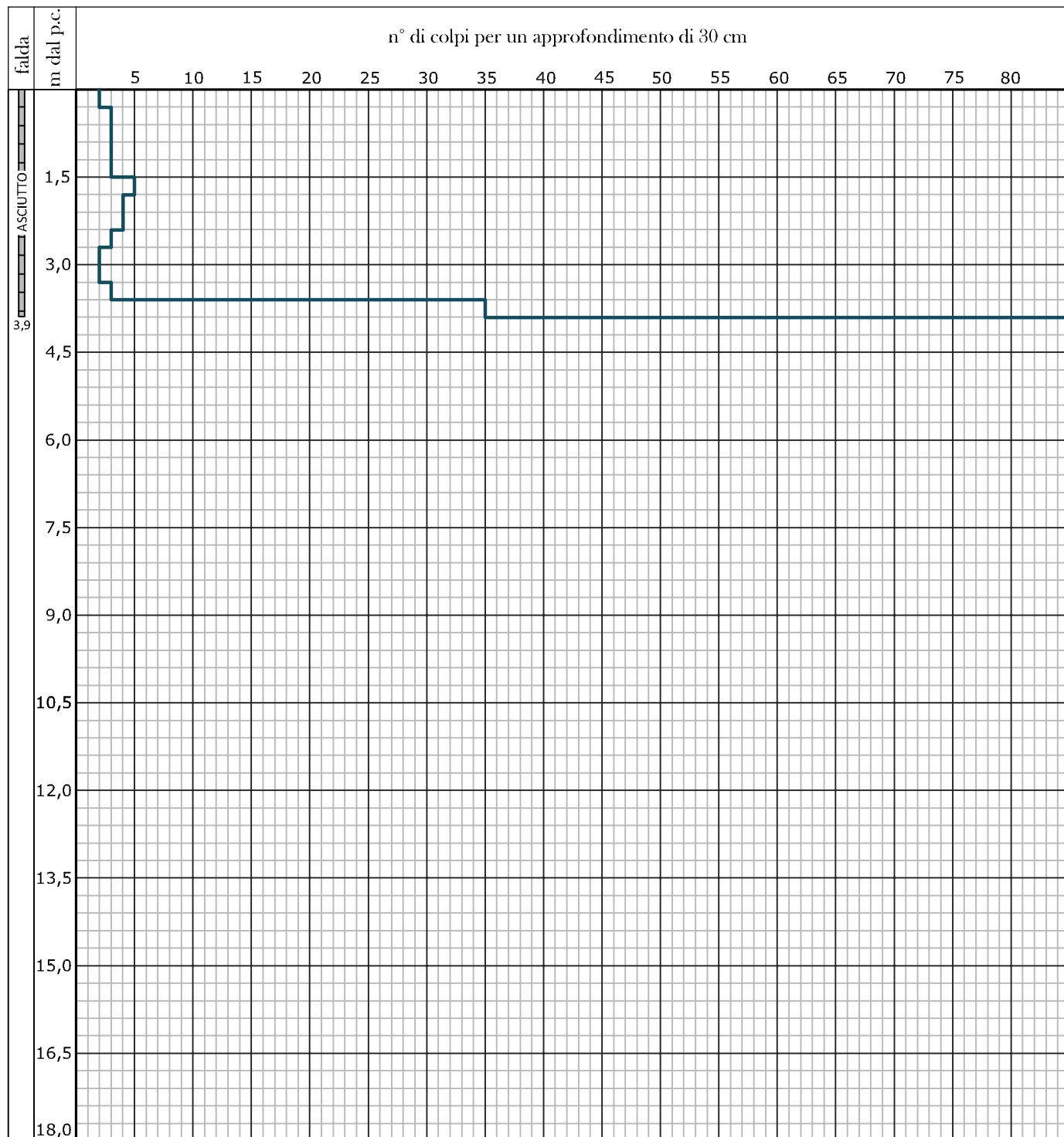
Avanzamento punta: 

 tratto cieco

 tratto fessurato

Avanzamento rivestimento: 

Note: aste asciutte.



Strumento utilizzato: Penetrometro PAGANI Mod.: TG63-200

# **INDAGINI GEOFISICHE**

## **1 - ANALISI HVSR**

Allo scopo di migliorare la definizione del profilo verticale  $V_s$  nelle porzioni più profonde e di calcolare la possibile frequenza di risonanza di sito, si è scelto di eseguire, in corrispondenza di entrambi gli stendimenti sismici MASW, una misurazione dei microtrempi sismici ambientali per la definizione e l'analisi del rapporto spettrale H/V.

### ***1.1 - Cenni sulla metodologia HVSR***

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. La prova a stazione singola consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde  $S$  nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza  $f_r$  relativa alla configurazione stratigrafica del sito (con  $f_r$  circa uguale al rapporto fra la velocità media delle onde  $S$  fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità). Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

### ***1.2 - Acquisizione dei dati***

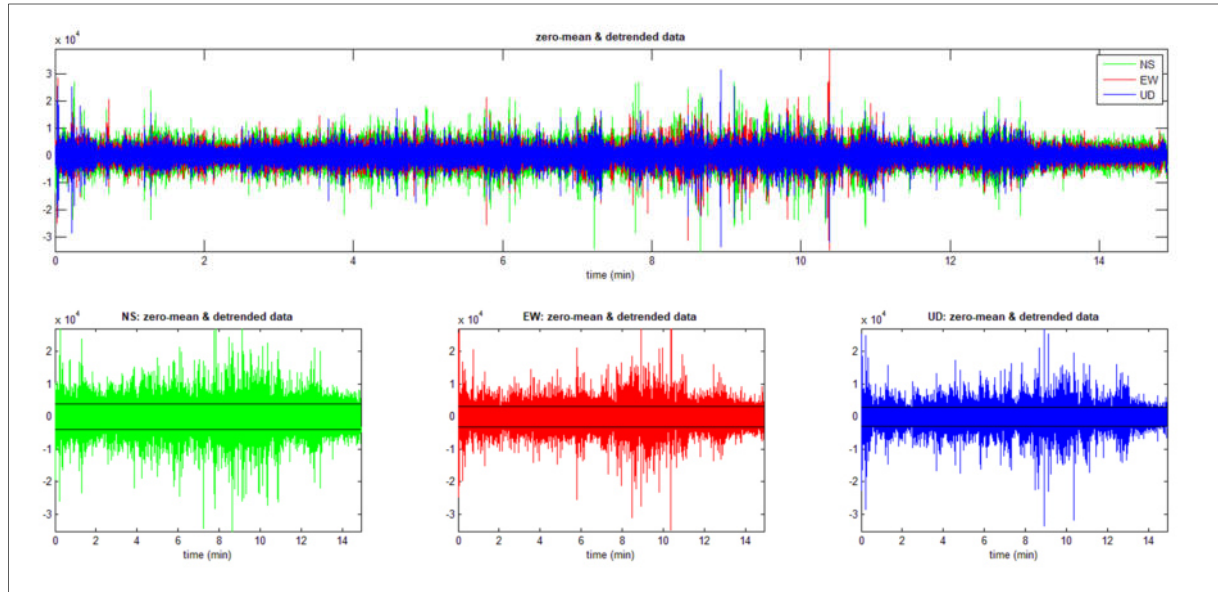
All'interno dell'area d'indagine è stata eseguita, mediante stazione singola o tromometro, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 15 minuti.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- un sistema di ricezione costituito da un tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtrempo lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

### 1.3 - Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW* versione *Acd 7.1*, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto.

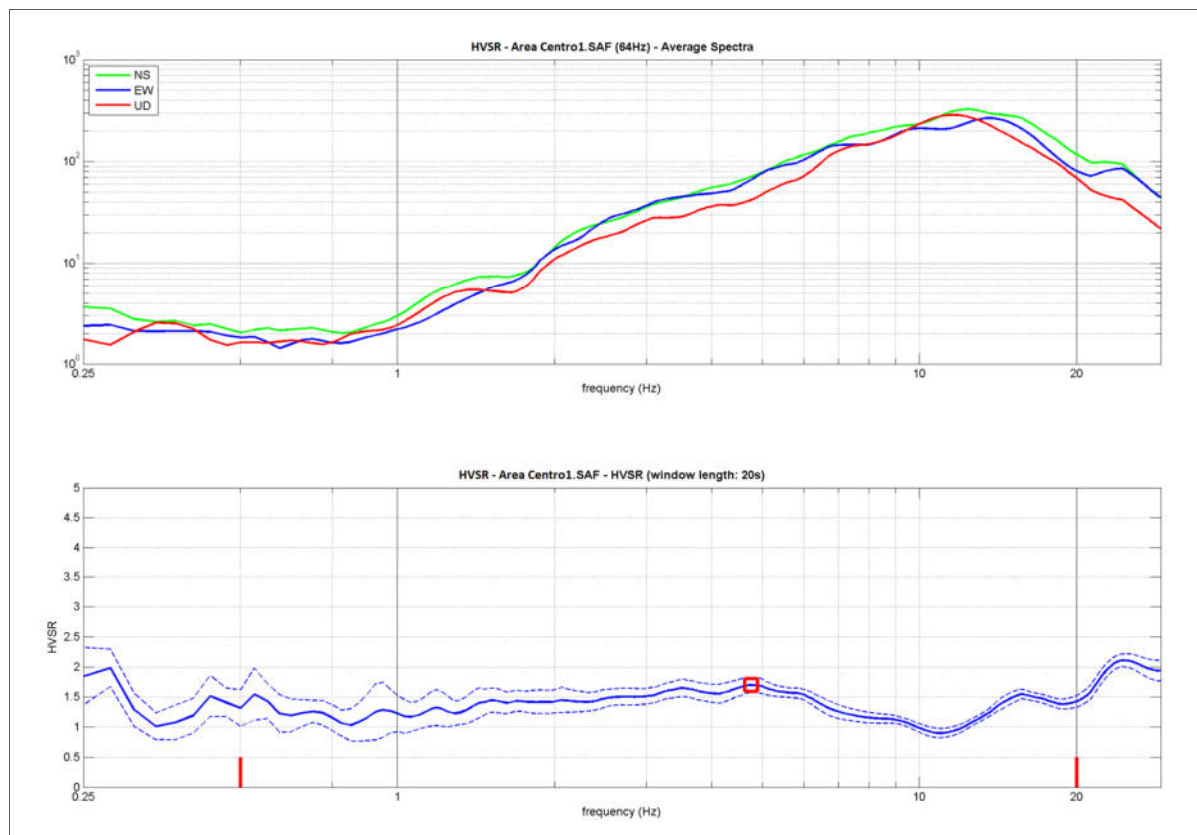


**Fig. 1** - Visualizzazione dei dati dopo la rimozione degli eventi transienti.

La determinazione della curva HVSR ha previsto in sintesi i seguenti steps:

- 1) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato (vedi figura precedente).
- 2) Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
- 3) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
- 4) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
- 5) Somma delle due componenti orizzontali x e y.
- 6) Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
- 7) Calcolo della curva HVSR media tra le *n* curve HVSR.

I risultati parziali ottenuti, durante le fasi di elaborazione delle curve H/V, sono stati iterativamente controllati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR.



**Fig. 2** - Visualizzazione HVSR e spettro medio di ampiezza del sito indagato.

La rispettiva curva HVSR sotto riportata, indica un picco principale a circa 4,8 Hz; la sua validità viene verificata, mediante software *winMASW*, secondo i criteri di ammissibilità del progetto SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti).

---

#### **Criteria for a reliable H/V curve** (Criteri per una curva affidabile)

- #1.  $[f_0 > 10/L_w]$ :  $4.755 > 0.5$  (OK)
  - #2.  $[n_c > 200]$ :  $1426 > 200$  (OK)
  - #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)
- 

#### **Criteria for a clear H/V peak** (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1.  $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2]$ : (NO)
- #2.  $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]$ : yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $1.7 < 2$  (NO)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (NO)
- #5.  $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$ :  $4.790 > 0.238$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.126 < 1.58$  (OK)

#### **1.4 - Descrizione dei risultati**

Il picco a 4,8 Hz con ampiezza pari a 1,7 rispetta tutti i criteri *SESAME* per una curva affidabile; tuttavia, non è rispettata la condizione che prevede la verifica di un minimo di 5 criteri su 6 per un picco chiaro, nonostante siano stati modificati, in diverso modo, i parametri di elaborazione affinché essi fossero tutti verificati.

Dall'analisi della curva HVSR, eseguita tra 0,5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), è quindi risultata una possibile frequenza principale di risonanza attorno a 4,8 Hz. Questa non può essere definita come certamente significativa ai fini dell'individuazione di una possibile frequenza di risonanza di sito.

L'assenza di picchi di frequenza significativi a profondità di interesse sismostratigrafico è correlabile alla mancanza di contrasti di impedenza sismica all'interno della sequenza deposizionale alluvionale indagata e/o all'aumento graduale, con la profondità, delle caratteristiche di addensamento dei depositi stessi.

Alla luce di tali ipotesi si è pertanto opportunamente scelto di non modellare la curva HVSR per trarre informazioni di tipo sismostratigrafico desunte invece dall'analisi MASW di seguito riportata.



## 2 - INDAGINE SISMICA MASW

### 2.1 - Cenni sulla metodologia MASW

Con una prospezione sismica *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda ( $\lambda$ ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta *velocità di fase*.

Le *MASW* attive sono realizzate tramite analisi delle onde di Rayleigh o di Love oppure, congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'interazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale, la classica martellata. Le onde di Love invece vengono acquisite mediante geofoni a componente orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante le indagini in oggetto sono state registrate sia la componente verticale delle onde di Rayleigh sia le onde di Love.

Il principio della tecnica *MASW* prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio  $V_s$  e lo spessore degli strati. La velocità delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) infatti è correlabile alla  $V_s$ , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio. L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi *MASW*, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh o di Love è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh o di Love si verifica senza problemi anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo *MASW* non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.
3. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

## 2.2 - Acquisizione dei dati

L'ubicazione e la lunghezza degli stendimenti sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi e delle indicazioni fornite dai tecnici dalla committenza. Entrambi gli allineamenti sismici hanno previsto per l'acquisizione delle onde di Rayleigh una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (2-4-6-8-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione. Per l'acquisizione delle onde di Love entrambi gli allineamenti sismici hanno previsto invece una distanza intergeofonica pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni con offset di 4 m dall'ultimo geofono.

L'acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale. L'acquisizione delle onde di Love è avvenuta mediante uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente orizzontale posti trasversalmente all'allungamento dello stendimento, generando un'onda sismica di taglio mediante martellata orizzontale su piastra posta verticalmente nel terreno. La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale e orizzontale di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (*Geospace GS11D*) e da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Love) a movimento orizzontale (Senshe con livello a bolla), entrambi a frequenza di 4,5 Hz e puntali da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

## 2.3 - Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

### Determinazione degli spettri di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità  $V_s$ , mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase. Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto quindi il sismogramma più idoneo, quello solitamente con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (**Fig. 5**).

Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi*, che possono sovrapporsi all'interno degli spettri di velocità.

Se tale sovrapposizione avviene, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione. Al fine di individuare i modi corretti e correlabili

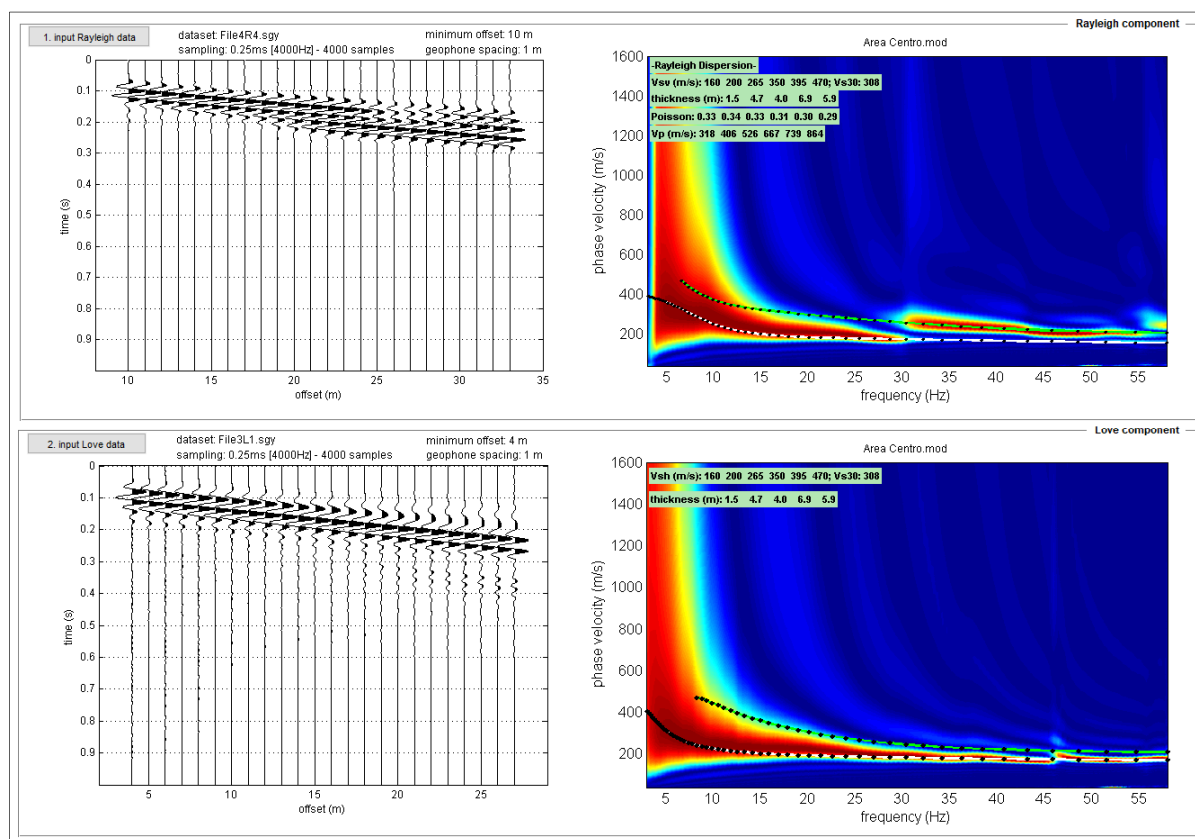
alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire un'analisi congiunta delle onde di Rayleigh e delle onde Love.

L'interpretazione dello spettro è consistita quindi nel confrontare le distribuzioni di energia tra i vari modi. Dato che la distribuzione dell'energia nelle due componenti Love e Rayleigh è risultata a tratti differente, l'analisi congiunta è risultata utile al riconoscimento del reale andamento dei modi, portando all'elaborazione di un modello maggiormente vincolato e preciso.

### **Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh+Love+HVSZ**

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs. Partendo dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e di Love è stato ricostruito il modello che è responsabile di quelle curve, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna. Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (**Fig. 5**).

Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti, contemporaneamente in entrambi gli spettri, al fine di ottenere un solo modello di velocità.



**Fig. 3 - Sismogrammi acquisiti (sx) e risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love (dx): modellazione diretta mediante individuazione del modo fondamentale e di porzioni del primo modo superiore, che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (in alto) e congiuntamente quello delle onde di Love (in basso).**

### 3 - PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO

Per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati, si è tenuto conto delle evidenze del segnale acquisito, dei risultati delle prove SCPT-DPSH, e delle evidenze stratigrafiche desunte dalle stratigrafie di alcuni pozzi terebrati in zone limitrofe e nel medesimo contesto lito-stratigrafico dell'area in esame. Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW in onde di Rayleigh+Love ed in modo congiunto con la modellazione diretta della curva HVSR.

Si riportano anche, in maniera indicativa, le stime dei valori della densità e del modulo di Poisson eseguite contestualmente all'elaborazione e mediante correlazioni di letteratura. Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla Vs e degli spessori degli strati, tali valori devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da Vp, ma solamente da Vs e densità e quindi la sua stima risulta più attendibile.

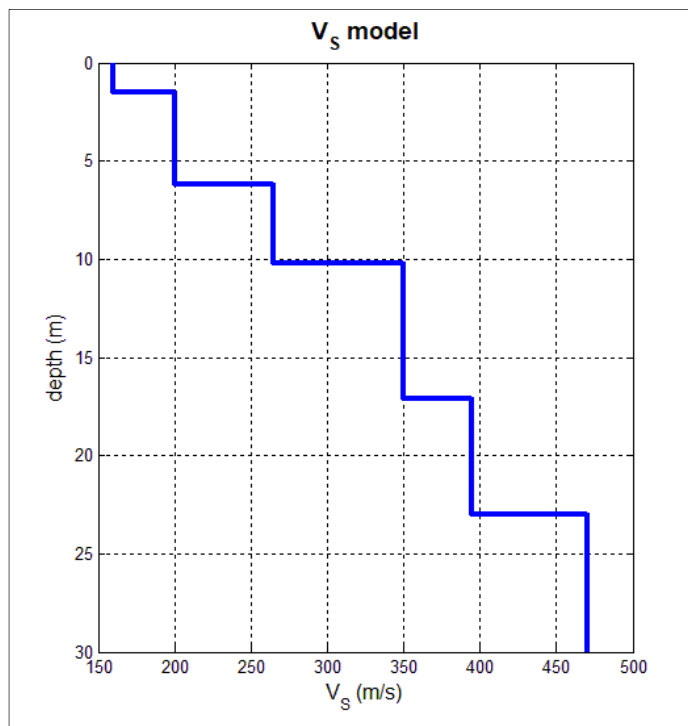
<b>MODELLO GEOFISICO MEDIO – Area Centro</b>						
<b>Sismostrato</b>	<b>Vs (m/s)</b>	<b>Spessore (m)</b>	<b>Profondità da p.c. (m)</b>	<b>Stima densità (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Modulo di Poisson</b>	<b>Modulo di Taglio (MPa)</b>
<b>1</b>	160	1,5	-1,5	1,78	0,33	45
<b>2</b>	200	4,7	-6,2	1,84	0,34	73
<b>3</b>	265	4,0	-10,2	1,90	0,33	133
<b>4</b>	350	6,9	-17,1	1,96	0,31	240
<b>5</b>	395	5,9	-23,0	1,98	0,30	309
<b>6</b>	470	7,0	-30,0	2,02	0,29	446

Il valore del modulo dinamico di taglio, dipendente da Vs e densità si riferisce a condizioni di bassa deformazione. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori dovranno essere idoneamente corretti e utilizzati solo nei modi e nei casi appropriati.

<b>D.M. 17/01/2018</b>	<b>Profondità del bedrock sismico</b>	<b>Vs,eq (m/s)</b>	<b>Categoria di sottosuolo</b>	Valore di Vs,eq calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 $V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$
Calcolo a partire dal ripiano di esecuzione MASW (p.c.)	Oltre 30 m dal p.c.	<b>308</b>	<b>C</b>	Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II

Si sottolinea come la Categoria di Sottosuolo di Progetto, stimata in base a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, deve essere definita dal Geologo o dal progettista anche in funzione dei dati progettuali.

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio fino a -30,0 m dal p.c., ottenuto mediante analisi congiunta MASW in onde di Rayleigh e di Love, utilizzato per il calcolo del parametro  $V_{s,eq}$  (**Fig. 6**).



**Fig. 4 - Profilo sismostratigrafico – Area Centro.**

In base ai dati sismostratigrafici ottenuti, si rileva un primo orizzonte di terreno copertura superficiale scarsamente addensato, di spessore pari a 1,5 m e con velocità delle onde di taglio (onde S) pari a 160 m/s.

Da -1,5 m a -4,7 m dal p.c., si riscontrano valori di velocità delle onde S pari a 200 m/s, solitamente caratteristici di depositi scarsamente addensati o da poco consistenti a consistenti, afferenti in questo caso a depositi di contatto glaciale che caratterizzano in superficie la porzione di territorio in cui ricade l'area in esame.

Oltre -4,7 m dal p.c., in funzione dell'aumento graduale dei valori di velocità delle onde S con la profondità, da 265 a 470 m/s, è possibile ipotizzare la presenza di depositi da addensati a molto addensati, di origine alluvionale/fluvioglaciale.

Il profilo sismostratigrafico ottenuto risulta correlabile con il quadro geologico dell'area oggetto di indagine, e i valori di velocità delle onde S nei primi metri, risultano compatibili con l'andamento delle prove SCPT eseguite contestualmente alla prospezione sismica e nella medesima area di indagine.