

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
36/23

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

B 2 5

D

b

0 0 1

I G

- -

R 0

===

LINEA FERROVIARIA BRESCIA - ISEO - EDOLO - AREA DI
INTERSCAMBIO E ADEGUAMENTO VIABILISTICO LOCALITA' PASSIRANO
Progetto Definitivo

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Mar. 2022	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Luca Erba

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



INGEGNERI DELLA
PROVINCIA DI
LECCO
n° A 639

Collaborazione

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

NORD_ING. S.R.L.

PASSIRANO (BS)

**REALIZZAZIONE DI UN
NUOVO PARCHEGGIO**

**Relazione Geologica
Indagine geognostica
Caratterizzazione e modellazione geotecnica**

REVISIONE N° 00

DATA DI EMISSIONE: 15/02/2022

REDATTA DA: dott. A. Freddo geologo



APPROVATA DA: dott. E. Fornasiero ingegnere
Direttore Tecnico



NORD_ING S.R.L.

PASSIRANO (BS)

**PROGETTO DI UN NUOVO PARCHEGGIO PRESSO
LA STAZIONE FERROVIARIA**

**RELAZIONE GEOLOGICA
INDAGINE GEOGNOSTICA
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA**

INDICE

1. INTRODUZIONE
2. ASSETTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E IDROGRAFIA DI SUPERFICIE
3. LIMITAZIONI ALL'EDIFICAZIONE
4. INDAGINE GEOGNOSTICA
 - 4.1 Sondaggi a carotaggio continuo
 - 4.2 Prelievo dei campioni
 - 4.3 Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile
 - 4.4 Prove S.P.T.
 - 4.5 Posa piezometro e rilievo della falda
 - 4.6 Prova penetrometrica dinamica continua DPSH
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA
 - 5.1 Classificazione sismica e topografica
 - 5.2 Prospezione sismica ai microtremori HVSr
 - 5.3 Prospezione sismica a rifrazione MASW
 - 5.4 Analisi del rischio sismico – Risposta sismica locale
 - 5.5 Parametri sismici
 - 5.6 Potenziale di liquefazione
6. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO
7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

TAVOLE TECNICHE

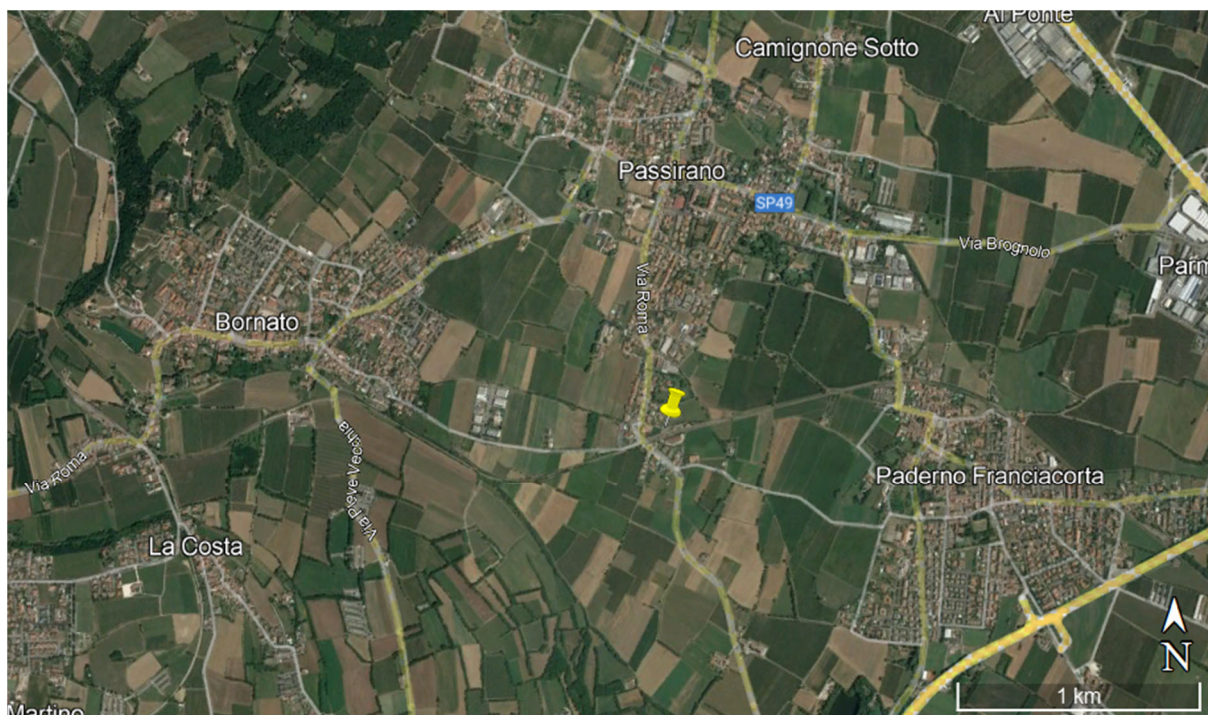
- N° 1 FOGLIO PLANIMETRICO
- N° 1 FOGLIO STRATIGRAFICO
- N° 2 FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI
- N° 1 FOGLIO INTERPRETATIVO DELLA PROVA LEFRANC

ALLEGATI

- CERTIFICATI LABORATORIO TERRE

1. INTRODUZIONE

Su incarico di **Nord_Ing. S.r.l.**, nella presente relazione si riportano i risultati ottenuti dall'indagine geognostica eseguita nel territorio comunale di Passirano (BS) per il progetto di un nuovo parcheggio nei pressi della stazione ferroviaria.



Vista aerea del sito (Google Earth)

Finalità dell'indagine è l'individuazione delle caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche del sottosuolo, a tale scopo sono state eseguite:

- N° 1 Sondaggio a carotaggio continuo;
- N° 1 Prova di permeabilità Lefranc;
- N° 1 Indagine sismica HVSr (microtremori);
- N°1 Prospezione sismica a rifrazione MASW;
- N° 2 Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;
- Analisi geotecniche di laboratorio.

La presente relazione è stata redatta in conformità a quanto previsto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 17/01/2018, pubblicato nella G.U. del 20/02/2018, n°.42. La normativa di riferimento viene integrata con D.G.R. Lombardia IX 2616/2011 e Circolare n. 1 del 24/02/2017 Regione Lombardia.



Ortofoto con individuazione dell'area d'indagine (Google Earth)

2. ASSETTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

L'area indagata ricade nel foglio 47 "Brescia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e nel foglio 121 "Brescia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

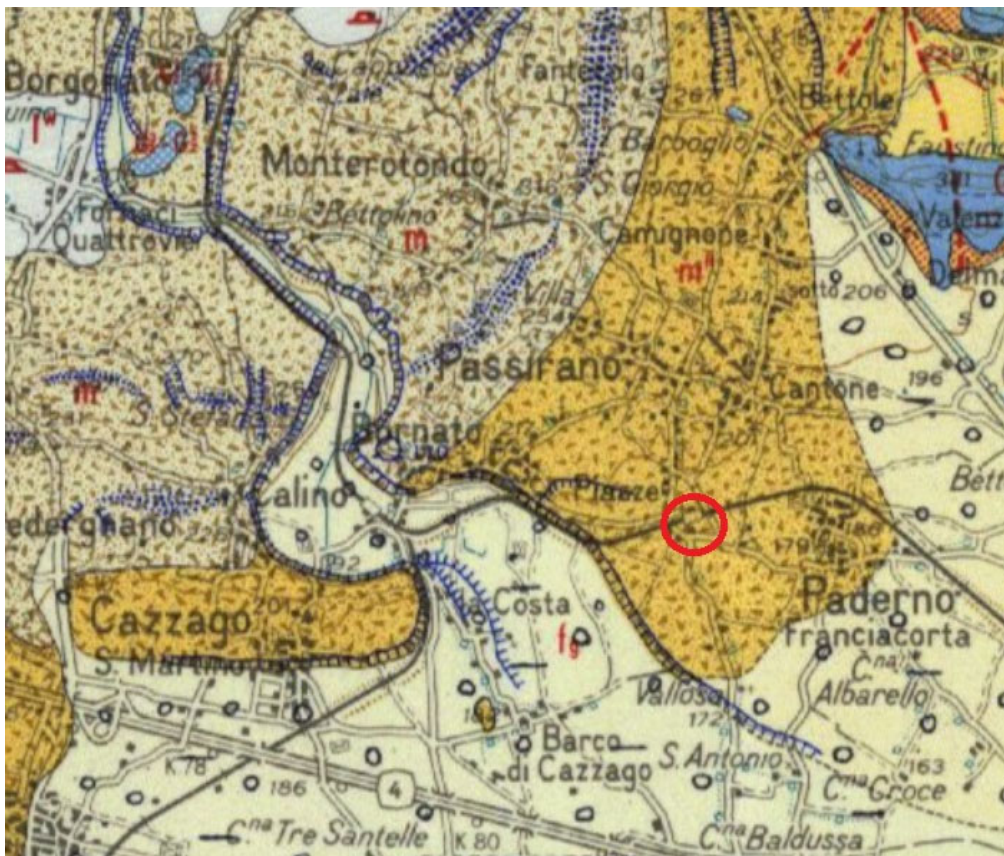
Il sito d'indagine rientra in una zona mediamente urbanizzata con forte antropizzazione del paesaggio e dei terreni, situata nell'alta Pianura Padana direttamente a Sud del Lago d'Iseo.

La Pianura Padana costituisce un bacino sedimentario di Età Terziaria compreso tra le strutture alpine, a vergenza meridionale e le strutture appenniniche, a vergenza settentrionale. La Pianura Padana nel suo insieme rappresenta l'espressione morfologica di superficie del Bacino Padano.

La successione sedimentaria Plio-Pleistocenica del Bacino Padano ha un carattere complessivamente regressivo e la sua genesi è fortemente legata alle fluttuazioni eustatiche del livello marino, legate a loro volta dalle variazioni climatiche e dalla tettonica a grande e a minor scala. Le variazioni eustatiche controllano i processi geomorfologici di erosione, trasporto e sedimentazione fluviale.




Alla base del Bacino Padano sono presenti depositi torbiditici di mare profondo, ricoperti da un prisma sedimentario progradante legato sia all'azione del paleo Po, che originato dai depositi dei sistemi alpini ed appenninici. Successivamente si sono verificati il riempimento del bacino marino e la sedimentazione continentale, eventi separati da un periodo di forte subsidenza bacinale assieme a una ridotta attività delle strutture compressive. Le successioni sedimentarie Pliocenico – Quaternarie ricoprono il substrato antico, interessato alla tettonica compressiva. Dal Messiniano in poi sono cessati i movimenti tettonici legati alle Alpi e si è registrato uno spostamento verso NE del fronte appenninico settentrionale, che fa sì che i sedimenti derivanti dagli eventi deposizionali del bacino Padano siano collegati ai movimenti in avanti delle falde nord appenniniche.

Infine l'attuale configurazione geomorfologica della Pianura è il risultato in gran parte delle ultime glaciazioni (Riss e Wurm) e dell'ultimo periodo post-glaciale, corrispondente all'attuale Olocene.



Estratto dal Foglio 47 "Brescia" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000

LEGENDA

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|-----------------|
|  | Alluvioni fluvio-glaciali grossolane |  | Morene wurmiane |
|  | Morene rissiane | | |

Dall'analisi delle carte geologiche menzionate l'area d'indagine è interessata da depositi Pleistocenici grossolani, legati ad una dinamica glaciale e costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie.

Secondo il PGT, la presenza di acqua di falda è rilevabile alla profondità di circa ml 5,00 dal piano campagna con direzione di deflusso da Nordest verso Sudovest.

Variazioni del livello freatico si verificano continuamente nell'arco delle stagioni; le portate massime si registrano normalmente nel tardo autunno e in primavera mentre le portate minime si registrano prevalentemente nei mesi di agosto e gennaio. L'alimentazione della falda presente è dovuta principalmente alla dispersione idrica del fiume Oglio e all'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici lungo la fascia montana e collinare associata alla dispersione dovuta al vicino Lago d'Iseo.

Sono stati analizzati:

- il Piano di Governo del Territorio del Comune di Passirano;
- il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia;
- il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po;
- il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del bacino del Fiume Po.

Dallo studio delle tavole allegate ai Piani soprariportati si deduce che:

- il sito ricade in area avente classe di fattibilità 2 con modeste limitazioni: area con prima falda vulnerabile;
- il sito non presenta scenario di pericolosità sismica locale.

3. LIMITAZIONI ALL'EDIFICAZIONE

Dall'analisi delle tavole di cui al punto 2 risulta che la condizione limitativa dell'edificabilità sono la salvaguardia dell'acquifero libero e le scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali.

Per quanto sopra risulta necessario che:

- vengano verificate le caratteristiche portanti del terreno;
- venga verificato il drenaggio dei terreni;
- venga rispettata la salvaguardia dell'acquifero libero.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

È stato eseguito N° 1 sondaggio a carotaggio continuo e N° 2 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH.

L'ubicazione delle prove, come riportato nella planimetria allegata, è stata scelta in accordo con la committente e compatibilmente alle effettive possibilità di accesso ai punti d'indagine.

4.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Il sondaggio è stato eseguito in conformità alle norme ANISIG e sotto il diretto controllo in cantiere di tecnici e responsabili della scrivente ditta. Il sondaggio è stato eseguito a rotazione a carotaggio continuo con l'impiego di carotiere semplice; si è inoltre provveduto al sistematico sostentamento delle pareti del foro con l'uso di tubi di rivestimento metallici.

Nelle tavole tecniche allegate sono riportate le descrizioni in dettaglio delle tipologie di terreno incontrate e, su apposite colonne, tipo, numero e profondità dei campioni prelevati e delle prove eseguite in foro. Nel foglio stratigrafico la rappresentazione grafica del terreno è stata eseguita con le simbologie comunemente in uso e secondo le raccomandazioni dell'ANISIG. Il terreno, prelevato senza soluzione di continuità, è stato accuratamente analizzato, catalogato, fotografato e riposto in apposite cassette catalogatrici per la sua conservazione.

4.2 Prelievo dei campioni

Sono stati prelevati N° 4 campioni rimaneggiati di terreno nel corso del sondaggio. È inoltre stato prelevato N° 1 campione di terreno per analisi chimiche relative a terre e rocce da scavo.

I campioni rimaneggiati sono stati prelevati direttamente con campionatore semplice, riposti immediatamente in sacchetti in polietilene sigillati ermeticamente, contrassegnati e consegnati al laboratorio terre della scrivente per l'esecuzione delle prove geotecniche richieste.

I campioni per analisi ambientali sono stati prelevati con campionatore semplice, selezionati mediante quartatura e riposti in contenitori in PEHD atossici, sigillati

ermeticamente, contrassegnati e consegnati ad un laboratorio chimico certificato ACCREDIA.

4.3 Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile

È stata eseguita N° 1 prova di permeabilità Lefranc a carico variabile al fine di determinare la permeabilità del terreno indagato. Per l'esecuzione della prova si crea una "tasca" non rivestita nel terreno che possa assorbire liberamente l'acqua. Viene riempito il foro d'acqua fino al livello del piano campagna o alla testa tubo e si misura l'abbassamento del livello a intervalli temporali prefissati fino allo stabilizzarsi dell'abbassamento stesso.

I dati ottenuti vengono diagrammati e dal diagramma si ricava la permeabilità del terreno. Il diagramma è riportato tra le tavole tecniche.

4.4 Prove S.P.T.

All'interno del foro di sondaggio S1 sono state eseguite in totale N° 4 prove S.P.T.

La prova S.P.T. consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso dal fondo di un foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno.

La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63,5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standardizzate. Il numero di colpi (N_{SPT}) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm, è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione.

La prova è stata eseguita nel rispetto degli standard ASTM (D.1586-67 riapprovati nel 1974). Per l'esecuzione della prova, date le caratteristiche del terreno esaminato, è stata utilizzata la punta chiusa. I valori delle prove eseguite sono riportati nei fogli stratigrafici allegati.

4.5 Posa piezometro e rilievo della falda

Il foro di sondaggio S1 è stato attrezzato a piezometro tubo aperto.

Al termine delle operazioni di carotaggio, all'interno del foro di sondaggio è stato posato un tubo in PVC del diametro di 2". Il tubo risulta cieco dalla superficie fino alla profondità di 1,00 ml da p.c. e microfessurato nel tratto da 1,00 ml fino a fine foro.

L'intercapedine è stata cementata con boiaccia cementizia dalla superficie per una profondità di circa 0,50 ml, è stata iniettata miscela ternaria di cemento, acqua e bentonite da 0,50 fino a 1,00 ml di profondità. In corrispondenza del tratto microfessurato è stato creato il filtro con ghiaino siliceo. La testa tubo è stata protetta con la posa di un chiusino in metallico lucchettabile.

La profondità della falda, misurata con freatimetro 10 gg dopo la posa del piezometro, è risultata ad una quota di 6,20 ml da p.c.

4.6 Prova penetrometrica dinamica continua DPSH

La prova penetrometrica dinamica continua DPSH "Dynamic Probing Super Heavy" consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

L'elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La prova penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ

Caratteristiche Tecniche-Strumentali

Sonda:	Geo Deep Drill DPSH
Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m

Diametro punta conica	50 mm
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Avanzamento punta	0,30 m

CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Con l'impiego del software GEOSTRU Dynamic Probing e scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ottiene la interpretazione stratigrafica per ogni punto di lettura eseguito.

Successivamente il sottosuolo viene raffigurato in strati omogenei aventi valori di resistenza alla punta dello stesso ordine di grandezza.

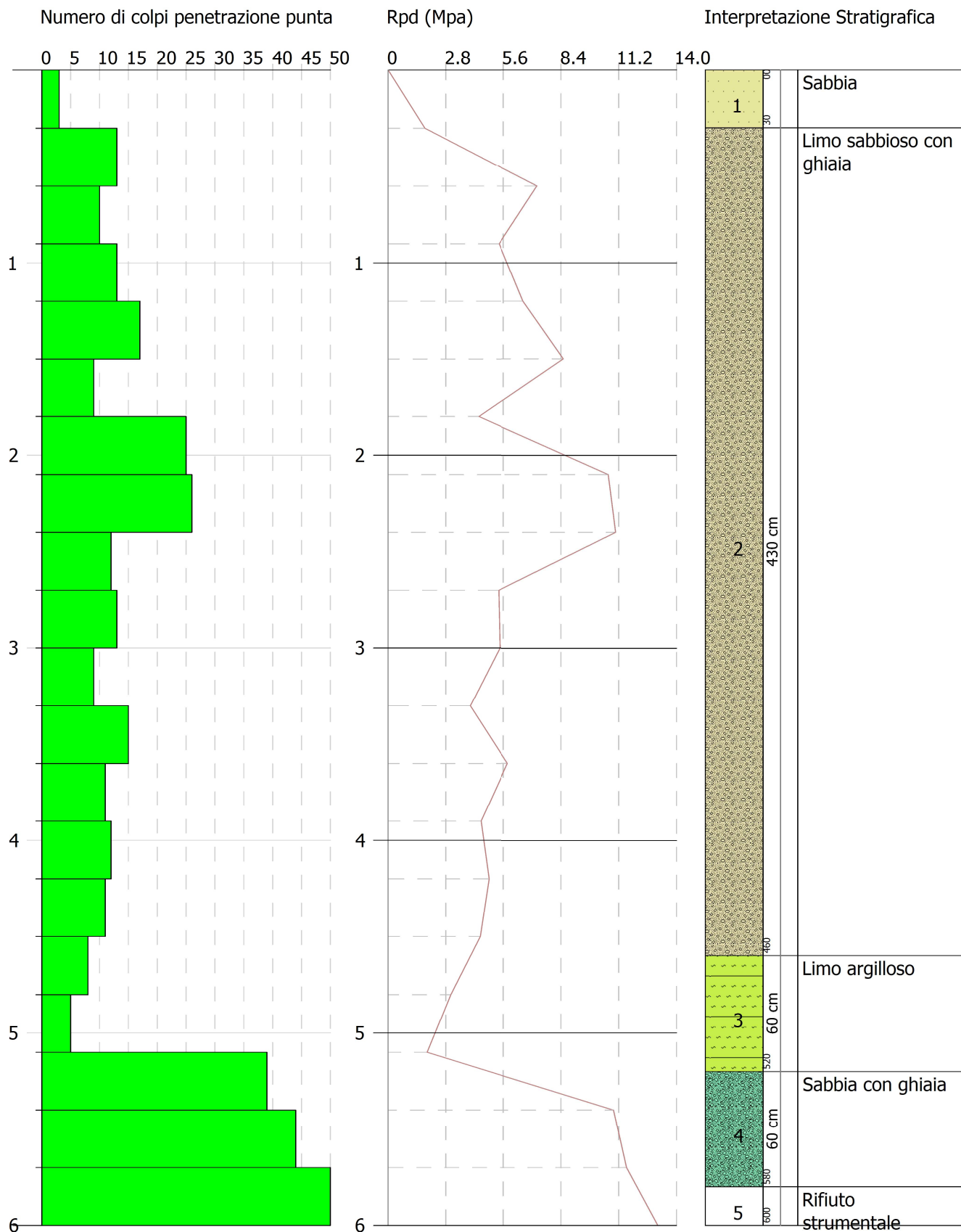
Di seguito vengono riportate le tabelle relative alle prove eseguite con i valori di input ed i parametri geotecnici ricavati.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DPSH

Committente: Nord_ing S.r.l.
Descrizione:
Localita': Passirano (BS) - via Stazione

14-02-2022

Scala 1:30



PROVA DPSH1

Committente: NORD_ING. S.R.L.
 Strumento utilizzato: GeoDeepDrill DPSH
 Prova eseguita in data: 14/02/2022
 Profondità prova: 6,00 mt
 Località: Passirano (BS) – Stazione F.N.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.30	3	0.853	1.79	2.09	89.30	104.72
0.60	13	0.797	7.23	9.08	361.68	453.79
0.90	10	0.842	5.40	6.41	269.75	320.55
1.20	13	0.786	6.55	8.33	327.65	416.71
1.50	17	0.781	8.51	10.90	425.70	544.93
1.80	9	0.826	4.41	5.33	220.38	266.70
2.10	25	0.722	10.69	14.82	534.62	740.84
2.40	26	0.717	11.05	15.41	552.54	770.47
2.70	12	0.813	5.37	6.61	268.74	330.63
3.00	13	0.759	5.43	7.16	271.74	358.18
3.30	9	0.805	3.99	4.96	199.54	247.97
3.60	15	0.751	6.21	8.27	310.32	413.28
3.90	11	0.797	4.52	5.66	225.76	283.18
4.20	12	0.794	4.90	6.18	245.20	308.93
4.50	11	0.790	4.48	5.66	223.81	283.18
4.80	8	0.787	3.04	3.87	152.12	193.27
5.10	5	0.784	1.89	2.42	94.70	120.79
5.40	39	0.581	10.95	18.84	547.45	942.19
5.70	44	0.578	11.58	20.03	578.96	1001.32
6.00	50	Rifiuto strumentale				

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.3	3	2.09	Incoerente	1	3	Sabbia
4.6	14	8.2	Incoerente	1	14	Limo sabbioso con ghiaia
5.2	6.5	3.14	Coesivo	1	6.5	Limo argilloso
5.8	41.5	19.44	Incoerente	1	41.5	Sabbia con ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (3) Limo argilloso	6.50	4.60-5.20	Terzaghi-Peck	39.82

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (3) Limo argilloso	6.50	4.60-5.20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	6.68

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (3) Limo argilloso	6.50	4.60-5.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (3) Limo argilloso	6.50	4.60-5.20	Meyerhof	18.04

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (3) Limo argilloso	6.50	4.60-5.20	Meyerhof	18.53

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Sabbia	3.00	0.00-0.30	3.00	Meyerhof 1957	42.81
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	14.00	0.30-4.60	14.00	Meyerhof 1957	73.55
Strato (4) Sabbia con ghiaia	41.50	5.20-5.80	41.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbia	3.00	0.00-0.30	3.00	Meyerhof (1965)	30.0
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	14.00	0.30-4.60	14.00	Meyerhof (1965)	30.5
Strato (4) Sabbia con ghiaia	41.50	5.20-5.80	41.50	Meyerhof (1965)	37.02

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Sabbia	3.00	0.00-0.30	3.00	Schmertmann (1978) Sabbie	3.53
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	14.00	0.30-4.60	14.00	Schmertmann (1978) Limi	8.47
Strato (4) Sabbia con ghiaia	41.50	5.20-5.80	41.50	Schmertmann (1978) Sabbie	48.84

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbia	3.00	0.00-0.30	3.00	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	14.00	0.30-4.60	14.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Sabbia con ghiaia	41.50	5.20-5.80	41.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Sabbia	3.00	0.00-0.30	3.00	Meyerhof et al.	17.22
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	14.00	0.30-4.60	14.00	Meyerhof et al.	18.14
Strato (4) Sabbia con ghiaia	41.50	5.20-5.80	41.50	Meyerhof et al.	20.67

Peso unità di volume saturo

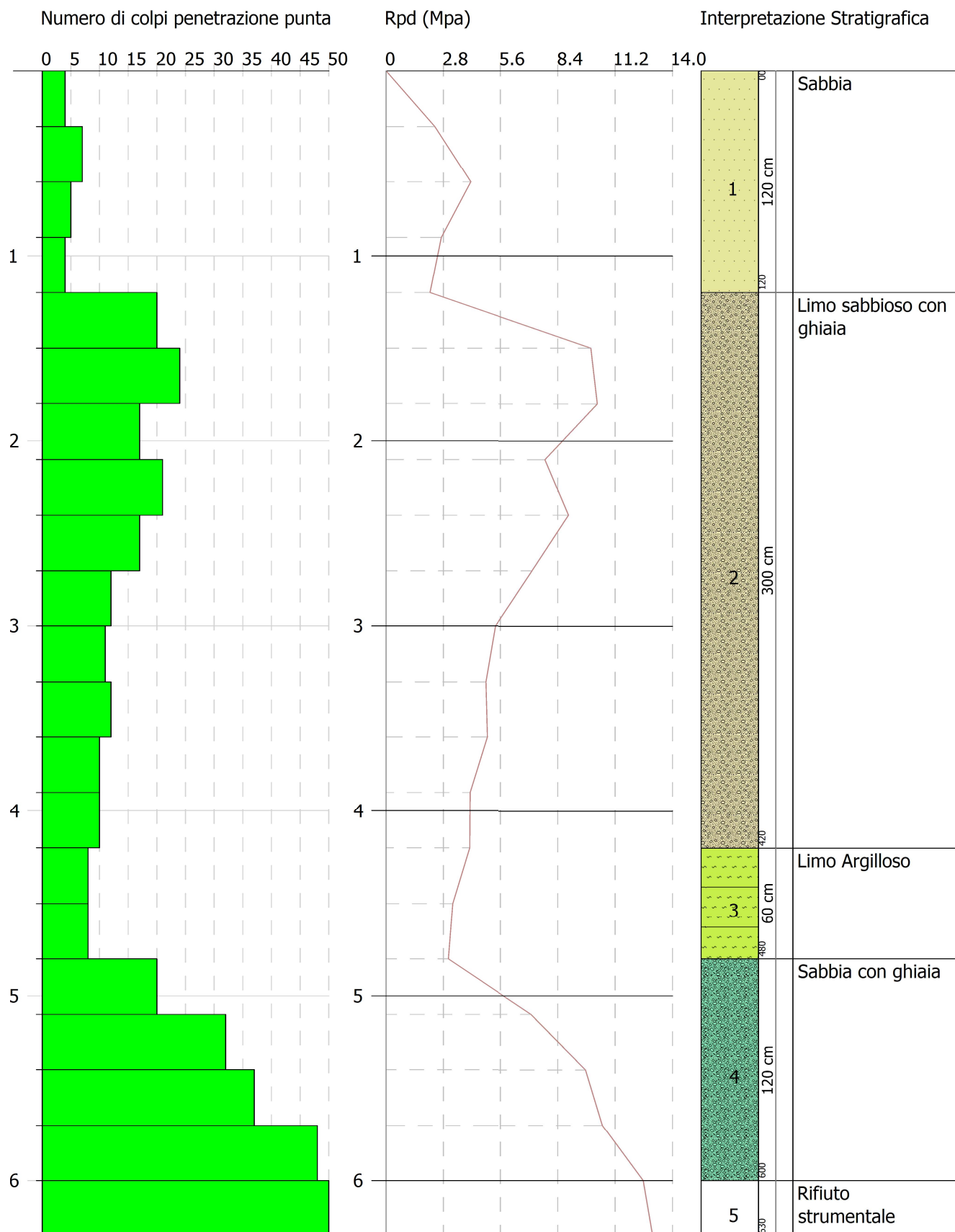
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Sabbia	3.00	0.00-0.30	3.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	14.00	0.30-4.60	14.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.02
Strato (4) Sabbia con ghiaia	41.50	5.20-5.80	41.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	21.69

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DPSH

Committente: Nord_ing S.r.l.
Descrizione:
Localita': Passirano (BS) - via Stazione

14-02-2022

Scala 1:31



PROVA DPSH2

Committente: NORD_ING. S.R.L.
 Strumento utilizzato: GeoDeepDrill DPSH
 Prova eseguita in data: 14/02/2022
 Profondità prova: 6,30 mt
 Località: Passirano (BS) – Stazione F.N.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.30	4	0.853	2.38	2.79	119.06	139.63
0.60	7	0.847	4.14	4.89	206.97	244.35
0.90	5	0.842	2.70	3.21	134.88	160.27
1.20	4	0.836	2.14	2.56	107.23	128.22
1.50	20	0.781	10.02	12.82	500.82	641.10
1.80	24	0.726	10.33	14.22	516.57	711.20
2.10	17	0.772	7.77	10.08	388.73	503.77
2.40	21	0.717	8.93	12.45	446.28	622.30
2.70	17	0.763	7.15	9.37	357.30	468.39
3.00	12	0.809	5.35	6.61	267.37	330.63
3.30	11	0.805	4.88	6.06	243.88	303.07
3.60	12	0.801	5.30	6.61	264.79	330.63
3.90	10	0.797	4.10	5.15	205.23	257.44
4.20	10	0.794	4.09	5.15	204.33	257.44
4.50	8	0.790	3.26	4.12	162.77	205.95
4.80	8	0.787	3.04	3.87	152.12	193.27
5.10	20	0.734	7.09	9.66	354.65	483.17
5.40	32	0.631	9.76	15.46	487.84	773.08
5.70	37	0.628	10.58	16.84	528.95	842.02
6.00	48	0.575	12.57	21.85	628.62	1092.34
6.30	50	Rifiuto strumentale				

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1.2	5	3.36	Incoerente	1	5	Sabbia
4.2	15.4	8.85	Incoerente	1	15.4	Limo sabbioso con ghiaia
4.8	8	3.99	Coesivo	1	8	Limo Argilloso
6	34.25	15.95	Incoerente	1	34.25	Sabbia con ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (3) Limo Argilloso	8.00	4.20-4.80	Terzaghi-Peck	42.96

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (3) Limo Argilloso	8.00	4.20-4.80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	8.18

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (3) Limo Argilloso	8.00	4.20-4.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (3) Limo Argilloso	8.00	4.20-4.80	Meyerhof	18.63

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (3) Limo Argilloso	8.00	4.20-4.80	Meyerhof	18.73

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Sabbia	5.00	0.00-1.20	5.00	Meyerhof 1957	52.75
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	15.40	1.20-4.20	15.40	Meyerhof 1957	76.25
Strato (4) Sabbia con ghiaia	34.25	4.80-6.00	34.25	Meyerhof 1957	94.38

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbia	5.00	0.00-1.20	5.00	Meyerhof (1965)	31.67
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	15.40	1.20-4.20	15.40	Meyerhof (1965)	31.06
Strato (4) Sabbia con ghiaia	34.25	4.80-6.00	34.25	Meyerhof (1965)	36.18

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Sabbia	5.00	0.00-1.20	5.00	Schmertmann (1978) Sabbie	5.88
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	15.40	1.20-4.20	15.40	Schmertmann (1978) Limi	9.33
Strato (4) Sabbia con ghiaia	34.25	4.80-6.00	34.25	Schmertmann (1978) Sabbie	40.31

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbia	5.00	0.00-1.20	5.00	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	15.40	1.20-4.20	15.40	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Sabbia con ghiaia	34.25	4.80-6.00	34.25	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Sabbia	5.00	0.00-1.20	5.00	Meyerhof et al.	17.10
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	15.40	1.20-4.20	15.40	Meyerhof et al.	18.53
Strato (4) Sabbia con ghiaia	34.25	4.80-6.00	34.25	Meyerhof et al.	20.28

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Sabbia	5.00	0.00-1.20	5.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.53
Strato (2) Limo sabbioso con ghiaia	15.40	1.20-4.20	15.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.12
Strato (4) Sabbia con ghiaia	34.25	4.80-6.00	34.25	Terzaghi-Peck 1948-1967	21.30

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 Classificazione sismica e topografica

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.



Classificazione sismica al 2015

Attraverso l'OPCM 3274/03 vengono dettati i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

Zona 1	– È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti.
Zona 2	– In questa zona possono verificarsi forti terremoti.
Zona 3	– In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari.
Zona 4	– È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Con riferimento alla classificazione sismica più aggiornata, il territorio comunale di **Passirano (BS)** viene classificato in **Zona 3**.

In funzione delle condizioni topografiche del sito oggetto di intervento, le sollecitazioni sismiche possono subire delle amplificazioni dovute proprio alla topografia dell'area. Secondo le NTC18 vengono individuate le seguenti categorie:

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

Categoria topografica dell'area in oggetto: **T1**

5.2 Prospezione sismica ai microtremori HVSR

Tramite la tecnica HVSR eseguita in sito, si può valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x , y , z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X , ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y , vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z , ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo

stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio.

MISURAZIONI

Dati generali:

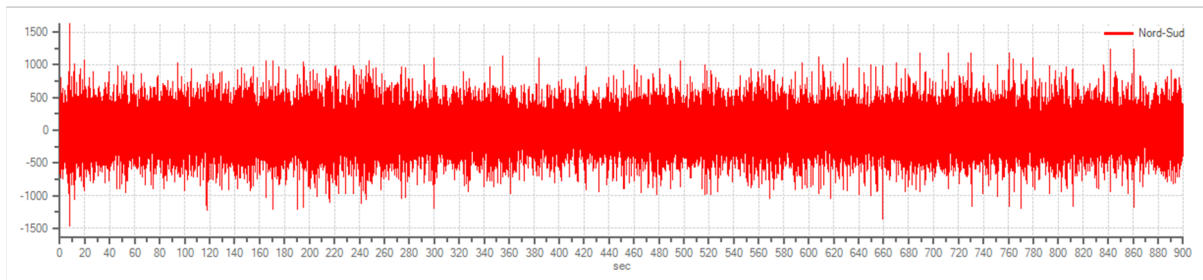
Cantiere: Passirano (BS)
Zona: 45.590199° 10.062463°
Orientamento: Asse Y verso Nord magnetico
Condizioni climatiche: Sereno – vento assente

Tracce in input e direzionalità rumore:

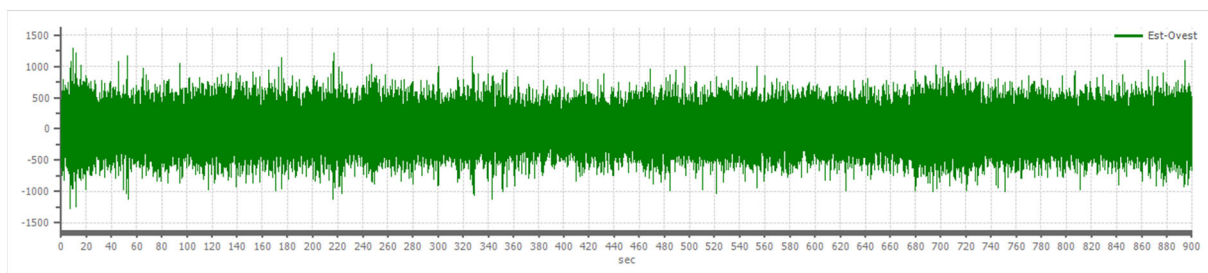
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 900 s
Frequenza di campionamento: 300.00 Hz
Numero campioni: 360000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

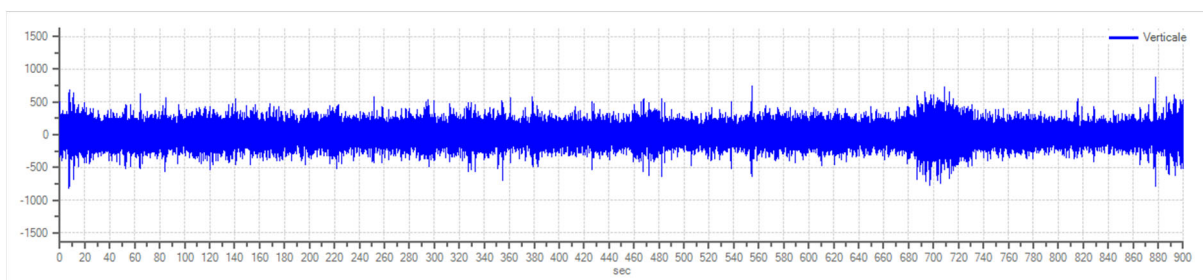
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

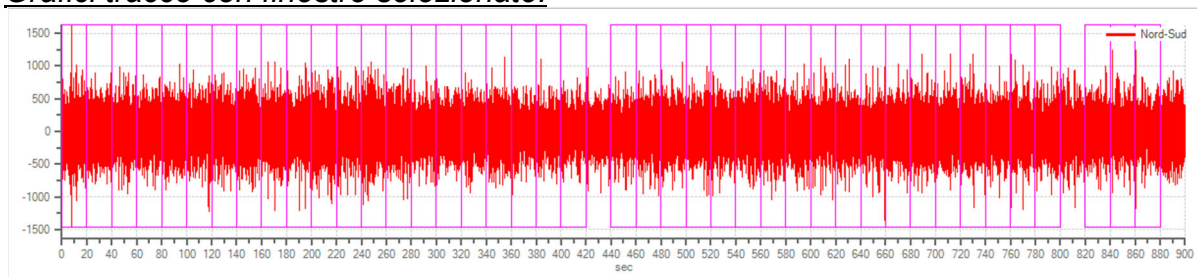
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 42
Numero finestre incluse nel calcolo: 37
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Coefficiente di banda: 40.00

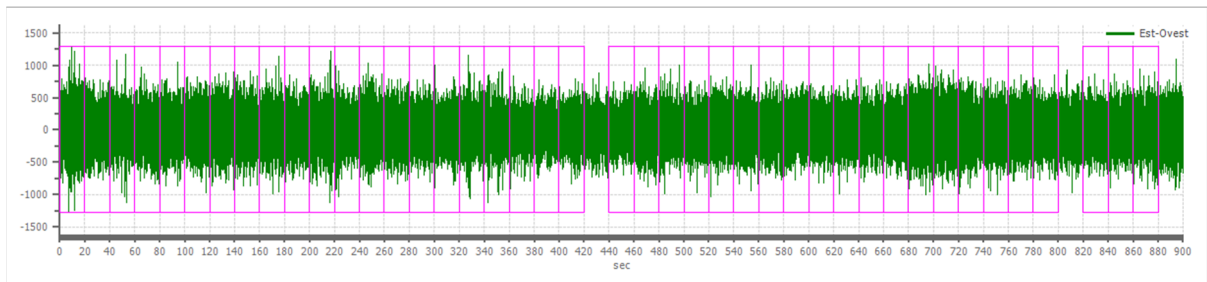
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Esclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Esclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	440	460	Inclusa
23	460	480	Inclusa
24	480	500	Inclusa
25	500	520	Inclusa
26	520	540	Esclusa
27	540	560	Inclusa
28	560	580	Inclusa
29	580	600	Inclusa
30	600	620	Inclusa
31	620	640	Esclusa
32	640	660	Inclusa
33	660	680	Inclusa
34	680	700	Inclusa
35	700	720	Inclusa
36	720	740	Esclusa
37	740	760	Inclusa
38	760	780	Inclusa
39	780	800	Inclusa
40	820	840	Inclusa
41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa

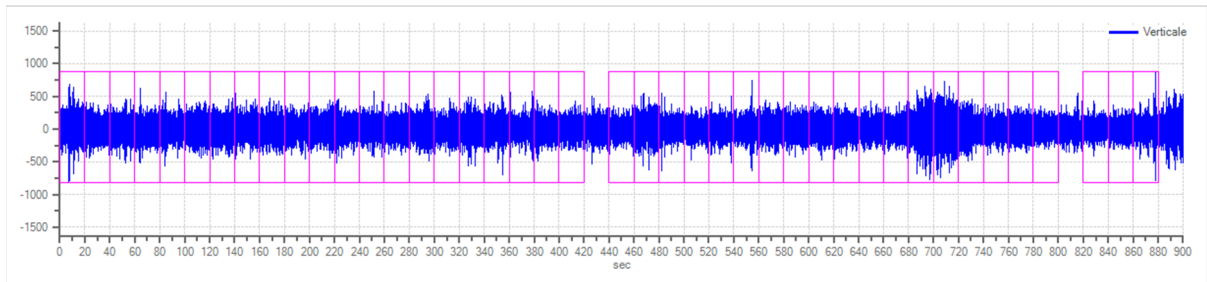
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

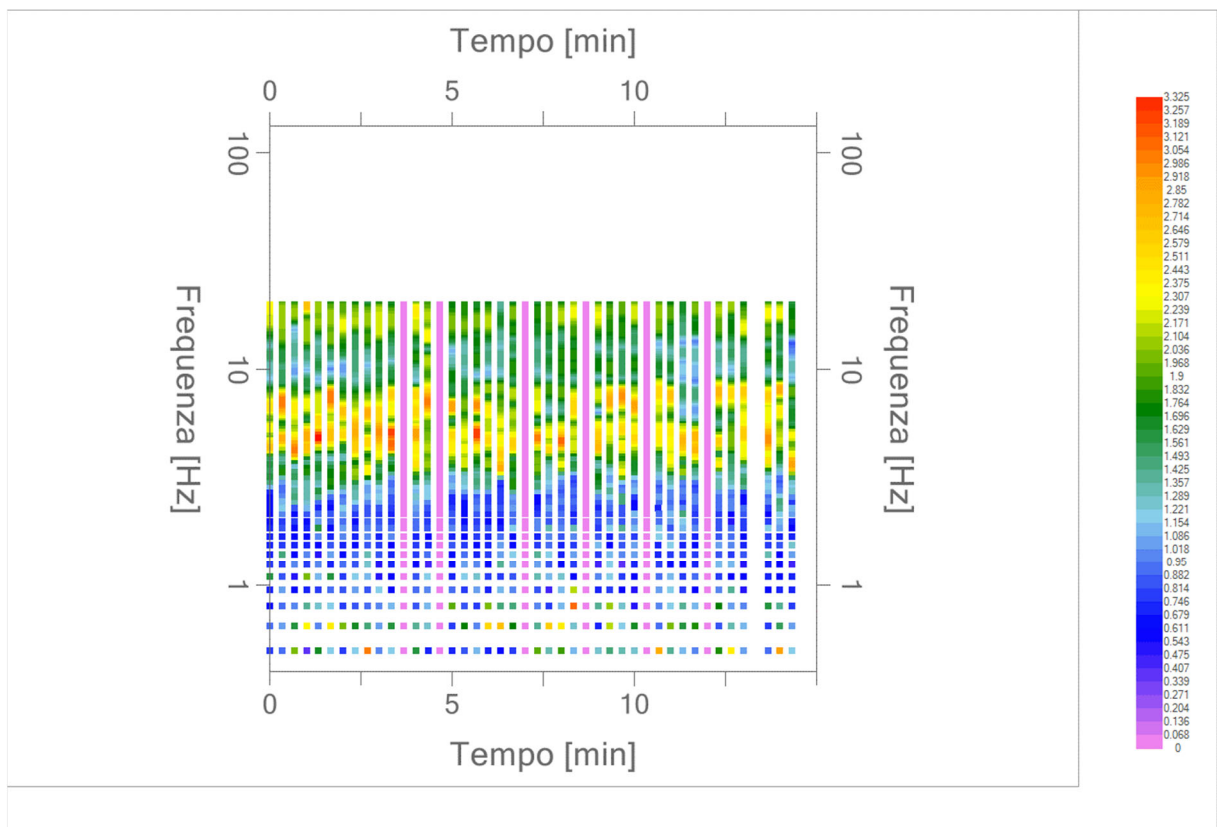


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

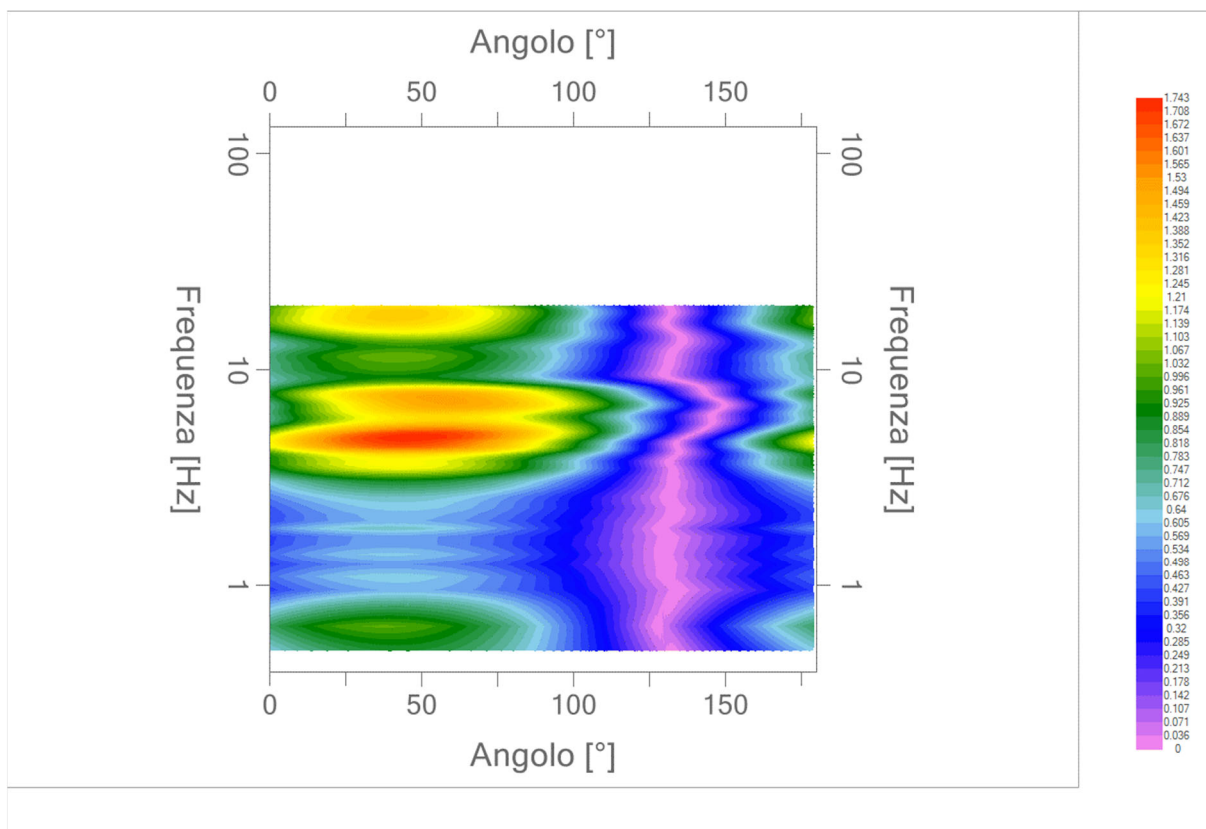


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

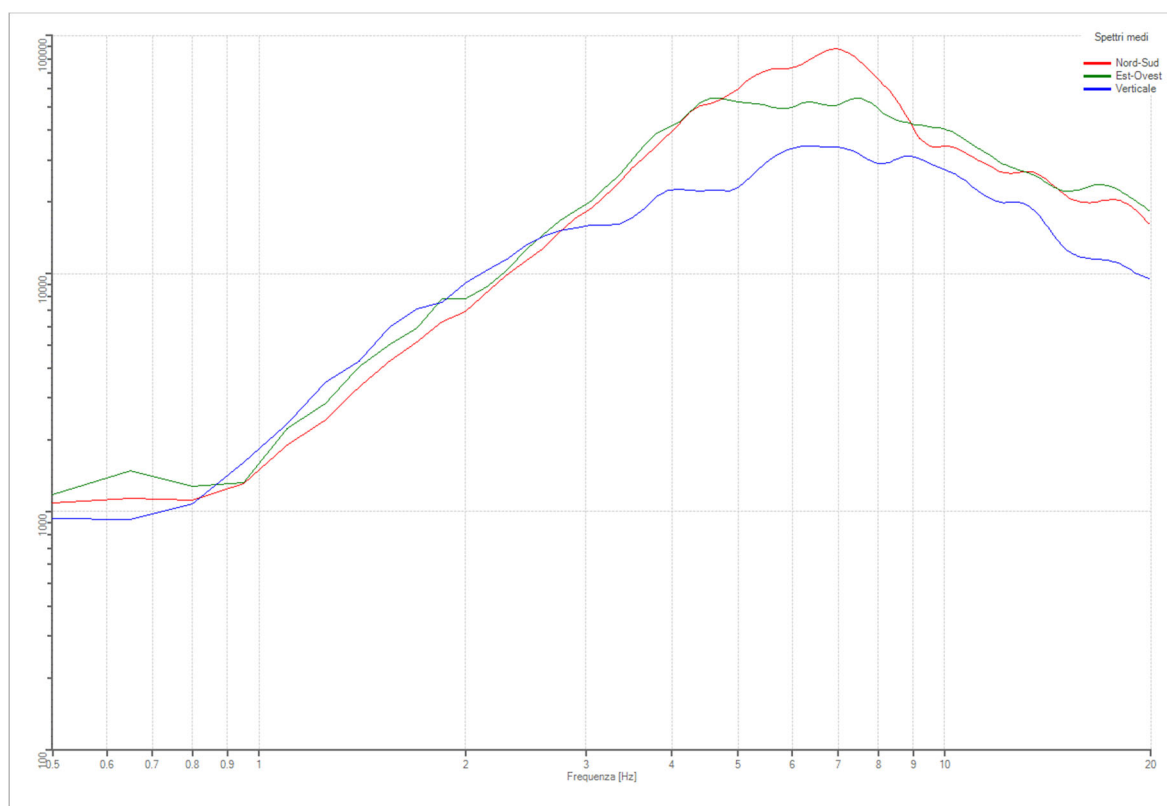
Grafici degli spettri:



Mapa della stazionarietà degli spettri



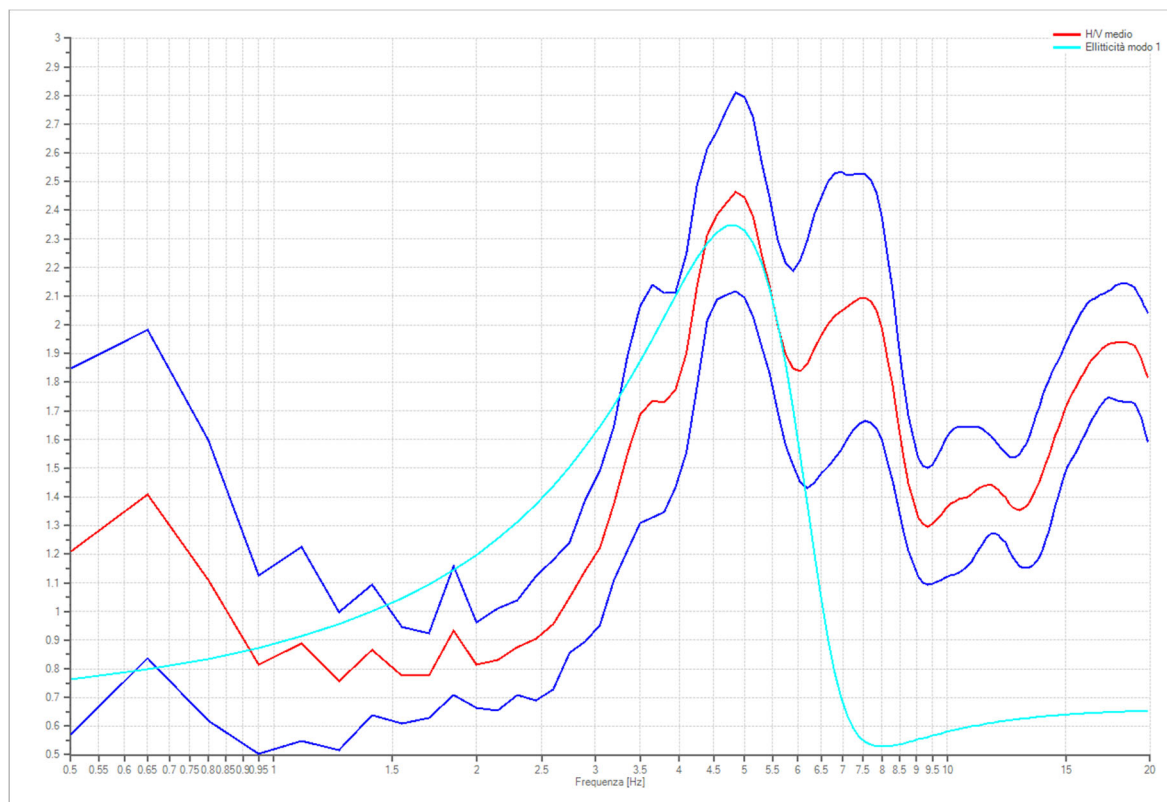
Mapa della direzionalità degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni

Rapporto spettrale H/V

Frequenza del picco del rapporto H/V: $4.85 \text{ Hz} \pm 0.14 \text{ Hz}$



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/L_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5 \text{ Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5 \text{ Hz}$	Ok
$\exists f \in [f_0/4, f_0] / A_{H/V}(f) < A_0/2$	Ok
$\exists f^* \in [f_0, 4 \cdot f_0] / A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Di seguito si hanno i vari parametri precedentemente usati nelle verifiche:

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza del picco H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
f^*	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Analisi dei risultati

Frequenza fondamentale di sito f_0 : 4,85 Hz

Dall'analisi delle curve H/V si evidenziano le seguenti conclusioni:

E' stato riscontrato un picco significativo nella curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico: 0,5-20 Hz.

Il sottosuolo tende ad avere una ben determinata frequenza propria di oscillazione (frequenza fondamentale di sito f_0) pari a 4,85 Hz. Pertanto la struttura sovrastante subirà amplificazioni di oscillazione se la propria frequenza di oscillazione sarà dello stesso ordine di grandezza della frequenza fondamentale di sito f_0 .

Il progettista calcolatore dovrà confrontare la frequenza fondamentale di sito e la frequenza propria di oscillazione della struttura al fine di valutare effetti di risonanza tra terreno e struttura, possibilmente da evitare vista la loro pericolosità.

5.3 Prospezione sismica a rifrazione MASW

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park C.B. et al. 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo":

- 1) Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- 2) Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

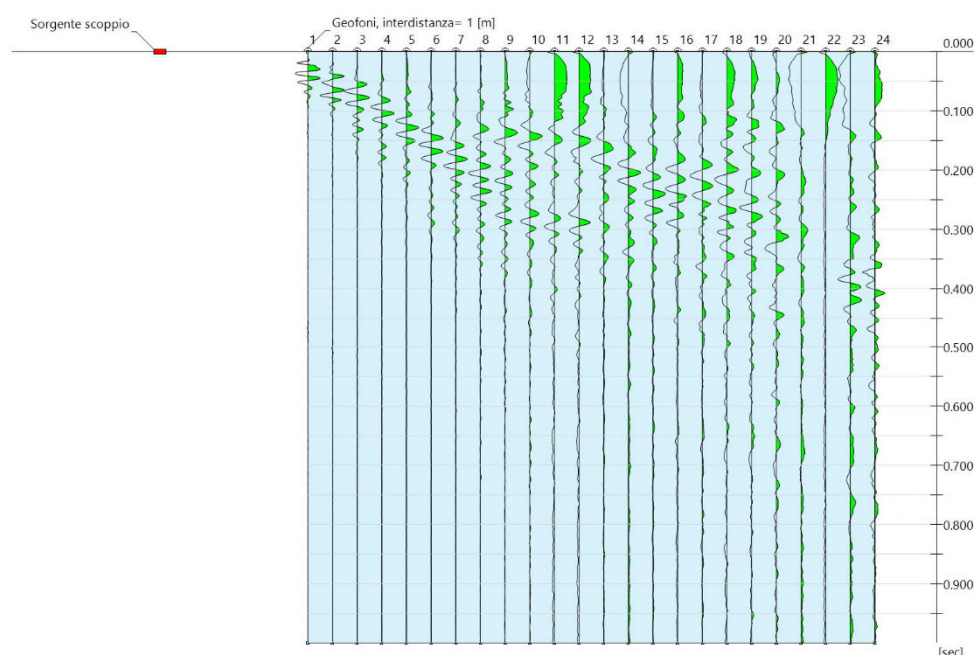
Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 12 geofoni con spaziatura pari a 5 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4,5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Geostru Easy-MASW). Tale programma permette di elaborare i dati da noi acquisiti con il metodo "attivo". L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Su tale spettro bidimensionale si effettua il "picking" relativo al modo fondamentale delle onde di Rayleigh attraverso cui, tramite un processo di inversione matematica, si ottiene il modello Vs-profondità che meglio approssima i dati sperimentali.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato, come sistema di energizzazione, una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking).



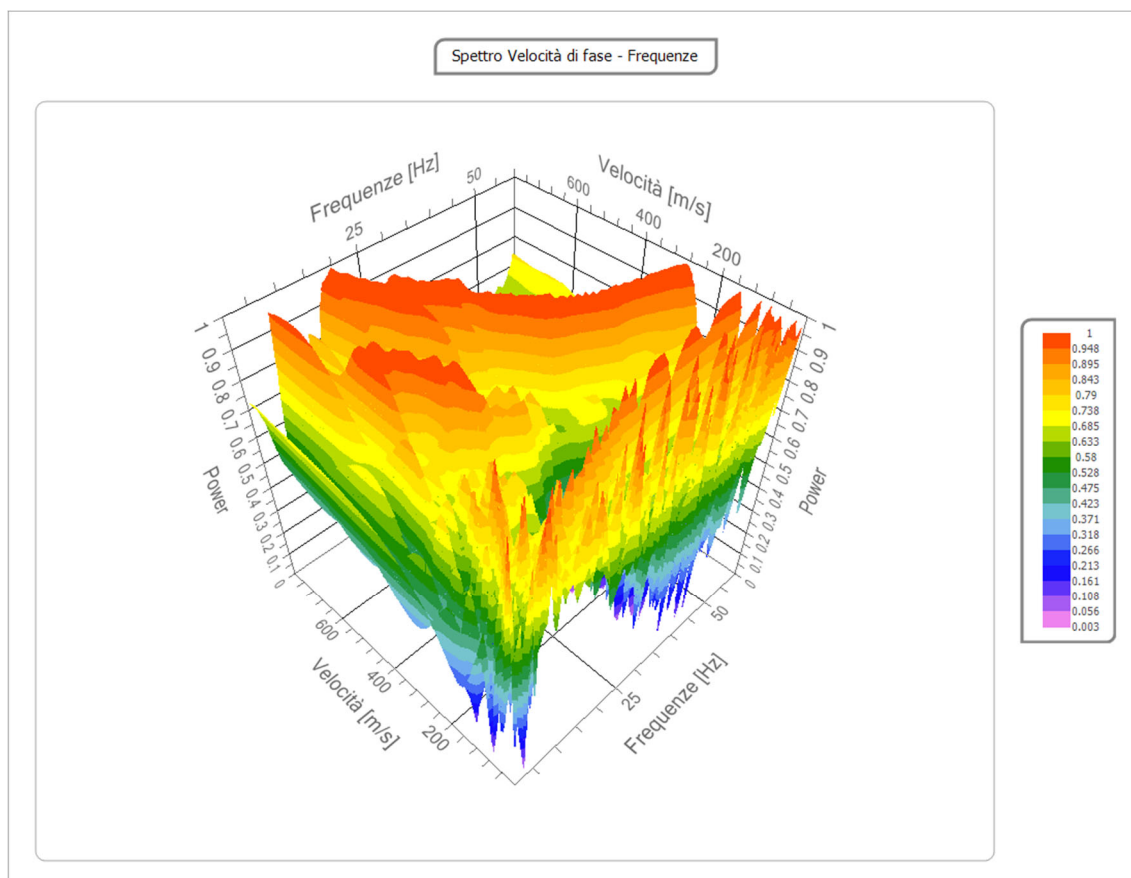
Schema dello stendimento MASW

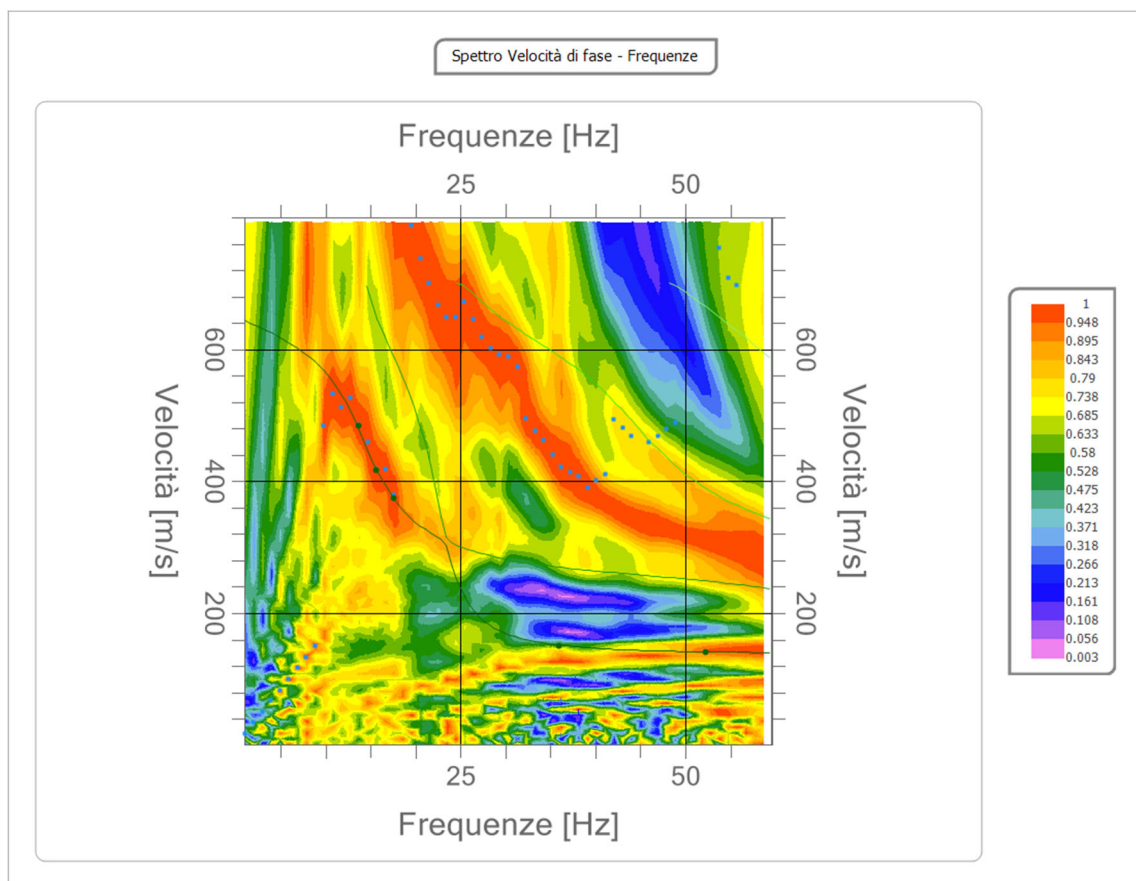
TRACCE Dati di base

N° tracce	24
Durata di acquisizione	1000.0 msec
Interdistanza geofoni	5,0 m
Periodo di campionamento	1.00 msec

Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione	1 Hz
Frequenza massima di elaborazione	60 Hz
Velocità minima di elaborazione	1 m/sec
Velocità massima di elaborazione	800 m/sec
Intervallo velocità	1 m/sec





Curva di dispersione

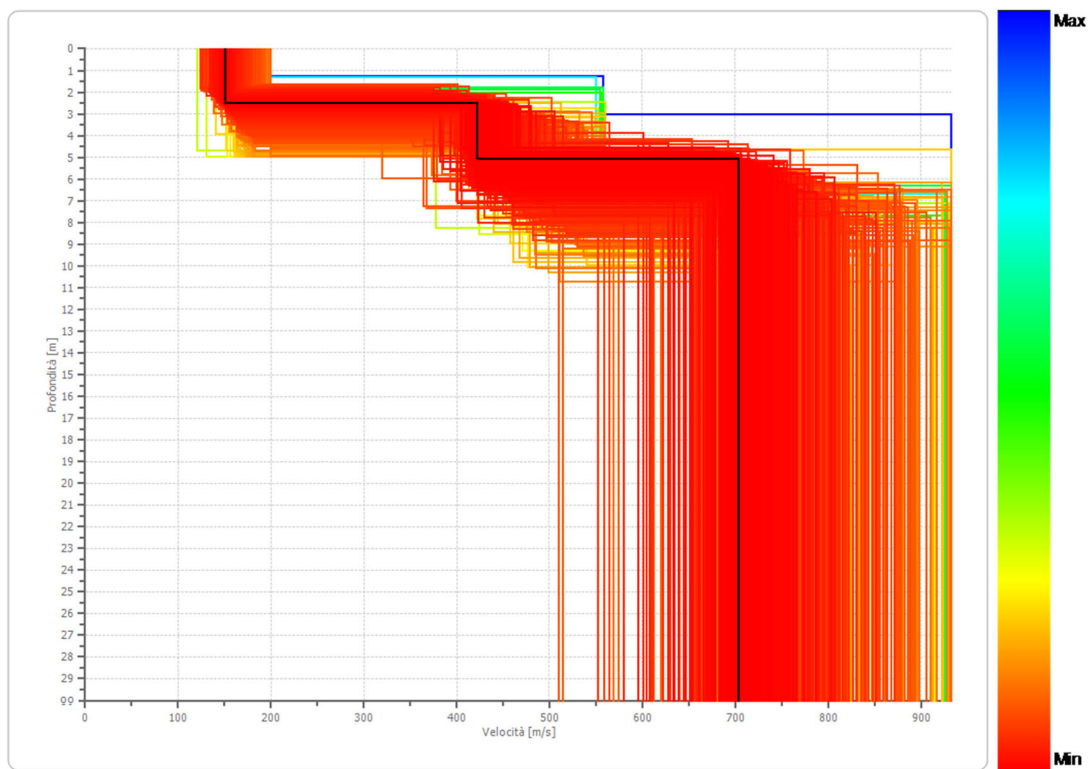
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	13.6	484.6	0
2	15.6	417.7	0
3	17.6	375.2	0
4	35.9	151.3	0
5	52.3	141.5	0

Inversione e interpretazione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.54	2.54	281.6	150.5
2	5.09	2.55	789.2	421.8
3	oo	oo	1315.9	703.4

Percentuale di errore 0.000 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.002



Profilo delle velocità

STIMA $V_{s,eq}$

Dal profilo sismo stratigrafico è possibile calcolare il parametro $V_{s,eq}$ attraverso la seguente espressione, quindi stimare la categoria del suolo di fondazione:

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

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. In base alle determinazioni svolte si evince che la velocità media delle onde di taglio fino alla profondità di 30 m dal piano di fondazione o piano campagna risulta:

$$V_{s,eq}: 514,25 \text{ m/sec}$$

pertanto la categoria del sottosuolo può essere classificata come segue:

Categoria B

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

5.4 Analisi del rischio sismico – Risposta sismica locale

Le condizioni locali possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologico-morfologiche sono infatti in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate (fino a poche decine di m). In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell'energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto.

Il primo elemento indispensabile per qualsiasi studio finalizzato al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico è l'individuazione della categoria del terreno. Nel caso in esame la definizione di questo parametro è stata ottenuta mediante l'esecuzione delle indagini sismiche e geognostiche (vedi paragrafi precedenti).

Il sito in esame, secondo il PGT comunale, non presenta scenario di pericolosità sismica locale.

5.5 Parametri Sismici

Tipo di elaborazione:	Fondazioni
Classe d'uso:	II. (Opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o IV)
Vita nominale:	50 [anni]
Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	81	30	0,039	2,450	0,211
SLD	63	50	0,053	2,388	0,231
SLV	10	475	0,140	2,453	0,276
SLC	5	975	0,181	2,448	0,288

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,500	1,000	0,009	0,005	0,462	0,200
SLD	1,200	1,470	1,000	0,013	0,006	0,625	0,200
SLV	1,200	1,420	1,000	0,040	0,020	1,645	0,240
SLC	1,200	1,410	1,000	0,052	0,026	2,131	0,240

5.6 Potenziale di liquefazione

La liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

La verifica a liquefazione, secondo NTC2018, può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- 3) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(NI) > 30$ oppure $q_{ciN} > 180$ dove (NI) è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{ciN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

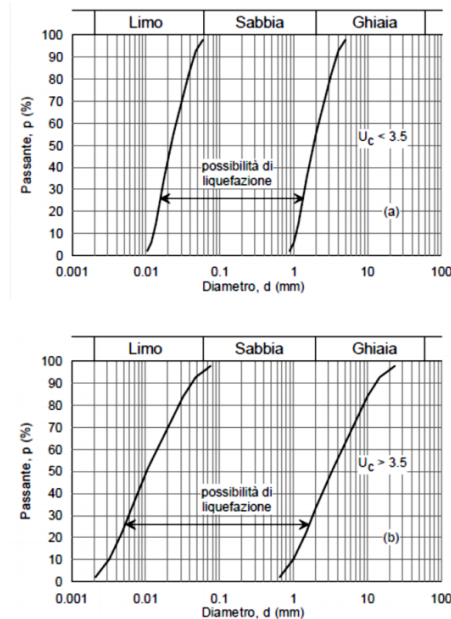


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione

Nella seguente tabella viene inoltre indicata la probabilità che si verifichi liquefazione in funzione delle condizioni stratigrafiche e morfologiche riscontrabili sul territorio:

Categoria	Morfologia	Liquefazione
A	Letti di fiume, antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, zone interdunali	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune, pianure di esondazione, spiagge	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne	Impossibile

In virtù della successione stratigrafica individuata, si ritiene improbabile il fenomeno della liquefazione.

In conformità a quanto previsto nelle NTC2018 cap. 7.11.3.4.2 per il verificarsi dei punti “4, e 5” si omette la verifica alla liquefazione.

6. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

I campioni di terreno sottoposti ad analisi sono stati catalogati e su di essi, date le caratteristiche degli stessi e secondo le indicazioni della Committenza, sono state eseguite:

- analisi granulometriche
- determinazione delle caratteristiche fisiche
- prova di taglio diretta con scatola di Casagrande.

Le prove sono eseguite secondo le normative vigenti dal nostro laboratorio terre autorizzato per il Settore "A" dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto 0000011 del 13/02/2017 secondo l'art. 59 del DPR n. 380/2001 circolare 7618 STC 2010.

7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

A seguito delle prove eseguite si possono ricavare indicazioni in merito ai parametri geotecnici da impiegare per il terreno indagato.

MODELLO GEOTECNICO

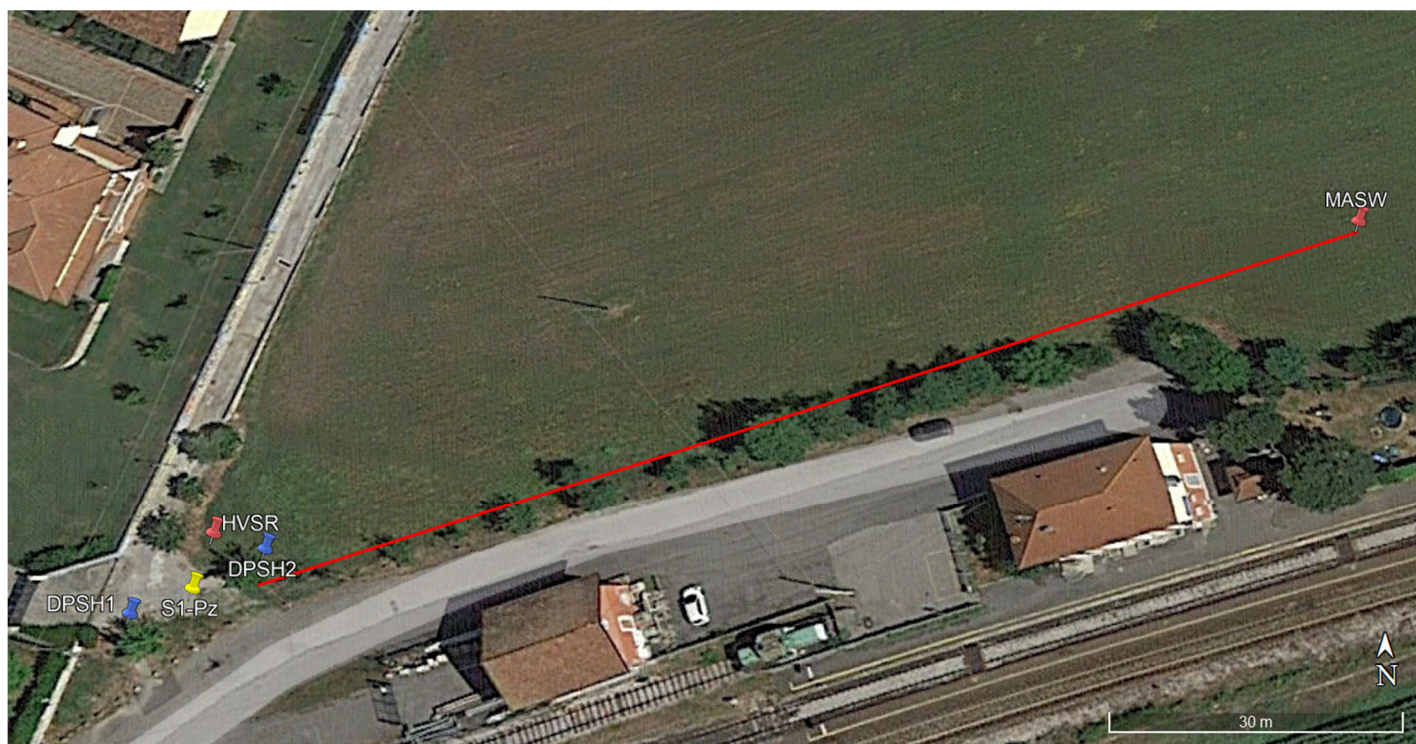
Profondità [m]	Tipologia	Cu [kPa]	E _{edom} [MPa]	ϕ [°]	E [MPa]	γ [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	V _{s,30} [m/s]	F ₀ [Hz]	Categoria sottosuolo	Categoria topografica
0,0 – 0,6	Sabbia	-	-	30	4,0	17,2	18,4	514	4,85	B	T1
0,6 – 4,0	Limo sabbioso con ghiaia	-	-	30	8,5	18,3	19,1				
4,0 – 5,0	Limo argilloso	40	7,0	-	-	18,2	18,6				
5,0 – 10,0	Sabbia con ghiaia	-	-	36	45	20,5	21,5				

Verifiche geotecniche

La relazione geotecnica è a tutti gli effetti un elaborato progettuale; essa fornisce valutazioni precise sull'opera o meglio sul sistema struttura-terreno; pertanto, come definito dal punto 6.2.2, non può più prescindere dall'opera vera e propria e non può fornire calcoli ed indicazioni esemplificativi.

Per quanto sopra la redazione di tale elaborato prevede una stretta interazione tra geotecnico e strutturista.

TAVOLE TECNICHE



Ubicazione planimetrica delle indagini

Committente: NORD_ING. S.R.L.	Sondaggio: S1
Riferimento: STAZIONE FERROVIARIA DI PASSIRANO (BS)	Data: 24-25/01/2022
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :75	STRATIGRAFIA	Pagina 1/1
-------------	---------------------	------------

Ø mm	R V	prove in foro	Campioni	Cass.	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	metri batt.	APz	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
											0,10	Terreno vegetale sabbioso.
											0,60	Sabbia grigia con ghiaia spigolosa, resti di cotto.
			1) Rim < 1,50 2,00	1	1,5	8-14-13	27	1				Limo sabbioso debolmente argilloso nocciola con poca ghiaia arrotondata e ciottoli.
								2				
			2) Rim < 3,00 3,50		3,0	3-5-5	10	3				
								4			4,00	Limo argilloso sabbioso marrone virante al grigio.
								5			5,00	
								6				Sabbia con ghiaia e ciottoli arrotondati.
			Lefranc CV 3) Rim < 6,00 6,50		6,0	16-15-21	36	6				
				2				7			6,80	Ghiaia, ciottoli e trovanti in matrice sabbiosa marrone.
								8				
			4) Rim < 9,00 9,50		9,0	24-50/7cm	Rif	9				
101								10			10,00	

Terreno conservato in N° 2 cassette catalogatrici.
 Foto delle cassette catalogatrici.
 Prelievo di N° 1 campione per analisi chimiche.
 Fornitura e posa di piezometro tubo aperto diametro 2".
 Fornitura e posa di pozzetto metallico.

FOTO CASSETTE CATALOGATRICI

SONDAGGIO S1



Cassetta 1 da 0,00 m a 5,00 m



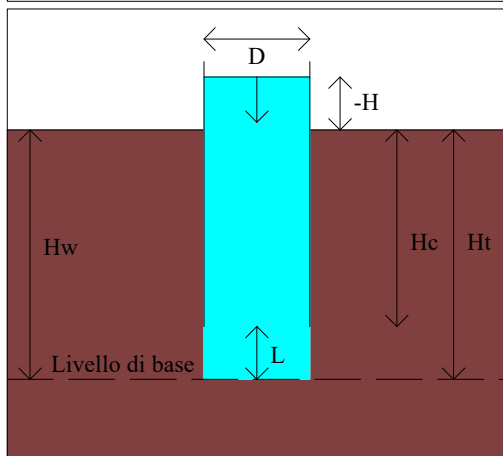
Cassetta 2 da 5,00 m a 7,00 m

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

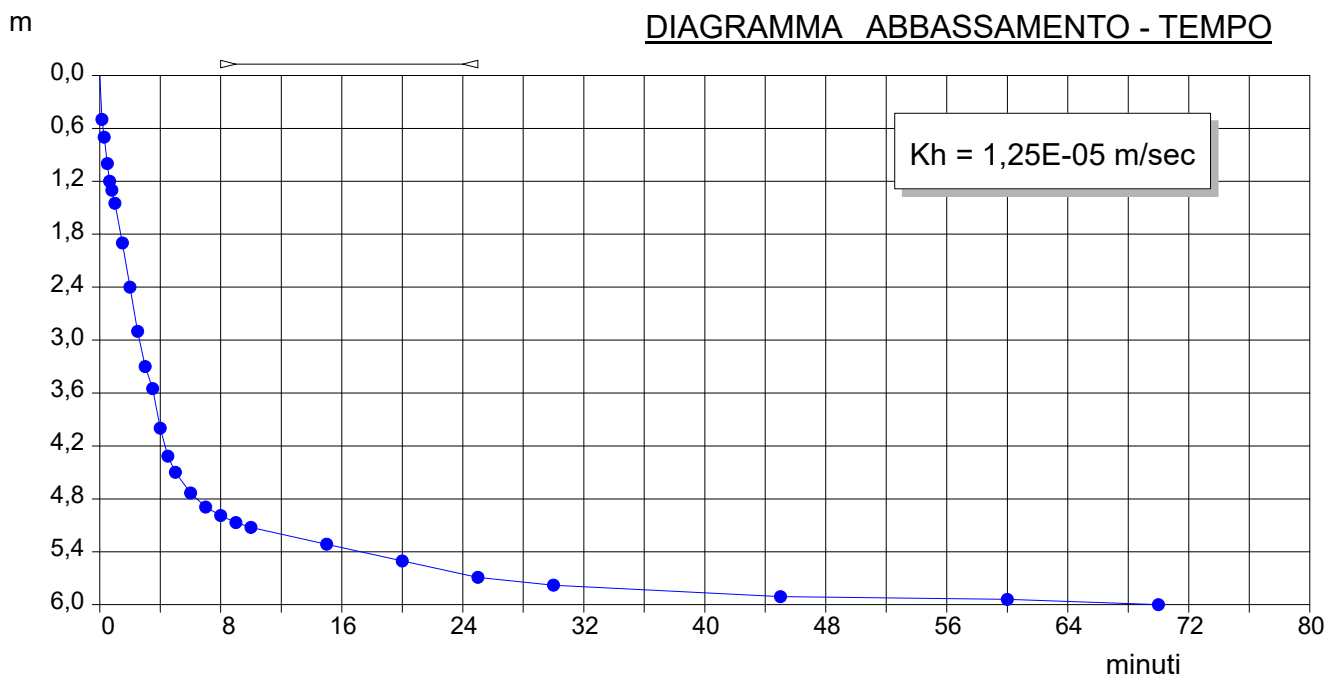
Committente: NORD_ING. S.R.L.	
Riferimento: STAZIONE FERROVIARIA	Prova: 1
Località: PASSIRANO (BS)	Data: 24/01/2022
Sondaggio: S1	Orario prova:

Prova eseguita in abbassamento

Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	6,00
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	-0,60
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,114
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	5,50
Profondità del foro [Ht] (m)	6,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	0,50
Coefficiente di forma	0,50



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0,00	6,60	0,00		9,00	1,53	5,07	1,73E-05
0,15	6,10	0,50	1,79E-04	10,00	1,48	5,12	1,24E-05
0,30	5,90	0,70	7,56E-05	15,00	1,29	5,31	9,40E-06
0,50	5,60	1,00	8,88E-05	20,00	1,10	5,50	1,09E-05
0,65	5,40	1,20	8,25E-05	25,00	0,91	5,69	1,26E-05
0,80	5,30	1,30	4,24E-05	30,00	0,82	5,78	6,95E-06
1,00	5,15	1,45	4,88E-05	45,00	0,69	5,91	3,92E-06
1,50	4,70	1,90	6,22E-05	60,00	0,66	5,94	9,88E-07
2,00	4,20	2,40	7,65E-05	70,00	0,60	6,00	3,33E-06
2,50	3,70	2,90	8,63E-05				
3,00	3,30	3,30	7,79E-05				
3,50	3,05	3,55	5,36E-05				
4,00	2,60	4,00	1,09E-04				
4,50	2,29	4,31	8,78E-05				
5,00	2,10	4,50	5,75E-05				
6,00	1,87	4,73	3,99E-05				
7,00	1,71	4,89	3,05E-05				
8,00	1,61	4,99	1,98E-05				



COMMITTENTE:	NORD_ING S.r.l.		
RIFERIMENTO:	PASSIRANO (BS)		
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	2 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	48,9	%
Peso di volume	18,0	kN/m ³
Peso di volume secco	12,1	kN/m ³
Peso di volume saturo	17,5	kN/m ³
Peso specifico	27,0	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,230	
Porosità	55,2	%
Grado di saturazione	100,0	%

ANALISI GRANULOMETRICA

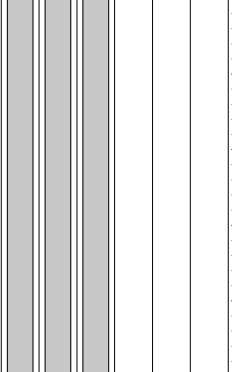
Ghiaia	18,4	%
Sabbia	51,6	%
Limo	21,5	%
Argilla	8,5	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	8,0	kPa
Angolo di attrito interno:	23,5	°

FOTOGRAFIA



Posizione delle prove CF GR TD		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		0				Sabbia limosa debolmente argillosa con qualche raro grano di ghiaia.
		10				
		20				
		30				
		40				
		50				
					50	

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10411	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 02/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 02/02/22	Fine analisi: 03/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma CNR UNI 10008

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 48,9 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10412	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 02/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 02/02/22	Fine analisi: 02/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma CNR 40-1973

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,0 kN/m³

Prova eseguita sulla matrice fine passante al setaccio 6 mm.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10413	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 04/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 02/02/22	Fine analisi: 04/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854-02

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **27,0 kN/m³**

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **27,0 kN/m³**

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,4 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

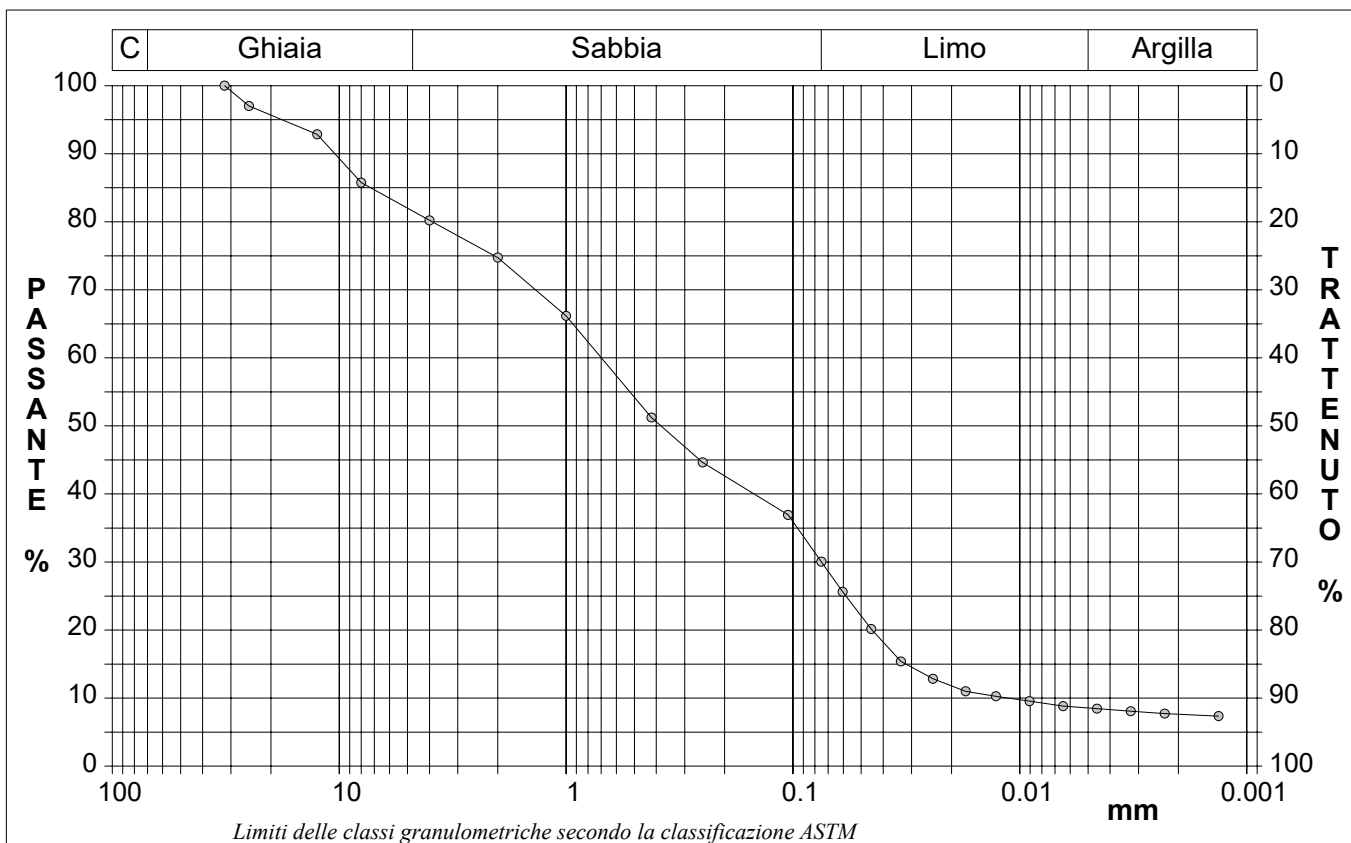
CERTIFICATO DI PROVA N°: 10414	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 02/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 02/02/22	Fine analisi: 04/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 933-1 / 933-2

Ghiaia	18,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	74,7 %	D10	0,01117 mm	
Sabbia	51,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	51,2 %	D30	0,07483 mm	
Limo	21,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	30,0 %	D50	0,38082 mm	
Argilla	8,5 %			D60	0,69853 mm	
Coefficiente di uniformità		62,51	Coefficiente di curvatura	0,72	D90	10,45196 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
32,0000	100,00	2,0000	74,75	0,0750	30,05	0,0173	11,01	0,0032	8,09
25,0000	97,03	1,0000	66,17	0,0604	25,63	0,0127	10,28	0,0023	7,72
12,5000	92,84	0,4200	51,25	0,0452	20,15	0,0091	9,55	0,0013	7,36
8,0000	85,75	0,2500	44,63	0,0334	15,40	0,0064	8,82		
4,0000	80,22	0,1050	36,93	0,0241	12,84	0,0046	8,45		

Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10415	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 02/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 02/02/22	Fine analisi: 08/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	58	89	145
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,00	5,00	7,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,23	0,37	0,52
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 8,0 kPa
 Angolo di attrito interno: 23,5 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
 Velocità di deformazione: 0,021 mm / min
 Tempo di consolidazione (ore): 24

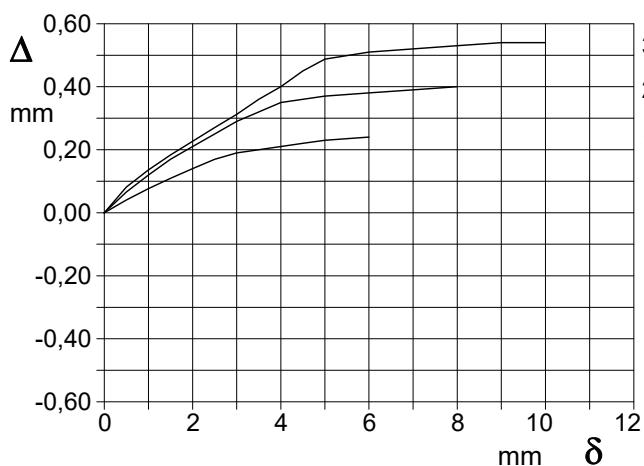
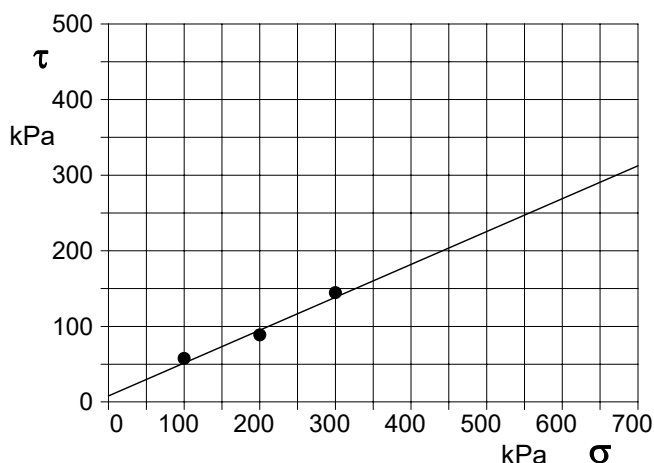


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

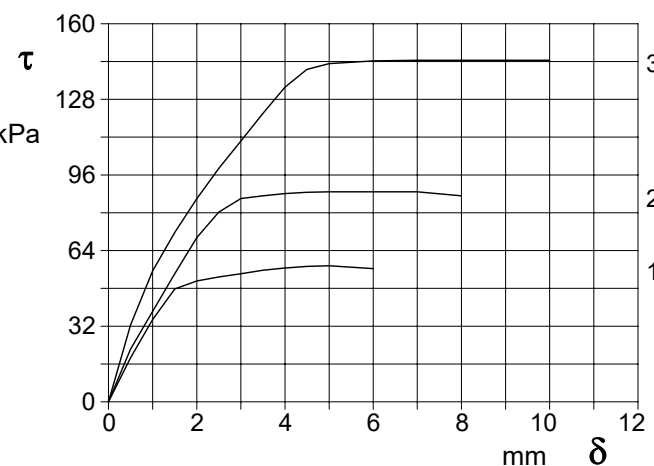


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10415	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 02/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 02/02/22	Fine analisi: 08/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	3,00 - 3,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,869
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	26,3
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,027

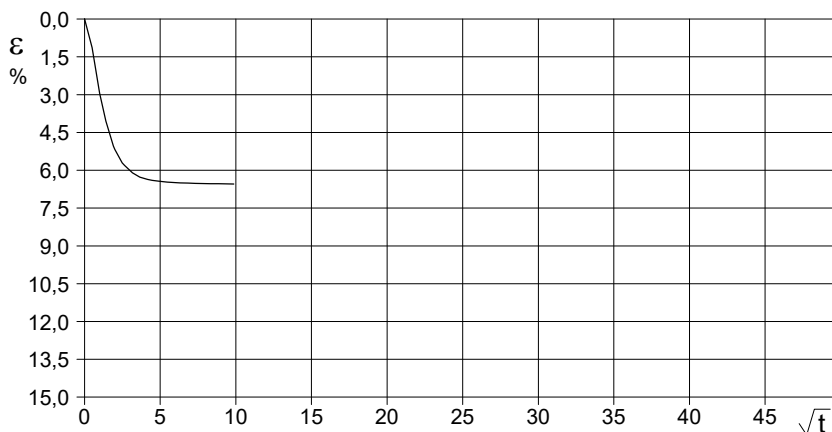


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,831
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	30,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,023

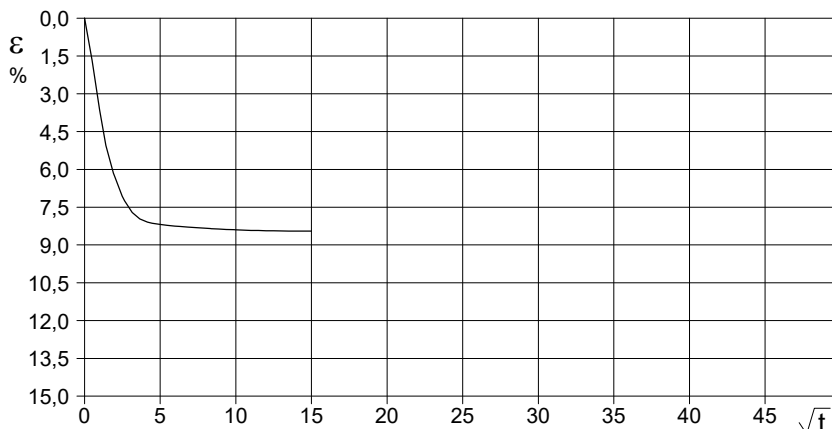
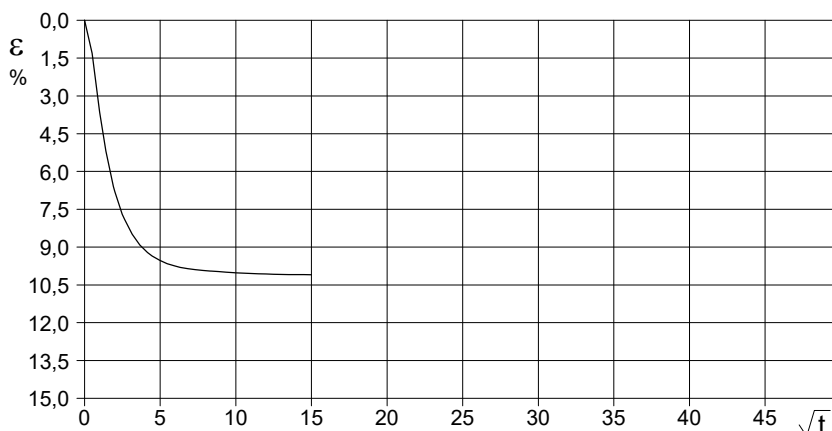


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,798
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	57,2
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,012



V_s = Velocità stimata di prova
 D_f = Deformazione a rottura stimata
 $t_f = 10 \times T_{100}$
 $V_s = D_f / t_f$

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.

RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	32,7	%
Peso di volume	18,3	kN/m ³
Peso di volume secco	13,8	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,6	kN/m ³
Peso specifico	27,1	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,970	
Porosità	49,2	%
Grado di saturazione	93,3	%

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	47,8	%
Sabbia	27,8	%
Limo	14,2	%
Argilla	10,2	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	16,5	kPa
Angolo di attrito interno:	23,8	°

FOTOGRAFIA



Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD				
					0	Ghiaia con poca sabbia limoso-argillosa.
					10	
					20	
					30	
					40	
					50	

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10416	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 07/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 07/02/22	Fine analisi: 08/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma CNR UNI 10008

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 32,7 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10417	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 07/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 07/02/22	Fine analisi: 07/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma CNR 40-1973

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,3 kN/m³

Prova eseguita sulla matrice fine passante al setaccio 6 mm.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10418	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 09/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 07/02/22	Fine analisi: 09/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854-02

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 27,1 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 27,1 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 17,9 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

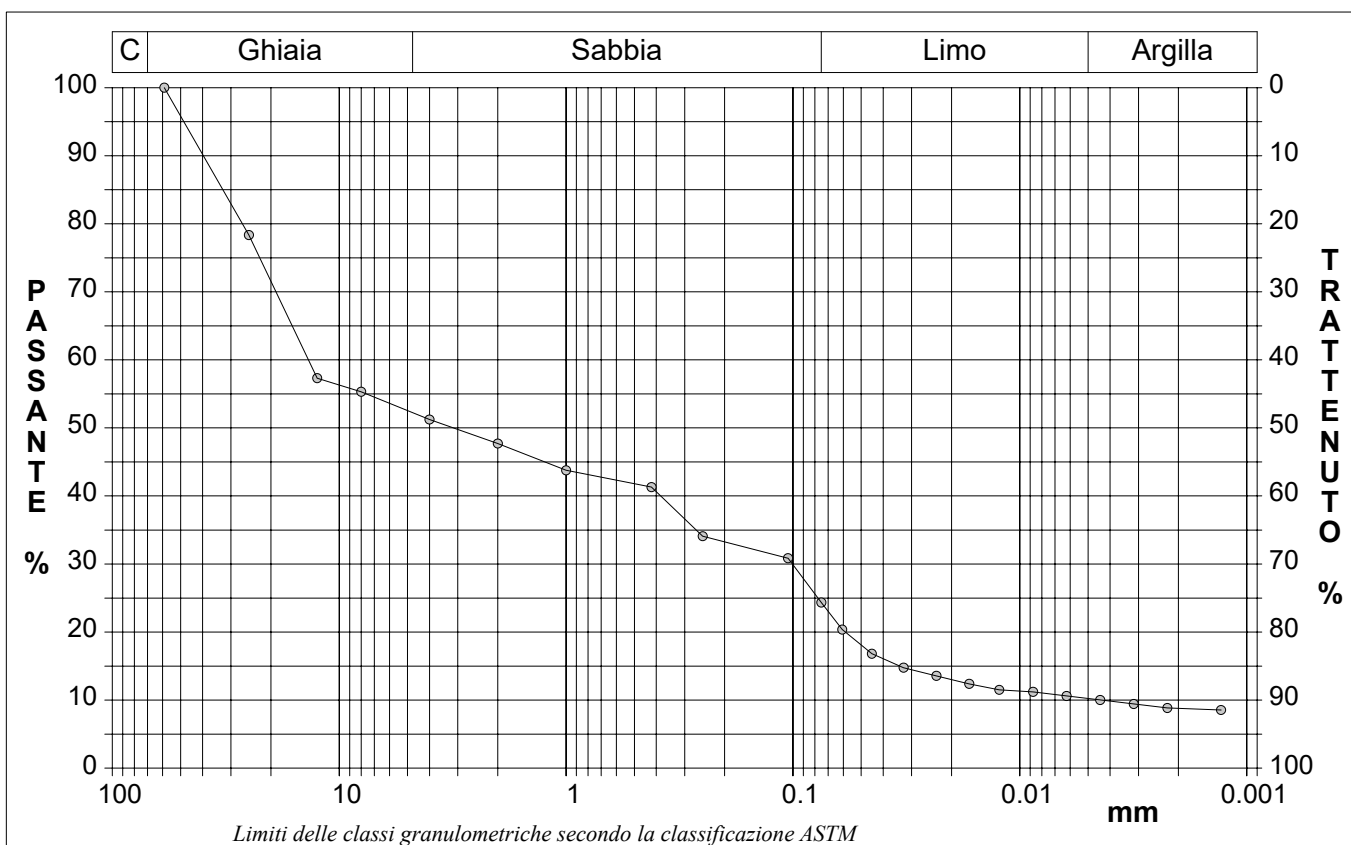
CERTIFICATO DI PROVA N°: 10419	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 07/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 07/02/22	Fine analisi: 09/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 933-1 / 933-2

Ghiaia	47,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	47,7 %	D10	0,00435 mm
Sabbia	27,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	41,3 %	D30	0,10041 mm
Limo	14,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	24,4 %	D50	3,13540 mm
Argilla	10,2 %			D60	13,65750 mm
				D90	39,68493 mm
Coefficiente di uniformità		3138,87	Coefficiente di curvatura		0,17



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
59,0000	100,00	2,0000	47,72	0,0750	24,36	0,0167	12,39	0,0031	9,44
25,0000	78,35	1,0000	43,78	0,0607	20,37	0,0123	11,51	0,0022	8,85
12,5000	57,31	0,4200	41,31	0,0449	16,83	0,0087	11,21	0,0013	8,55
8,0000	55,32	0,2500	34,09	0,0325	14,76	0,0062	10,62		
4,0000	51,23	0,1050	30,86	0,0233	13,57	0,0044	10,03		

Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10420	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 07/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 07/02/22	Fine analisi: 11/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.				
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)				
SONDAGGIO: S1		CAMPIONE: 3		PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	55	111	143
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,00	7,00	6,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,32	0,36	0,38
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 16,5 kPa
 Angolo di attrito interno: 23,8 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
 Velocità di deformazione: 0,012 mm / min
 Tempo di consolidazione (ore): 24

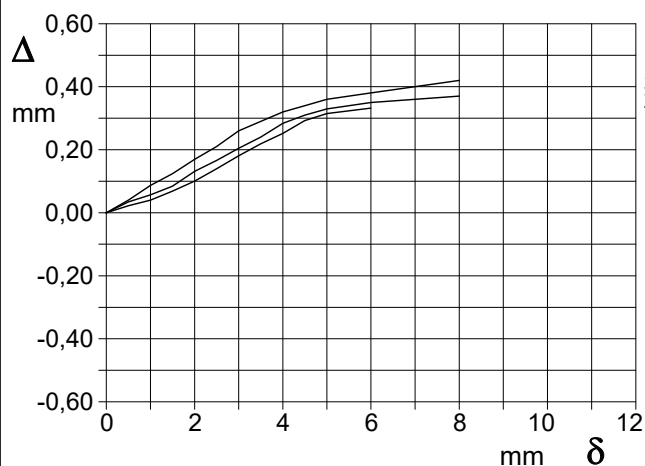
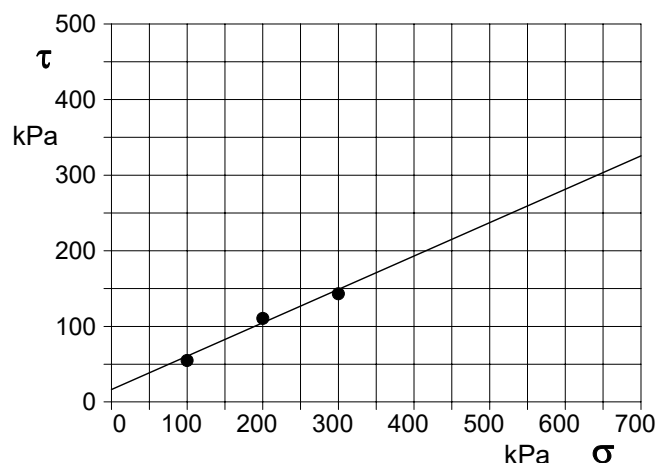


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

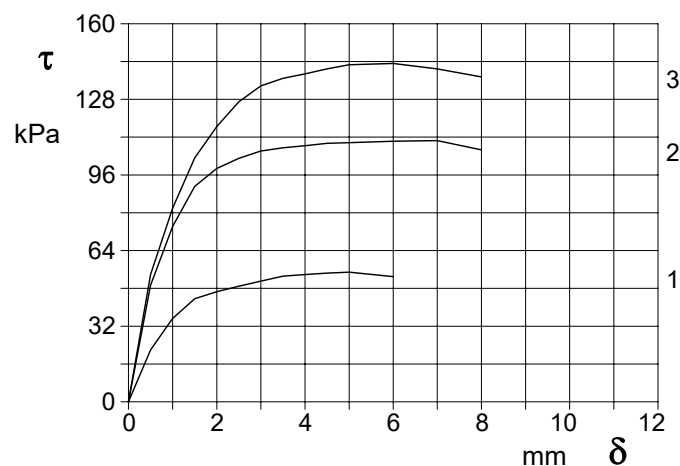


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Prova eseguita sulla matrice fine passante al setaccio 6 mm.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 10420	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/22	Inizio analisi: 07/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 29921092-7 del 01/02/22		Apertura campione: 07/02/22	Fine analisi: 11/02/22

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: PASSIRANO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	6,00 - 6,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,882
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	55,6
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,013

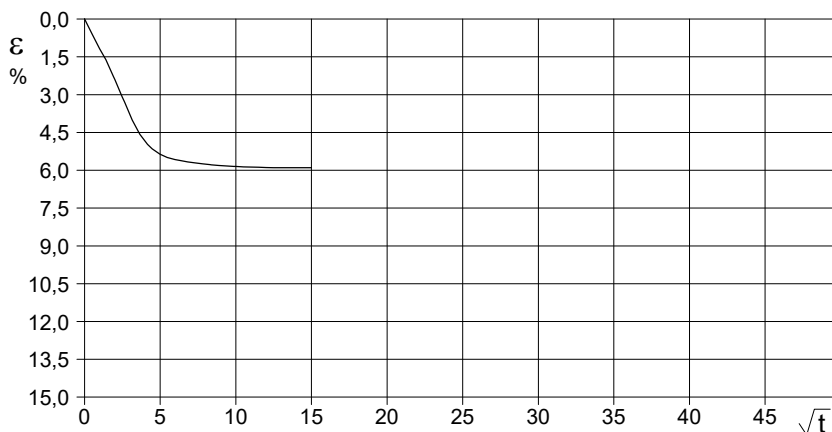


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,797
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	44,1
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,016

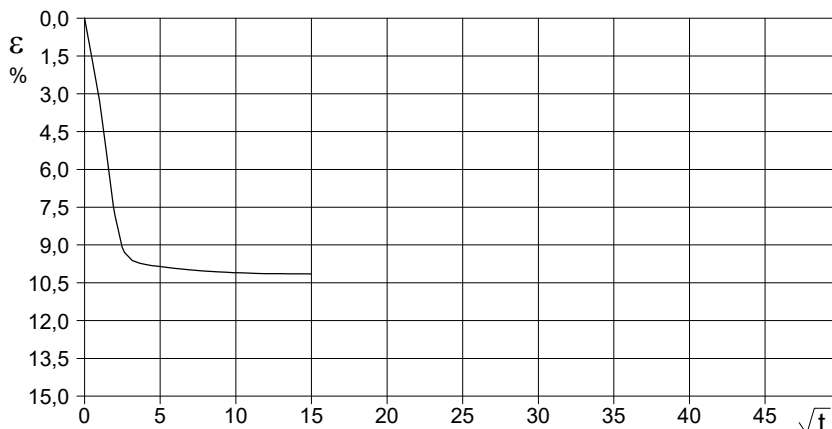
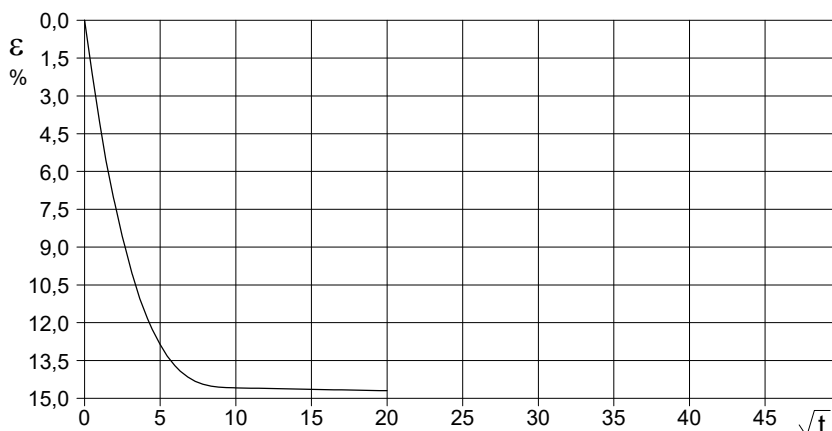


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,706
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	80,9
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,009



V_s = Velocità stimata di prova
 D_f = Deformazione a rottura stimata
 $t_f = 10 \times T_{100}$
 $V_s = D_f / t_f$

NORD_ING. S.R.L.

PASSIRANO (BS)

**REALIZZAZIONE DI UN NUOVO
PARCHEGGIO**

**Caratterizzazione dei terreni per la gestione
del materiale di risulta**

REVISIONE N° 01

DATA DI EMISSIONE: 16/02/2022

REDATTA DA: dott. A. Freddo geologo



APPROVATA DA: dott. E. Fornasiero ingegnere
Direttore Tecnico



NORD_ING S.R.L.
PASSIRANO (BS)
PROGETTO DI UN NUOVO PARCHEGGIO PRESSO
LA STAZIONE FERROVIARIA
CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI PER LA GESTIONE DEL
MATERIALE DI RISULTA

INDICE

1. INTRODUZIONE
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA
3. ASPETTI GEOLOGICI
4. ANALISI DI LABORATORIO
 - 4.a Analisi chimiche
5. CONCLUSIONI

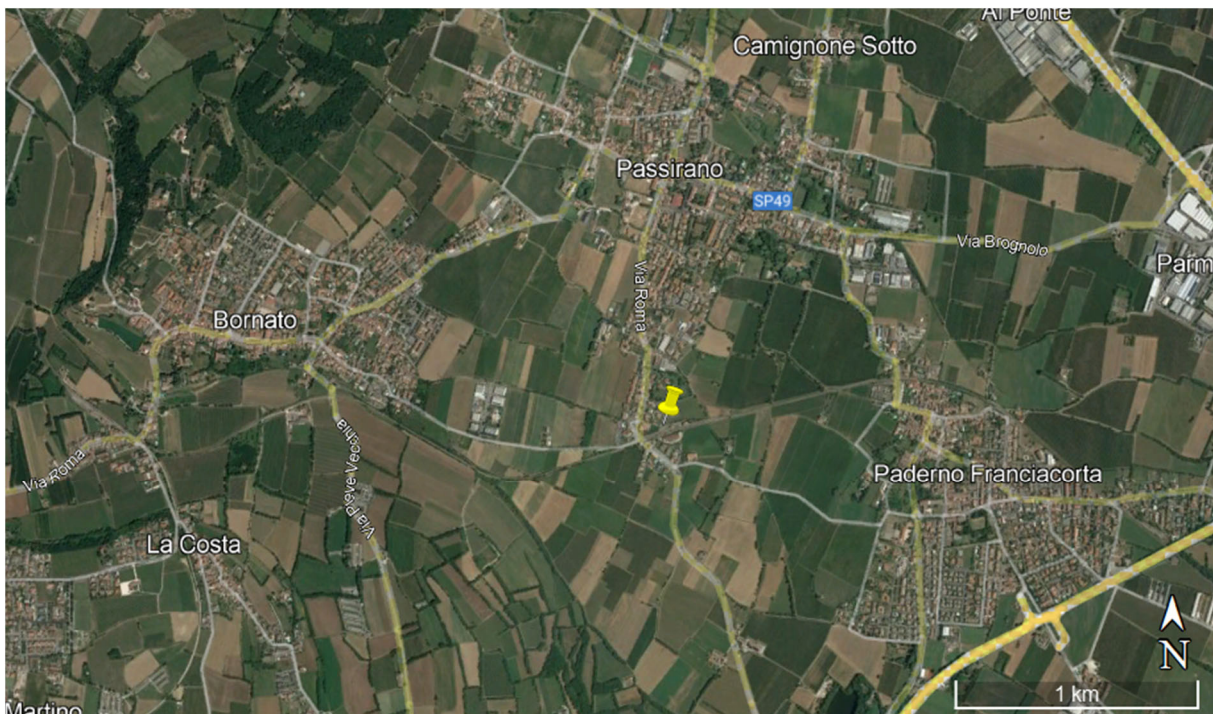
TAVOLE TECNICHE

- N° 1 FOGLIO PLANIMETRICO
N° 3 RAPPORTI DI PROVA ANALISI CHIMICHE

1. INTRODUZIONE

Su incarico di **NORD_ING S.r.l.**, nella presente relazione si riportano i risultati ottenuti dall'indagine geologica ambientale eseguita in Comune di Passirano (BS) per il progetto di un nuovo parcheggio nei pressi della stazione ferroviaria.

È stata effettuata la caratterizzazione dei terreni per la gestione del materiale di risulta per stabilire la pericolosità o meno dei terreni stessi ed il loro destino (avvio a recupero).



Vista aerea del sito (Google Earth)

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area oggetto degli scavi è ubicata in Comune di Passirano (BS) presso la Stazione Ferroviaria di FerrovieNord. I terreni campionati ricadono in una zona pianeggiante industriale per la presenza delle linee ferroviarie.



Ortofoto con individuazione del punto di campionamento (Google Earth)

3. ASPETTI GEOLOGICI

L'area oggetto di studio ricade in una zona caratterizzata dalla presenza di terreni di origine morenica e fluvioglaciale. L'area d'indagine è interessata da depositi Pleistocenici grossolani, legati ad una dinamica glaciale e costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie.

Secondo il PGT del Comune di Passirano, la presenza di acqua di falda è rilevabile alla profondità di circa ml 5,00 dal piano campagna con direzione di deflusso da Nordest verso Sudovest.

In corrispondenza del sondaggio eseguito, per il sottosuolo indagato si riscontra una successione continua di terreni incoerenti a carattere ghiaioso con percentuali variabili di matrice sabbiosa. Dalla superficie fino a 5,00 ml da p.c. prevale la componente limosa.

Al termine dell'esecuzione del sondaggio si è proceduto a misurare la profondità della falda mediante freaticometro, la stessa è risultata essere alla quota di 6,20 ml da p.c.

4. ANALISI DI LABORATORIO

È stato prelevato N° 1 campioni di terreno dal sondaggio eseguito.

Il campione è stato prelevato alla profondità di

CA1: 0,20 – 3,00 ml

4a. Analisi chimiche

Secondo il D.P.R. n. 120 del 13/06/2017: “Disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del decreto legge 12 settembre 2014 n. 133 convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014 n. 6” tutti i terreni e le rocce da scavo devono essere analizzati chimicamente al fine di poter essere riutilizzati in cantiere o in altre lavorazioni esterne.

L'attività di caratterizzazione è stata eseguita mediante il prelievo e l'analisi dei campioni di terreno, sulla base del seguente set analitico:

- determinazione di fraz. a 2 mm e residuo secco per l'espressione dei dati ex D.lgs 152/06
- set metalli (As, Cd, Cr tot, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)
- idrocarburi pesanti C>12
- idrocarburi leggeri C<12
- idrocarburi policiclici aromatici IPA
- policlorobifenili PCB

5. CONCLUSIONI

Tutti parametri analizzati rientrano nei limiti riferiti a siti ad uso commerciale e industriale secondo la Tabella 1 colonna B dell'allegato 5 (Titolo V), allegato alla parte quarta del Decreto Legislativo n. 152/06 e s.m.i.

Tenuto conto di quanto emerso dalle analisi chimiche si può stabilire che i terreni di risulta possono essere riutilizzati in sito.

TAVOLE TECNICHE ALLEGATE



Ubicazione planimetrica del punto di campionamento

Rapporto di prova n°: **22RP00730** del **16/02/2022**Spett.
Tecnostudio S.r.l.
Via Rovigo, 61
35042Este (PD)

Dati di accettazioneMatrice: **Terreni**Trasporto: **Cliente**Data arrivo: **07/02/2022**Ora arrivo: **17.48**Data accettazione: **07/02/2022**

Dati relativi al campione (C)Descrizione: **S1 CA - Passirano (BS)**Produttore: **Nord_Ing S.r.l.**

Dati relativi al campionamentoData: **25/01/2022**Campionamento a cura di: **Cliente**Luogo: **Stazione ferroviaria di Passirano (BS)**Modalità di campionamento: **non specificato**Profondità: **0,1 m - 3,0 m**

Rapporto di prova n°: 22RP00730 del 16/02/2022

Parametro - Specifiche <i>Metodo - Note</i>	U.M.	Risultato <i>Note</i>	Incertezza	Limiti (1) - Limiti (2)	LoQ	LoD	Inizio prova <i>Fine prova</i>
Umidità a 105°C DM 13/09/1999 SO n°185 GU n° 248 21/10/1999 Met II.2	g/kg	6,6	±0,7		0,1		10/02/22 11/02/22
*Sopravaglio 2 mm DM 13/09/1999 SO n°185 GU n° 248 21/10/1999 Met II. 1	%	25,6			0,1		10/02/22 11/02/22
*Sottovaglio 2 mm DM 13/09/1999 SO n°185 GU n° 248 21/10/1999 Met II. 1	%	74,4			0,1		10/02/22 11/02/22
*Idrocarburi C>12 ISO 16703:2004	mg/kg s.s.	98,1		50 (Sup) 750 (Sup)	10		07/02/22 14/02/22
*Cromo esavalente CNR IRSA 16 Q64 Vol 3:1986	mg/kg s.s.	NQ		2 (Sup) 15 (Sup)	1		14/02/22 14/02/22
Arsenico (come As) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	6,9	±1,4	20 (Sup) 50 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Berillio (come Be) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	NQ		2 (Sup) 10 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Cadmio (come Cd) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	0,32		2 (Sup) 15 (Sup)	0,2		10/02/22 11/02/22
Cobalto (come Co) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	5,3	±1,1	20 (Sup) 250 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Cromo (come Cr) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	11	±2	150 (Sup) 800 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
*Mercurio (come Hg) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	NQ		1 (Sup) 5 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Nichel (come Ni) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	9,8	±2,1	120 (Sup) 500 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Piombo (come Pb) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	9,8	±2,1	100 (Sup) 1000 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Rame (come Cu) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	11	±2	120 (Sup) 600 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Vanadio (come V) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	25		90 (Sup) 250 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
Zinco (come Zn) EPA 3050B:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	30	±6	150 (Sup) 1500 (Sup)	1		10/02/22 11/02/22
*Idrocarburi policiclici aromatici							
Benzo(a)antracene (cas 56-55-3) (25) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,5 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Benzo(b)fluorantene (cas 205-99-2) (27) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,5 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Benzo(k)fluorantene (cas 207-08-9) (28) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,5 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22

Rapporto di prova n°: 22RP00730 del 16/02/2022

Parametro - Specifiche <i>Metodo - Note</i>	U.M.	Risultato <i>Note</i>	Incertezza	Limiti (1) - Limiti (2)	LoQ	LoD	Inizio prova <i>Fine prova</i>
Benzo(g,h,i)perilene (cas 191-24-2) (29) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Crisene (cas 218-01-9) (30) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		5 (Sup) 50 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Dibenzo(a,e)pirene (cas 192-65-4) (31) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Dibenzo(a,l)pirene (cas 191-30-0) (32) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Dibenzo(a,i)pirene (cas 189-55-9) (33) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Dibenzo(a,h)pirene (cas 189-64-0) (34) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
*Idrocarburi policiclici aromatici: Sommatoria (da 25 a 34) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		10 (Sup) 100 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Dibenzo(a,h)antracene (cas 53-70-3) (35) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 10 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Indeno(1,2,3-c,d)pirene (cas 193-39-5) (36) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 5 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
Pirene (cas 129-00-0) (37) EPA 3550C:2007 + EPA 8270E:2018	mg/kg s.s.	NQ		5 (Sup) 50 (Sup)	0,01		14/02/22 16/02/22
*PCB Policlorobifenili (come somma) M.I. 134 R00 2021	mg/kg s.s.	NQ		0,06 (Sup) 5 (Sup)	0,04		14/02/22 16/02/22
*Solventi aromatici							
*Benzene (cas 71-43-2) (19) EPA 5035A 2002+ EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	NQ		0,1 (Sup) 2 (Sup)	0,1		15/02/22 16/02/22
*EtilBenzene (cas 100-41-4) (20) EPA 5035A 2002+ EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	NQ		0,5 (Sup) 50 (Sup)	0,5		15/02/22 16/02/22
*Stirene (cas 100-42-5) (21) EPA 5035A 2002+ EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	NQ		0,5 (Sup) 50 (Sup)	0,5		15/02/22 16/02/22
*Toluene (cas 108-88-3) (22) EPA 5035A 2002+ EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	NQ		0,5 (Sup) 50 (Sup)	0,5		15/02/22 16/02/22
*Xileni (come sommatoria degli isomeri) (23) EPA 5035A 2002+ EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	NQ		0,5 (Sup) 50 (Sup)	0,5		15/02/22 16/02/22
*Solventi aromatici: Sommatoria (da 20 a 23) EPA 5035A 2002+ EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	NQ		1 (Sup) 100 (Sup)	0,5		15/02/22 16/02/22
*Idrocarburi C<12 EPA 5035A 2002+ EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	NQ		10 (Sup) 250 (Sup)	10		15/02/22 16/02/22

Limiti: D. Lgs. 03/04/06 n. 152, parte IV, Titolo V, Allegato 5, Tabella 1, - (1) Colonna A - (2) Colonna B

Rapporto di prova n°: **22RP00730** del **16/02/2022**

Qualora il campionamento non sia a carico di Chimicambiente S.r.l., quest'ultima declina ogni responsabilità in merito alle informazioni relative al campionamento in quanto fornite dal Cliente/Committente; i risultati delle prove si riferiscono esclusivamente al campione così ricevuto. Quando questi dati comprendono misurazioni che impattano sull'unità di misura, i risultati espressi sono ottenuti dall'elaborazione degli stessi. I dati di accettazione sono di responsabilità del Laboratorio mentre i dati relativi al campione sono contrassegnati con una "C" se di responsabilità del Cliente/Committente.

Qualora il campione fosse non idoneo ma il Cliente/Committente scegliesse di proseguire ugualmente, il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che potrebbero essere influenzati dallo scostamento.

LEGENDA: **U.M.** = unità di misura; **(sup)** = Limite superiore; **(inf)** = Limite Inferiore; **LoQ** = limite di quantificazione, è il limite inferiore di concentrazione sopra al quale è possibile ottenere strumentalmente una misura di tipo quantitativo; in microbiologia il LoQ è di natura teorica; **LoD** = limite di rilevabilità, è il limite inferiore di concentrazione sotto il quale il campione non può essere rilevato; nelle analisi qualitative rappresenta la minima concentrazione alla quale è possibile determinare o meno la presenza di un analita; **NQ** = non quantificabile, indica un valore inferiore a LoQ; **NR** = non rilevabile, indica un valore inferiore a LoD; "<x" o ">x" indicano rispettivamente un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova, dove x è il risultato; **N.A.** = non applicabile alla prova; **M.I.** = Metodo Interno.

(m): Indica una modifica rispetto alla versione precedente del Rapporto di prova.

(e): Indica che la prova/attività è stata eseguita in subappalto.

Sono evidenziati in **rosso** i risultati che superano i limiti definiti (l'esito del confronto matematico tra risultato e limite non costituisce un giudizio di conformità).

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

I campioni vengono conservati presso il laboratorio per 2 settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.

Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal laboratorio per 5 anni dall'emissione del rapporto di prova.

SE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO: i risultati del presente rapporto di prova non risultano corretti per i fattori di recupero (R) in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova; le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound (L.B.); il verbale di campionamento viene identificato ed archiviato con il medesimo codice di accettazione del campione oppure con il relativo numero d'ordine.

(*): Prova/attività non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa come incertezza estesa nell'unità di misura del parametro a cui si riferisce. Il fattore di copertura è pari a $k=2$ con un intervallo di probabilità del 95%.

Direttore Tecnico

Dr. Giovanni Mitaritonna
Chimico

Ordine Interprov. Chimici del Veneto - Padova n° 910 SEZ. A

----- Fine Rapporto di Prova -----

ALLEGATO AL RAPPORTO DI PROVA n°: 22RP00730**Giudizio di Conformità**

Parametri entro i limiti riferiti a siti ad uso commerciale e industriale secondo tabella 1 colonna B dell'allegato 5 (Titolo V), allegato alla parte quarta del Decreto Legislativo n. 152/06 e s.m.i.

REGOLE DECISIONALI:

Nel caso in cui, considerando l'incertezza, non sia inequivocabile la conformità del risultato, il laboratorio ha deciso di basarsi sul risultato di prova non tenendo conto dell'incertezza di misura ma attraverso il confronto diretto del risultato ottenuto con il valore di riferimento.

Direttore Tecnico

Dr. Giovanni Mitaritonna
Chimico

Ordine Interprov. Chimici del Veneto - Padova n° 910 SEZ. A