

Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

B 3 2

D

b

0 0 1

I G

- -

R 0

LINEA BRESCIA- ISEO-EDOLO - COMUNE DI ROVATO
IMPIANTO DI DEPOSITO E MANUTENZIONE TRENI
Progetto Definitivo

RELAZIONE GEOLOGICA

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1				
	0	NOV. 2021	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Luca Erba

FERROVIENORD

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

Progettista



Collaborazione

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

NORD_ING S.R.L.

ROVATO (BS) NUOVO CAPANNONE PER LA MANUTENZIONE DEI TRENI

Relazione Geologica
Indagine geognostica
Caratterizzazione e modellazione geotecnica

REVISIONE N° 00

DATA DI EMISSIONE: 31/08/2021

REDATTA DA: dott. A. Freddo geologo



APPROVATA DA: dott. E. Fornasiero ingegnere
Direttore Tecnico



NORD ING S.R.L.

ROVATO (BS)

**INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA COSTRUZIONE DI UN NUOVO
CAPANNONE PER LA MANUTENZIONE DEI TRENI**

**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 piezometri
 - 4.6 Prove penetrometriche dinamiche continue 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° 4 FOGLI STRATIGRAFICI
- N° 16 FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI
- N° 4 FOGLI DELLE PROVE LEFRANC
- N° 4 FOGLI INTERPRETATIVI DELLE PROVE DPSH

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 in Comune di Rovato (BS), presso l'area FerrovieNord, in corrispondenza dei terreni sui quali è prevista la costruzione di un capannone per la manutenzione dei treni.



Vista aerea del sito (Google Earth)

Finalità dell'indagine è l'individuazione del modello geotecnico rappresentativo del sottosuolo, a tale scopo sono state eseguite:

- N° 4 sondaggi a carotaggio continuo;
- N° 4 prove di permeabilità in foro Lefranc;
- N° 4 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;
- N° 1 indagine sismica HVSR (microtremori);
- N° 2 prospezioni sismiche a rifrazione MASW;
- 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 delle aree 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.

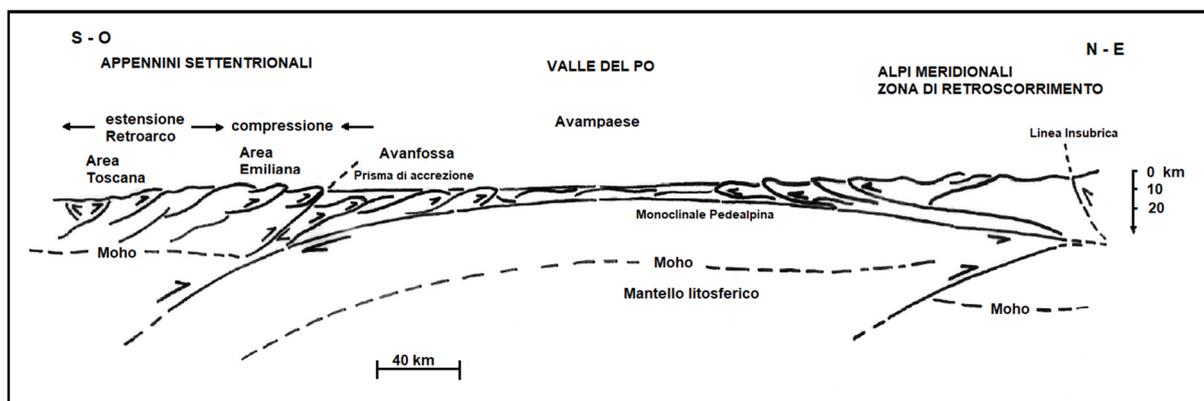
Il sito d'indagine rientra in una zona urbanizzata con forte antropizzazione del paesaggio e dei terreni, situata nell'alta Pianura Padana direttamente a Sud del Lago d'Iseo.

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.

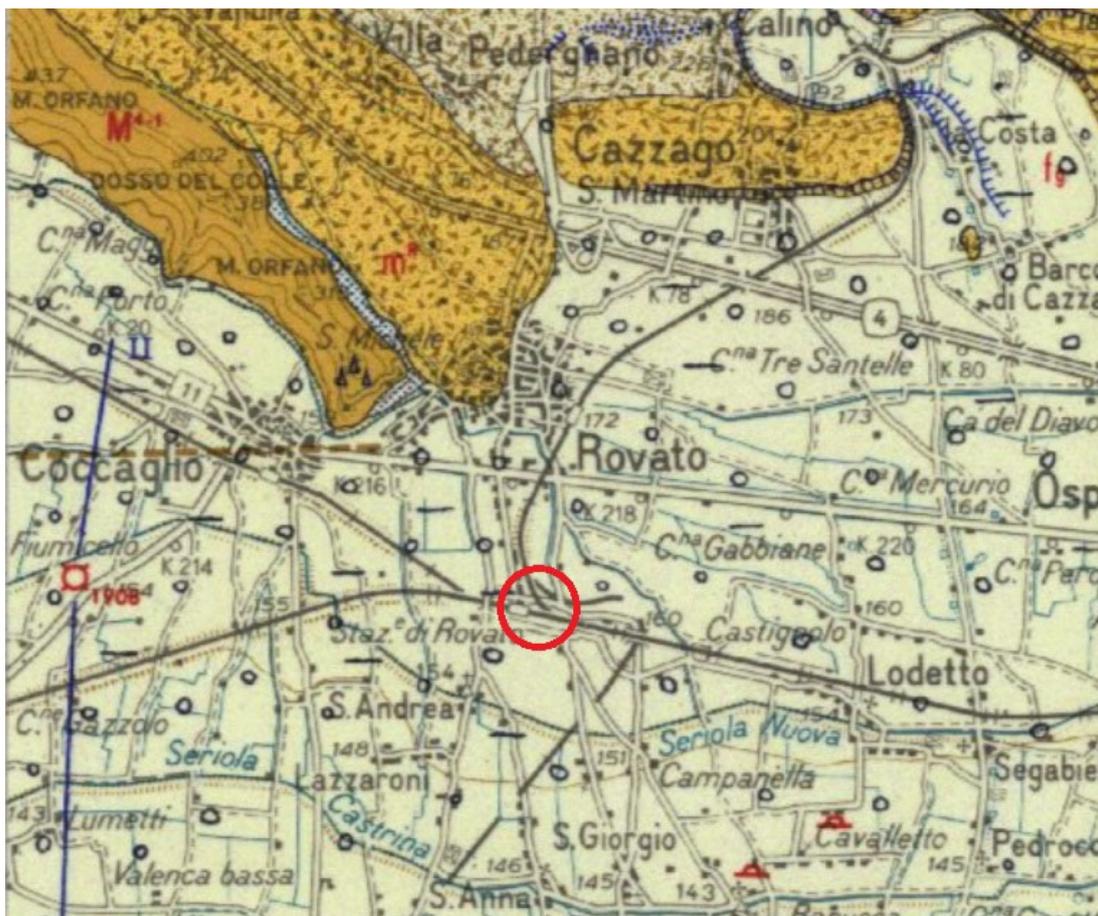
La successione sedimentaria Plio-Pleistocenica del Bacino Padano ha un carattere complessivamente regressivo e la sua genesi è fortemente legata alle fluttuazioni eustatiche del livello marino, legate a loro volta dalle variazioni climatiche e dalla tettonica a grande e a minor scala. Le variazioni eustatiche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



Sezione geologica schematica che mostra il sistema avanfossa/avampaese Padano. Come si osserva, la placca Europea è subdotta da quella Africana, e il Bacino Padano rappresenta l'avanfossa della Catena Appenninica ed è colmato di grandi volumi di detrito alluvionale.



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

LEGENDA

- Alluvioni fluvio-glaciali grossolane
- Morene wurmiane
- Conglomerato di Monte Orfano (Miocene)

Dall'analisi della carta geologica menzionata e della carta geologica e geomorfologica del PGT del Comune di Rovato, 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 43,00 dal piano campagna con direzione di deflusso da Nordovest verso Sudest.

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 Rovato;
- 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 ricade nello scenario di pericolosità sismica locale "Z4a: zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" suscettibile di amplificazione sismica.

3. LIMITAZIONI ALL'EDIFICAZIONE

Dall'analisi delle tavole di cui al punto 2 risulta che il sito è ubicato in area avente "fattibilità con modeste limitazioni: area con prima falda vulnerabile". Per quanto sopra, secondo quanto riportato dalle Norme Geologiche di Piano del PGT, le nuove edificazioni "sono consentite previa redazione di Relazione Geologica e di Relazione Geotecnica che puntualizzino, mediante rilievi e indagini *in situ*, la definizione dell'assetto idrogeologico generale dei luoghi analizzando adeguatamente le problematiche dell'area in relazione alla tipologia costruttiva e alla destinazione d'uso dell'opera con particolare riferimento ai motivi per i quali la zona è stata attribuita a tale classe di fattibilità geologica. Per la realizzazione delle opere di vario tipo quali opere di interesse pubblico, strade, opere di urbanizzazione e reti tecnologiche, opere di sistemazione idrogeologica dei versanti e dei corsi d'acqua che comportino sensibili modifiche all'assetto morfologico e/o idrogeologico dei luoghi valgono le prescrizioni indicate per le nuove edificazioni".

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Sono stati eseguiti N°4 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo. Sono state inoltre eseguite N° 4 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH, spinte alla profondità prevista o al raggiungimento del rifiuto strumentale. L'ubicazione dei sondaggi e delle prove, come riportato nella planimetria allegata, è stata scelta in accordo con il committente e compatibilmente alle effettive possibilità di accesso ai punti d'indagine.

4.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi sono stati eseguiti in conformità alle norme ANISIG e sotto il diretto controllo in cantiere di tecnici e responsabili della scrivente ditta I sondaggi sono stati eseguiti 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. Nei fogli stratigrafici 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° 6 campioni rimaneggiati di terreno e N° 2 campioni per analisi chimiche nel corso di ciascun sondaggio eseguito.

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

I campioni per analisi chimiche ambientali sono stati prelevati dalla cassetta catalogatrice, selezionati mediante quartatura e riposti immediatamente in contenitori in PEHD, sigillati ermeticamente, contrassegnati e riposti in cella climatica. Una parte dei ciascun campione è stata riposta in contenitore in vetro tipo vials per la

determinazione degli idrocarburi leggeri. I campioni ambientali sono stati consegnati ad un laboratorio chimico certificato ed accreditato ACCREDIA.

4.3 Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile

Sono state eseguite N° 4 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, N° 1 per sondaggio, 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 dei fori di sondaggio sono state eseguite in totale N° 24 prove S.P.T., N° 6 per sondaggio

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 piezometri

Il foro di sondaggio S4 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 12,00 ml da p.c. e microfessurato nel tratto da 12,00 ml fino a fine foro. L'intercapedine è stata cementata con boiaccia cementizia dalla superficie per una profondità di circa 1,00 ml, è stata iniettata miscela ternaria di cemento, acqua e bentonite da 1,00 fino a 9,00 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 metallico lucchettabile

4.6 Prove penetrometriche dinamiche continue 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
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Caratteristiche Tecniche-Strumentali

Sonda:	Hydra GeoEASY DPSH
Rif. Norme	DIN 4094

Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Diametro punta conica	50 mm
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,30 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,472
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

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 eseguita con i valori di input ed i parametri geotecnici ricavati.

PROVA DPSH 1

Committente: NORD_ING
 Prova eseguita in data: 07/07/2021
 Profondità prova: 3,40 mt
 Località: Rovato (BS)

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)
0.20	35	0.705	23.50	33.35	1175.14	1667.74
0.40	17	0.801	12.97	16.20	648.66	810.04
0.60	8	0.847	6.46	7.62	322.88	381.20
0.80	8	0.843	6.43	7.62	321.48	381.20
1.00	4	0.840	2.96	3.53	148.07	176.32
1.20	3	0.836	2.21	2.64	110.59	132.24
1.40	3	0.833	2.20	2.64	110.14	132.24
1.60	5	0.830	3.66	4.41	182.83	220.40
1.80	8	0.826	5.83	7.05	291.40	352.64
2.00	9	0.823	6.08	7.38	303.82	369.07
2.20	8	0.820	5.38	6.56	269.05	328.07
2.40	12	0.817	8.04	9.84	402.12	492.10
2.60	22	0.714	12.89	18.04	644.38	902.18
2.80	25	0.711	14.59	20.50	729.35	1025.21
3.00	35	0.659	17.68	26.84	883.80	1341.78
3.20	43	0.606	19.98	32.97	998.98	1648.47
3.40	50					

Rifiuto strumentale

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.4	26	24.78	Incoerente	4.31	1.5	39.1	Ghiaia e sabbia
2.4	6.8	5.93	Incoerente	25.69	1.5	10.23	Sabbia debolmente limosa
3.2	31.25	24.59	Incoerente	51.5	1.5	47	Ghiaia sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Ghiaia e sabbia	39.10	0.00-0.40	39.10	Meyerhof 1957	100
Strato (2) Sabbia debolmente limosa	10.23	0.40-2.40	10.23	Meyerhof 1957	68.48
Strato (3) Ghiaia sabbiosa	47.00	2.40-3.20	47.00	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Ghiaia e sabbia	39.10	0.00-0.40	39.10	Meyerhof (1965)	35.34
Strato (2) Sabbia debolmente limosa	10.23	0.40-2.40	10.23	Meyerhof (1965)	29.76
Strato (3) Ghiaia sabbiosa	47.00	2.40-3.20	47.00	Meyerhof (1965)	37.25

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Ghiaia e sabbia	39.10	0.00-0.40	39.10	Bowles (1982)	36.53
Strato (2) Sabbia debolmente limosa	10.23	0.40-2.40	10.23	Bowles (1982)	12.37
Strato (3) Ghiaia sabbiosa	47.00	2.40-3.20	47.00	Bowles (1982)	60.40

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Ghiaia e sabbia	39.10	0.00-0.40	39.10	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (2) Sabbia debolmente limosa	10.23	0.40-2.40	10.23	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Ghiaia sabbiosa	47.00	2.40-3.20	47.00	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Ghiaia e sabbia	39.10	0.00-0.40	39.10	Terzaghi-Peck 1948	18.42
Strato (2) Sabbia debolmente limosa	10.23	0.40-2.40	10.23	Terzaghi-Peck 1948	16.52
Strato (3) Ghiaia sabbiosa	47.00	2.40-3.20	47.00	Terzaghi-Peck 1948	19.98

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Ghiaia e sabbia	39.10	0.00-0.40	39.10	Terzaghi-Peck 1948	20.64
Strato (2) Sabbia debolmente limosa	10.23	0.40-2.40	10.23	Terzaghi-Peck 1948	18.85
Strato (3) Ghiaia sabbiosa	47.00	2.40-3.20	47.00	Terzaghi-Peck 1948	20.98

PROVA DPSH 2

Committente: NORD_ING
 Prova eseguita in data: 07/07/2021
 Profondità prova: 2,60 mt
 Località: Rovato (BS)

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)
0.20	12	0.855	9.77	11.44	488.68	571.80
0.40	8	0.851	6.49	7.62	324.31	381.20
0.60	5	0.847	4.04	4.76	201.80	238.25
0.80	6	0.843	4.82	5.72	241.11	285.90
1.00	4	0.840	2.96	3.53	148.07	176.32
1.20	5	0.836	3.69	4.41	184.31	220.40
1.40	5	0.833	3.67	4.41	183.56	220.40
1.60	8	0.830	5.85	7.05	292.53	352.64
1.80	6	0.826	4.37	5.29	218.55	264.48
2.00	9	0.823	6.08	7.38	303.82	369.07
2.20	11	0.820	7.40	9.02	369.95	451.09
2.40	39	0.617	19.74	31.99	987.01	1599.32
2.60	50	Rifiuto strumentale				

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2.2	7.18	6.42	Incoerente	18.99	1.5	10.8	Sabbia debolmente limosa
2.4	39	31.99	Incoerente	40.21	1.5	58.66	Ghiaia sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	10.80	0.00-2.20	10.80	Meyerhof 1957	73.01
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	58.66	2.20-2.40	58.66	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	10.80	0.00-2.20	10.80	Meyerhof (1965)	27.97
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	58.66	2.20-2.40	58.66	Meyerhof (1965)	36.69

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	10.80	0.00-2.20	10.80	Bowles (1982)	12.65
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	58.66	2.20-2.40	58.66	Bowles (1982)	56.12

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	10.80	0.00-2.20	10.80	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	58.66	2.20-2.40	58.66	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	10.80	0.00-2.20	10.80	Terzaghi-Peck 1948	17.59
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	58.66	2.20-2.40	58.66	Terzaghi-Peck 1948	20.63

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	10.80	0.00-2.20	10.80	Terzaghi-Peck 1948	18.89
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	58.66	2.20-2.40	58.66	Terzaghi-Peck 1948	21.38

PROVA DPSH 3

Committente: NORD_ING
 Prova eseguita in data: 07/07/2021
 Profondità prova: 3,20 mt
 Località: Rovato (BS)

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)
0.20	4	0.855	3.26	3.81	162.89	190.60
0.40	26	0.751	18.60	24.78	930.12	1238.89
0.60	7	0.847	5.65	6.67	282.52	333.55
0.80	3	0.843	2.41	2.86	120.55	142.95
1.00	5	0.840	3.70	4.41	185.08	220.40
1.20	8	0.836	5.90	7.05	294.90	352.64
1.40	18	0.783	12.42	15.87	621.16	793.44
1.60	24	0.730	15.44	21.16	771.81	1057.92
1.80	39	0.626	21.53	34.38	1076.74	1719.13
2.00	41	0.623	20.96	33.63	1047.78	1681.34
2.20	39	0.620	19.84	31.99	991.78	1599.32
2.40	36	0.667	19.70	29.53	984.90	1476.30
2.60	36	0.664	19.61	29.53	980.62	1476.30
2.80	40	0.611	20.06	32.81	1002.93	1640.33
3.00	43	0.609	20.07	32.97	1003.38	1648.47
3.20	50					

Rifiuto strumentale

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.2	4	3.81	Incoerente	1.55	1.5	6.02	Terreno vegetale
0.4	26	24.78	Incoerente	5.25	1.5	39.1	Sabbia ghiaiosa
1.2	5.75	5.25	Incoerente	14.0	1.5	8.65	Sabbia debolmente limosa
3	35.11	29.09	Incoerente	40.45	1.5	52.81	Ghiaia sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale	6.02	0.00-0.20	6.02	Meyerhof 1957	60.9
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	39.10	0.20-0.40	39.10	Meyerhof 1957	100
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	8.65	0.40-1.20	8.65	Meyerhof 1957	67.28
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	52.81	1.20-3.00	52.81	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno vegetale	6.02	0.00-0.20	6.02	Meyerhof (1965)	26.09
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	39.10	0.20-0.40	39.10	Meyerhof (1965)	33.34
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	8.65	0.40-1.20	8.65	Meyerhof (1965)	30.15
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	52.81	1.20-3.00	52.81	Meyerhof (1965)	36.61

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale	6.02	0.00-0.20	6.02	Bowles (1982)	9.53
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	39.10	0.20-0.40	39.10	Bowles (1982)	36.37
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	8.65	0.40-1.20	8.65	Bowles (1982)	16.40
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	52.81	1.20-3.00	52.81	Bowles (1982)	60.44

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale	6.02	0.00-0.20	6.02	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	39.10	0.20-0.40	39.10	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	8.65	0.40-1.20	8.65	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	52.81	1.20-3.00	52.81	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale	6.02	0.00-0.20	6.02	Terzaghi-Peck 1948	16.98
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	39.10	0.20-0.40	39.10	Terzaghi-Peck 1948	19.42
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	8.65	0.40-1.20	8.65	Terzaghi-Peck 1948	18.32
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	52.81	1.20-3.00	52.81	Terzaghi-Peck 1948	20.33

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale	6.02	0.00-0.20	6.02	Terzaghi-Peck 1948	18.51

Strato (2) Sabbia ghiaiosa	39.10	0.20-0.40	39.10	Terzaghi-Peck 1948	20.64
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	8.65	0.40-1.20	8.65	Terzaghi-Peck 1948	19.72
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	52.81	1.20-3.00	52.81	Terzaghi-Peck 1948	21.20

PROVA DPSH 4

Committente: NORD_ING
 Prova eseguita in data: 07/07/2021
 Profondità prova: 3,40 mt
 Località: Rovato (BS)

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)
0.20	12	0.855	9.77	11.44	488.68	571.80
0.40	11	0.851	8.92	10.48	445.93	524.15
0.60	11	0.847	8.88	10.48	443.95	524.15
0.80	34	0.693	22.47	32.40	1123.26	1620.09
1.00	38	0.690	23.11	33.50	1155.37	1675.05
1.20	36	0.686	21.78	31.74	1089.03	1586.89
1.40	6	0.833	4.41	5.29	220.28	264.48
1.60	3	0.830	2.19	2.64	109.70	132.24
1.80	5	0.826	3.64	4.41	182.12	220.40
2.00	5	0.823	3.38	4.10	168.79	205.04
2.20	6	0.820	4.04	4.92	201.79	246.05
2.40	4	0.817	2.68	3.28	134.04	164.03
2.60	22	0.714	12.89	18.04	644.38	902.18
2.80	36	0.661	19.53	29.53	976.45	1476.30
3.00	35	0.659	17.68	26.84	883.80	1341.78
3.20	44	0.606	20.44	33.74	1022.21	1686.81
3.40	50					

Rifiuto strumentale

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.6	11.33	10.8	Incoerente	5.68	1.5	17.04	Sabbia debolmente limosa
1.2	36	32.55	Incoerente	17.98	1.5	54.14	Ghiaia sabbiosa
2.4	4.83	4.11	Incoerente	34.18	1.5	7.26	Sabbia debolmente limosa
3.2	34.25	27.04	Incoerente	52.56	1.5	51.51	Ghiaia sabbiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	17.04	0.00-0.60	17.04	Meyerhof 1957	99.57
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	54.14	0.60-1.20	54.14	Meyerhof 1957	100
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	7.26	1.20-2.40	7.26	Meyerhof 1957	55.26
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	51.51	2.40-3.20	51.51	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	17.04	0.00-0.60	17.04	Meyerhof (1965)	29.85
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	54.14	0.60-1.20	54.14	Meyerhof (1965)	36.65
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	7.26	1.20-2.40	7.26	Meyerhof (1965)	27.6
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	51.51	2.40-3.20	51.51	Meyerhof (1965)	35.55

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	17.04	0.00-0.60	17.04	Bowles (1982)	15.71
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	54.14	0.60-1.20	54.14	Bowles (1982)	53.90
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	7.26	1.20-2.40	7.26	Bowles (1982)	9.93
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	51.51	2.40-3.20	51.51	Bowles (1982)	52.61

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	17.04	0.00-0.60	17.04	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	54.14	0.60-1.20	54.14	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	7.26	1.20-2.40	7.26	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	51.51	2.40-3.20	51.51	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	17.04	0.00-0.60	17.04	Terzaghi-Peck 1948	18.32
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	54.14	0.60-1.20	54.14	Terzaghi-Peck 1948	20.40
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	7.26	1.20-2.40	7.26	Terzaghi-Peck 1948	17.14
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	51.51	2.40-3.20	51.51	Terzaghi-Peck 1948	20.26

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (1) Sabbia debolmente limosa	17.04	0.00-0.60	17.04	Terzaghi-Peck 1948	19.34
Strato (2) Ghiaia sabbiosa	54.14	0.60-1.20	54.14	Terzaghi-Peck 1948	21.24
Strato (3) Sabbia debolmente limosa	7.26	1.20-2.40	7.26	Terzaghi-Peck 1948	18.61
Strato (4) Ghiaia sabbiosa	51.51	2.40-3.20	51.51	Terzaghi-Peck 1948	21.15

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.

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 Rovato viene classificato in **Zona 3**.



Classificazione sismica al 2015

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 lisciamento 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.

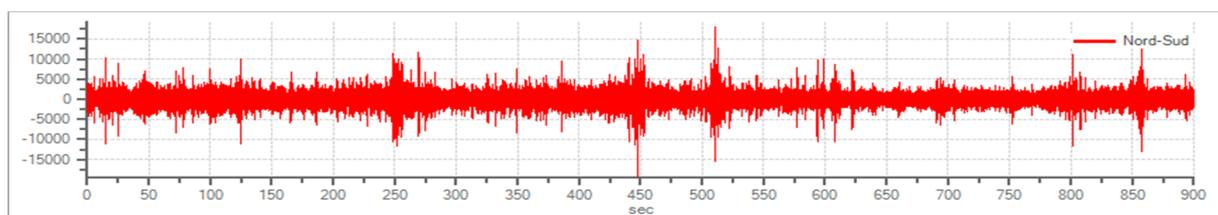
L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio.

Tracce in input e direzionalità rumore:

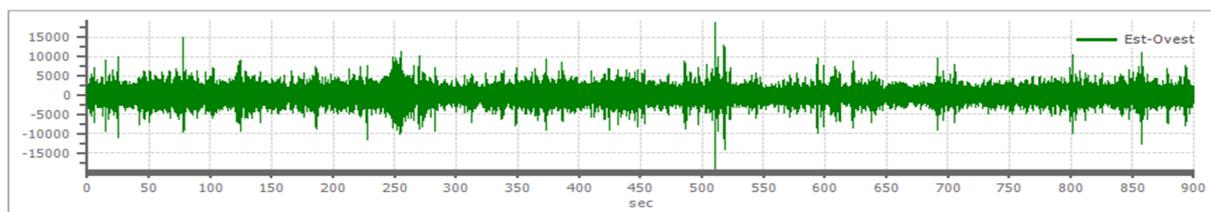
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

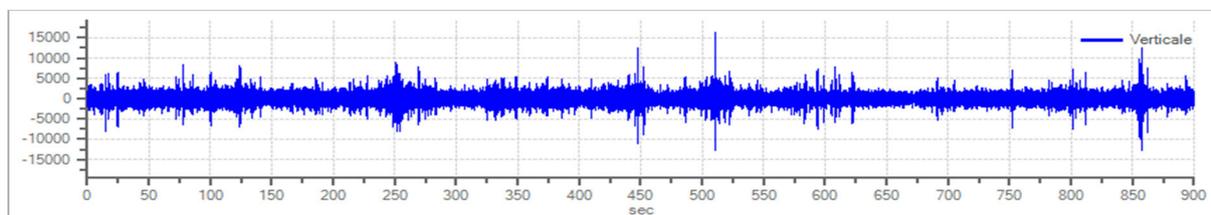
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

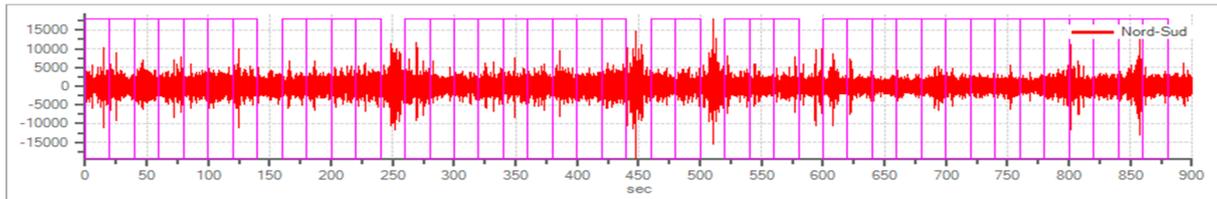
Numero totale finestre selezionate: 39
 Numero finestre incluse nel calcolo: 39
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 15,00 %
 Coefficiente di banda: 40.00

Tabella finestre:

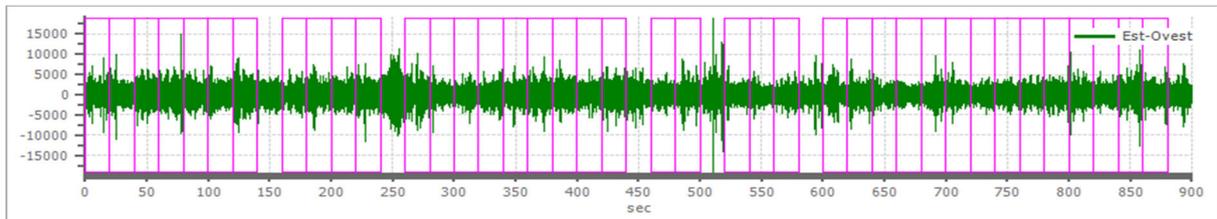
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	160	180	Inclusa
9	180	200	Inclusa
10	200	220	Inclusa
11	220	240	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	460	480	Inclusa
22	480	500	Inclusa
23	520	540	Inclusa
24	540	560	Inclusa
25	560	580	Inclusa
26	600	620	Inclusa
27	620	640	Inclusa
28	640	660	Inclusa
29	660	680	Inclusa
30	680	700	Inclusa

31	700	720	Inclusa
32	720	740	Inclusa
33	740	760	Inclusa
34	760	780	Inclusa
35	780	800	Inclusa
36	800	820	Inclusa
37	820	840	Inclusa
38	840	860	Inclusa
39	860	880	Inclusa

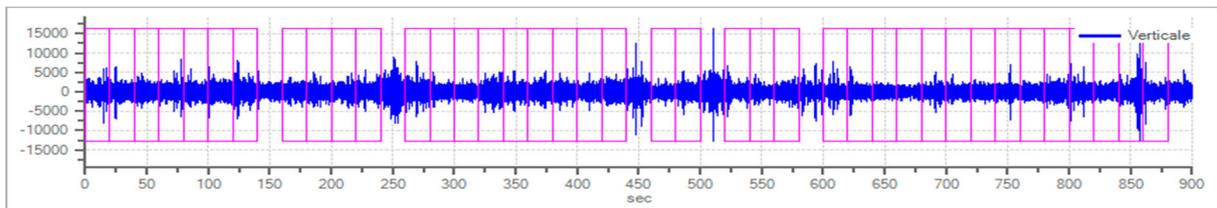
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

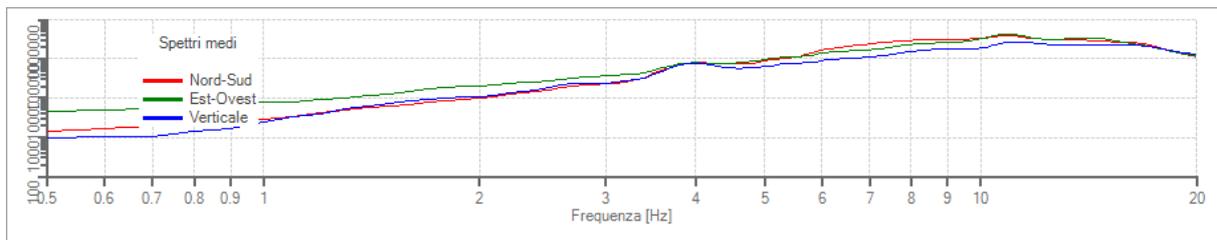


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

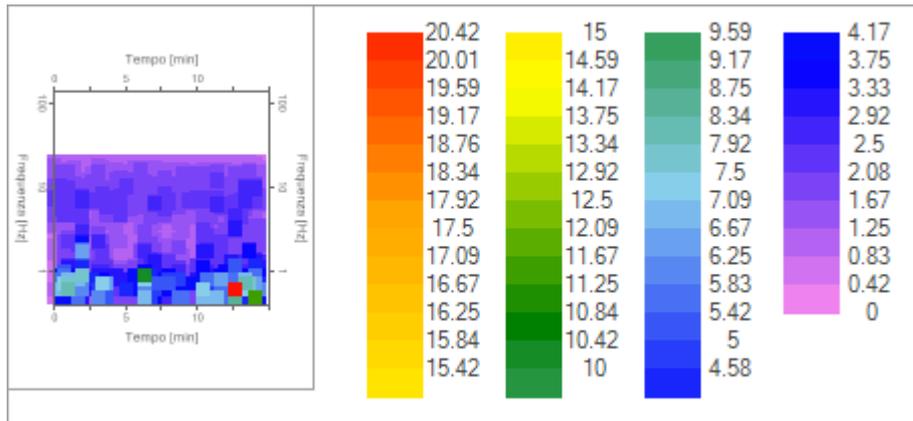


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

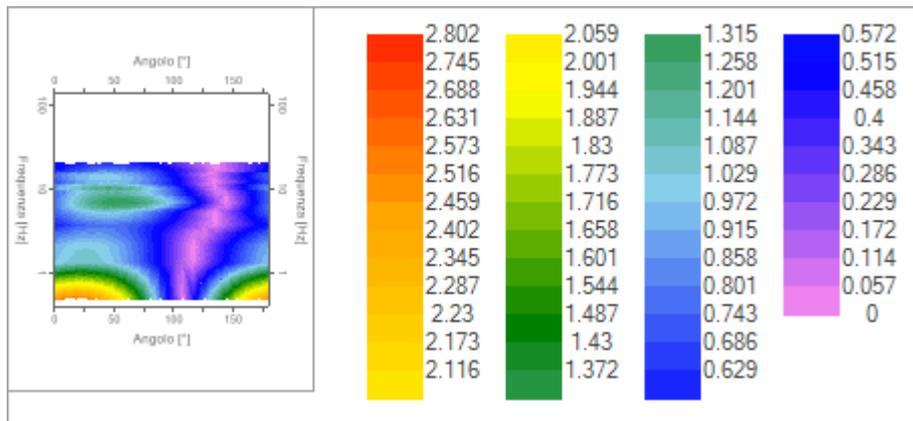
Grafici degli spettri:



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

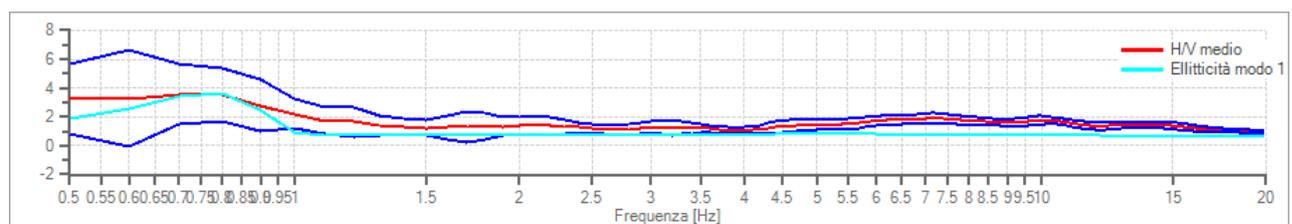
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 20,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 15,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0,70 Hz \pm 0,58 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



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

Nella seguente immagine 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 : 0,70 Hz

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

È 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 0,70 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).

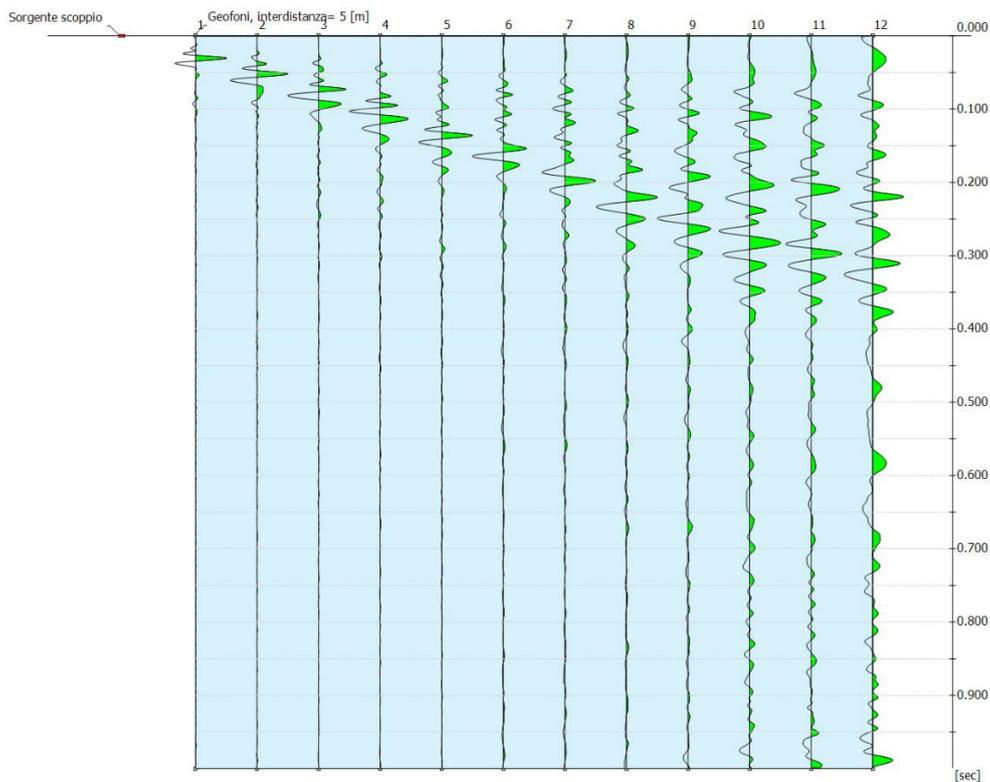
Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del 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).

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.

MASW 1



Schema dello stendimento MASW

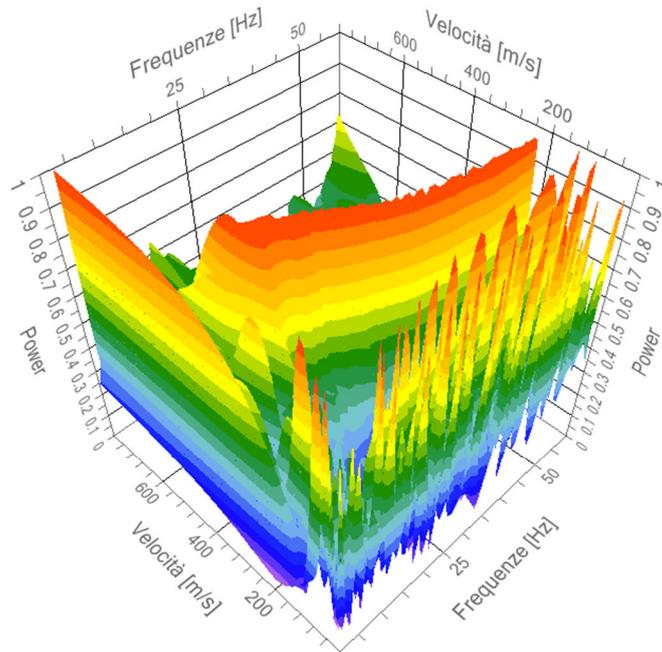
TRACCE Dati di base

N° tracce	12
Durata di acquisizione	1000 msec
Interdistanza geofoni	5 m
Periodo di campionamento	1,00 msec

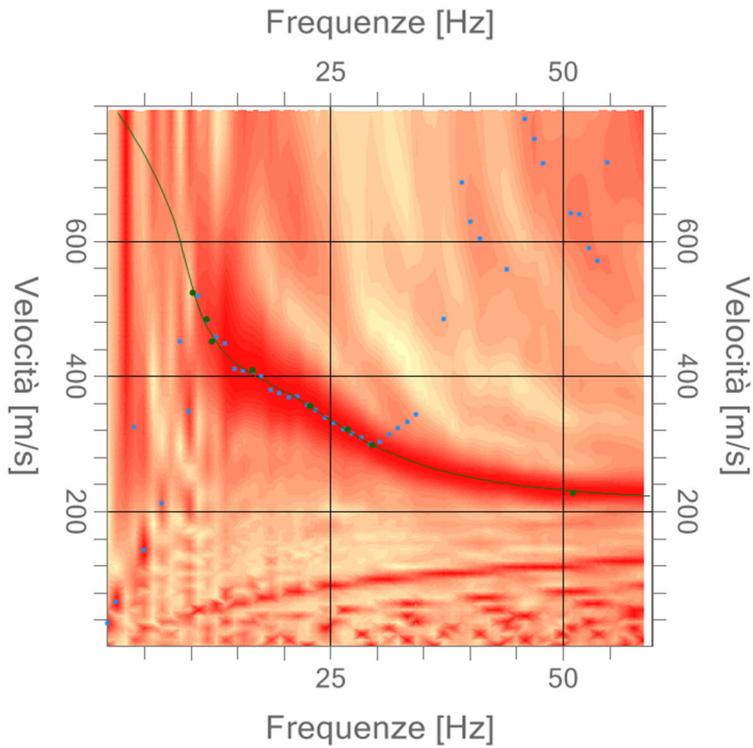
Analisi spettrale

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

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.2	523.9	0
2	11.7	484.6	0
3	12.3	452.0	0
4	16.6	409.5	0
5	22.9	355.6	0
6	26.8	321.3	0
7	29.5	298.4	0
8	51.1	228.1	0

Inversione e interpretazione

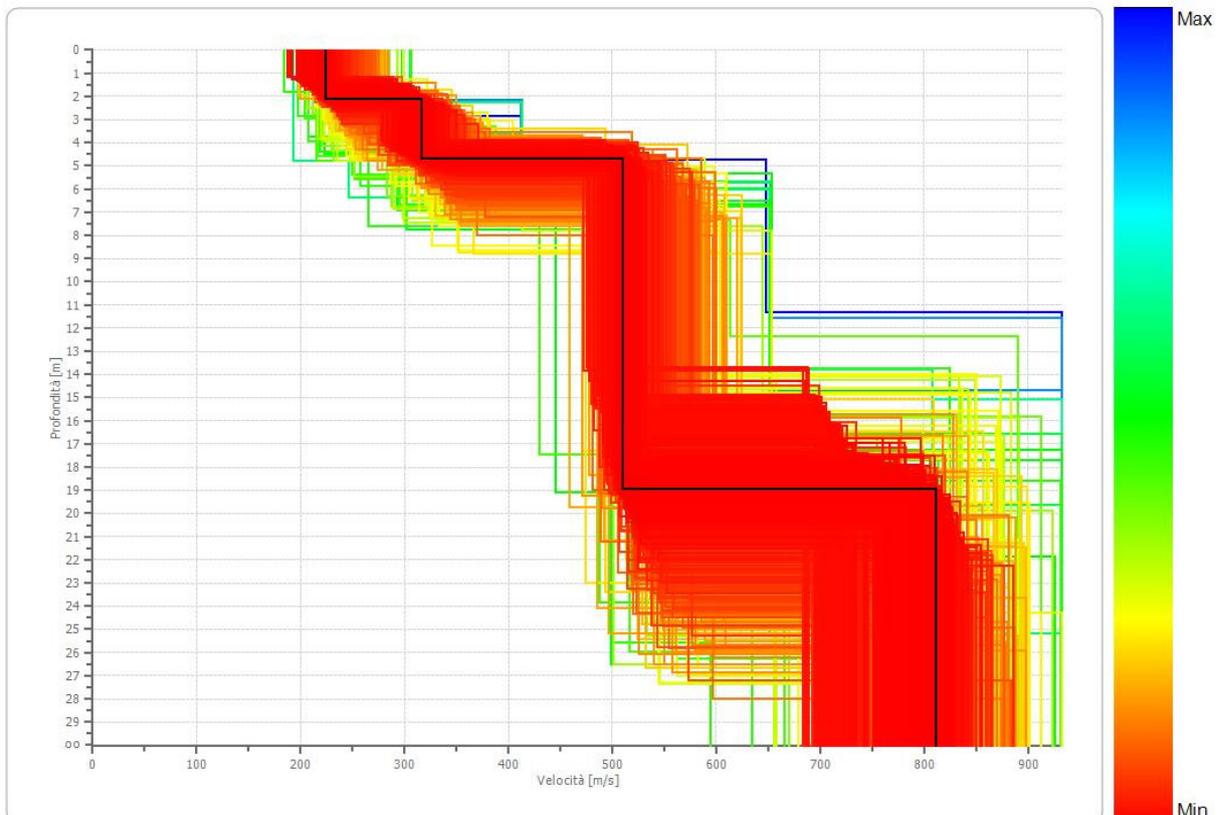
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.14	2.14	420.4	224.7
2	4.72	2.58	591.6	316.2
3	18.98	14.26	953.9	509.9
4	∞	∞	1518.6	811.7

Percentuale di errore

0.015 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.011



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:

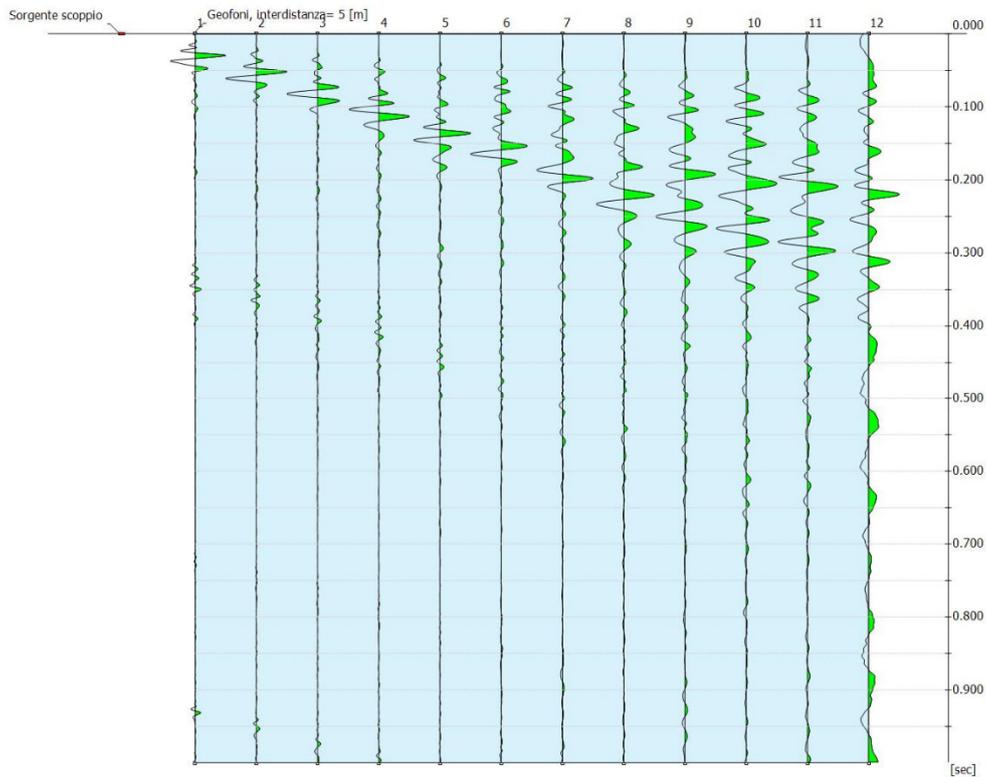
$$\mathbf{V_{s,eq}: 415,71 \text{ m/sec}}$$

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.

MASW 2



Schema dello stendimento MASW

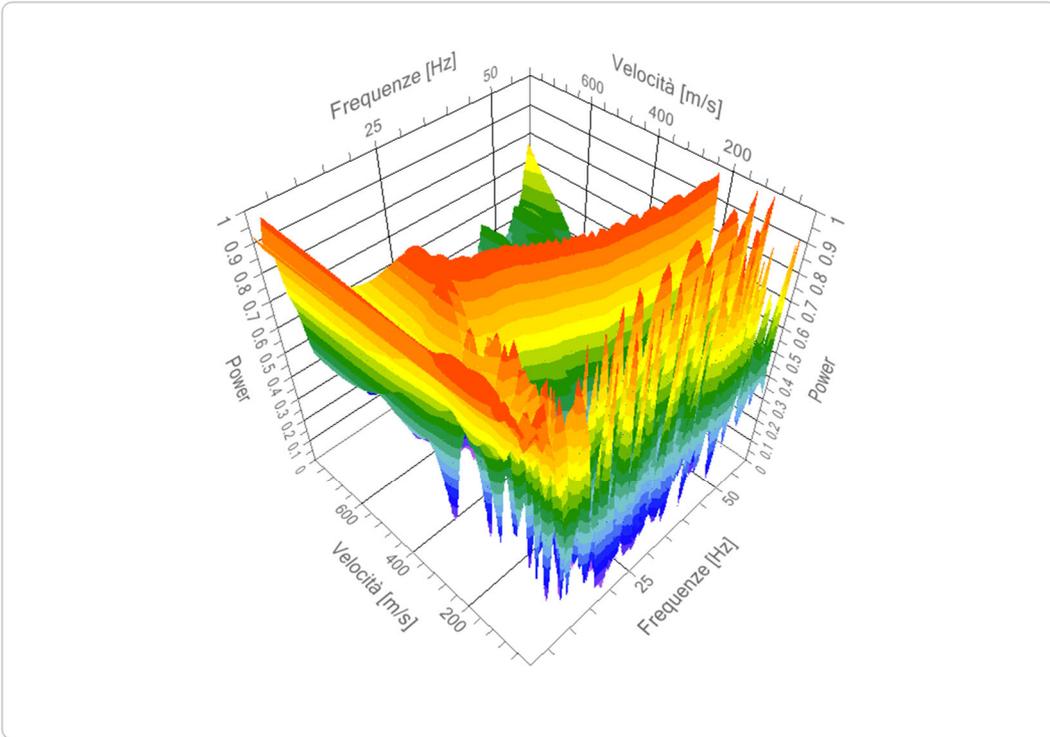
TRACCE Dati di base

N° tracce	12
Durata di acquisizione	1000 msec
Interdistanza geofoni	5 m
Periodo di campionamento	1,00 msec

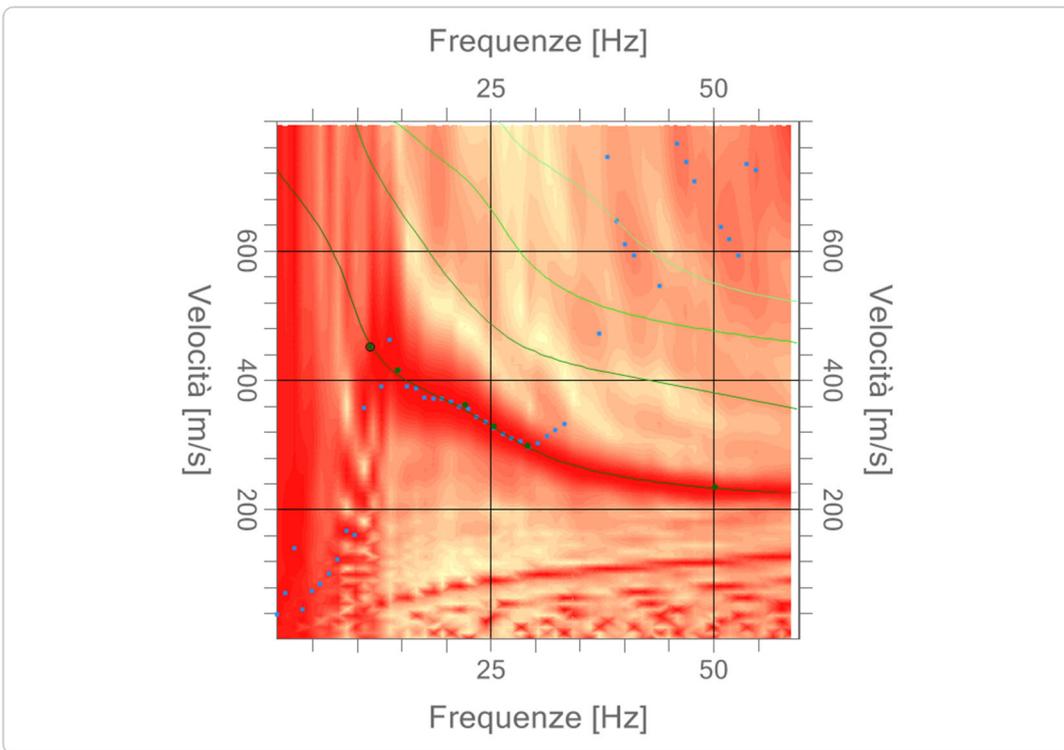
Analisi spettrale

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

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	11.4	452.0	0
2	14.6	416.0	0
3	22.1	362.1	0
4	25.4	329.4	0
5	29.1	300.0	0
6	50.2	234.7	0

Inversione e interpretazione

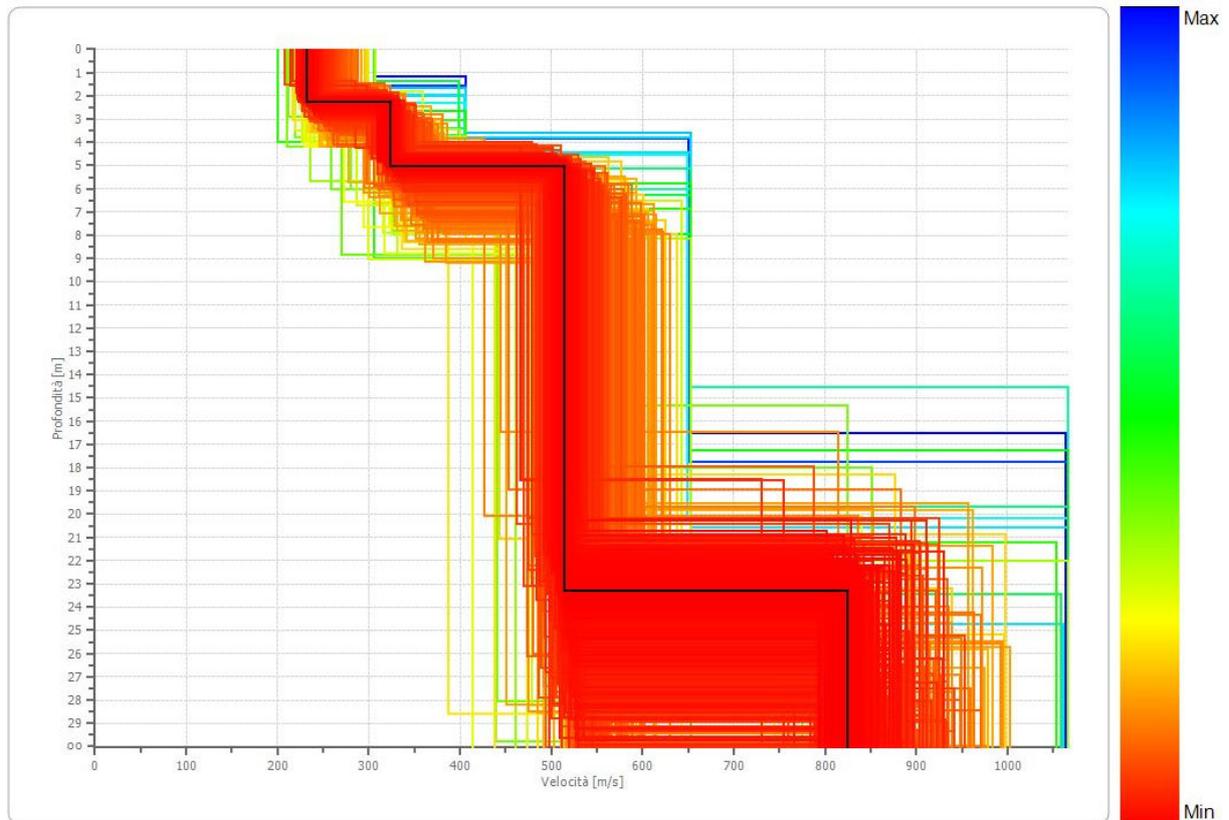
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.27	2.27	434.9	232.5
2	5.06	2.79	604.4	323.1
3	23.32	18.27	963.4	514.9
4	oo	oo	1542.9	824.7

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:

$$V_{s,eq}: \mathbf{443,05 \text{ m/sec}}$$

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, presenta scenario di pericolosità sismica locale Z4a "zona di fondovalle".

Gli effetti di amplificazione sismica locale o di sito sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il terremoto di riferimento, relativo al bedrock, può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Si distinguono quindi gli effetti di amplificazione topografica e quelli di amplificazione litologica. Gli effetti di amplificazione topografica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali articolate e da irregolarità topografiche in generale.

Per l'analisi del rischio sismico si è adottata la procedura consigliata dal DGR 8/1566-2005 e pertanto, sulla scorta delle indagini eseguite, elaborato un modello geofisico che prevede:

- un'unità superficiale dello spessore di 2,2 metri con valori di V_s pari a circa 228 m/s;
- un'unità intermedia dello spessore di 2,7 metri caratterizzata da valori di V_s pari a circa 320 m/s;
- un'unità profonda dello spessore di 16,1 metri caratterizzata da valori di V_s pari a circa 511 m/s.

Questo modello ha consentito il calcolo del periodo proprio del sito (T), pari a 0,18 sec. utilizzando la seguente equazione proposta dalla normativa di riferimento:

$$T = \frac{4 \sum h_i}{\frac{\sum V_{s_i} * h_i}{\sum h_i}}$$

In cui:

h_i = spessore del singolo strato V_{s_i} = velocità del singolo strato

Ritenendo la componente sabbiosa predominante e a seguito dell'andamento delle Vs con la profondità, è stata selezionata la scheda di riferimento: "litologia ghiaiosa"; scheda fornita dalla Regione Lombardia – Territorio e Urbanistica.

Il valore di Fa viene quindi calcolato sulla base degli abachi disponibili nelle due ipotesi di verifica. La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto per il sito di riferimento con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (classi B, C, D ed E delle Norme Tecniche per le Costruzioni) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 secondi.

La scelta della curva di correlazione T/Fa all'interno della scheda di valutazione è avvenuta tramite individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale, che ha portato a selezionare la curva 2.

Il fattore di amplificazione è stato quindi stimato mediante le formule:

$$Fa_{0,5-1,5} = -0,58T^2 + 0,84T + 0,94$$

$$Fa_{0,1-0,5} = -7,4T^2 + 4,8T + 0,84$$

Il valore di Fa così ottenuto è $Fa_{0,5-1,5} = 1,07$

$Fa_{0,1-0,5} = 1,46$

5.5 Parametri Sismici

Tipo di elaborazione: Paratie

Classe d'uso: II (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti)

Vita nominale: 50 [anni]

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
(SLO)	81	30	0,039	2,445	0,211
(SLD)	63	50	0,053	2,386	0,232
(SLV)	10	475	0,139	2,452	0,275
(SLC)	5	975	0,179	2,469	0,288

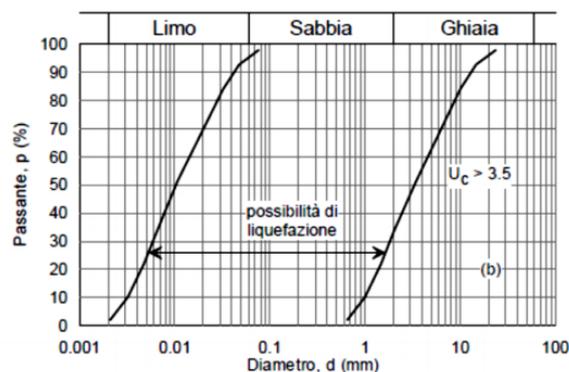
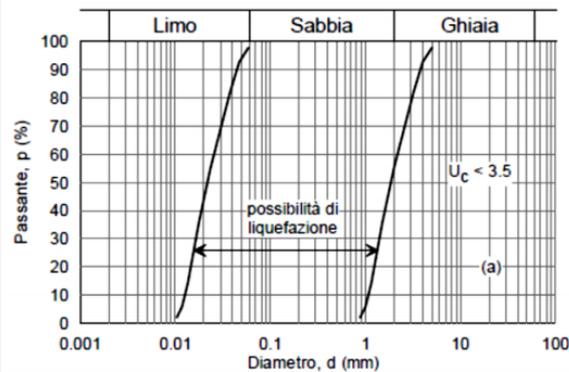
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,500	1,000	0,009	0,005	0,459	0,200
SLD	1,200	1,470	1,000	0,013	0,006	0,620	0,200
SLV	1,200	1,420	1,000	0,040	0,020	1,639	0,240
SLC	1,200	1,410	1,000	0,052	0,026	2,106	0,240

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 $U_c > 3.5$.



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 conformità a quanto previsto nelle NTC2018 cap. 7.11.3.4.2 per il verificarsi dei punti “3” 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

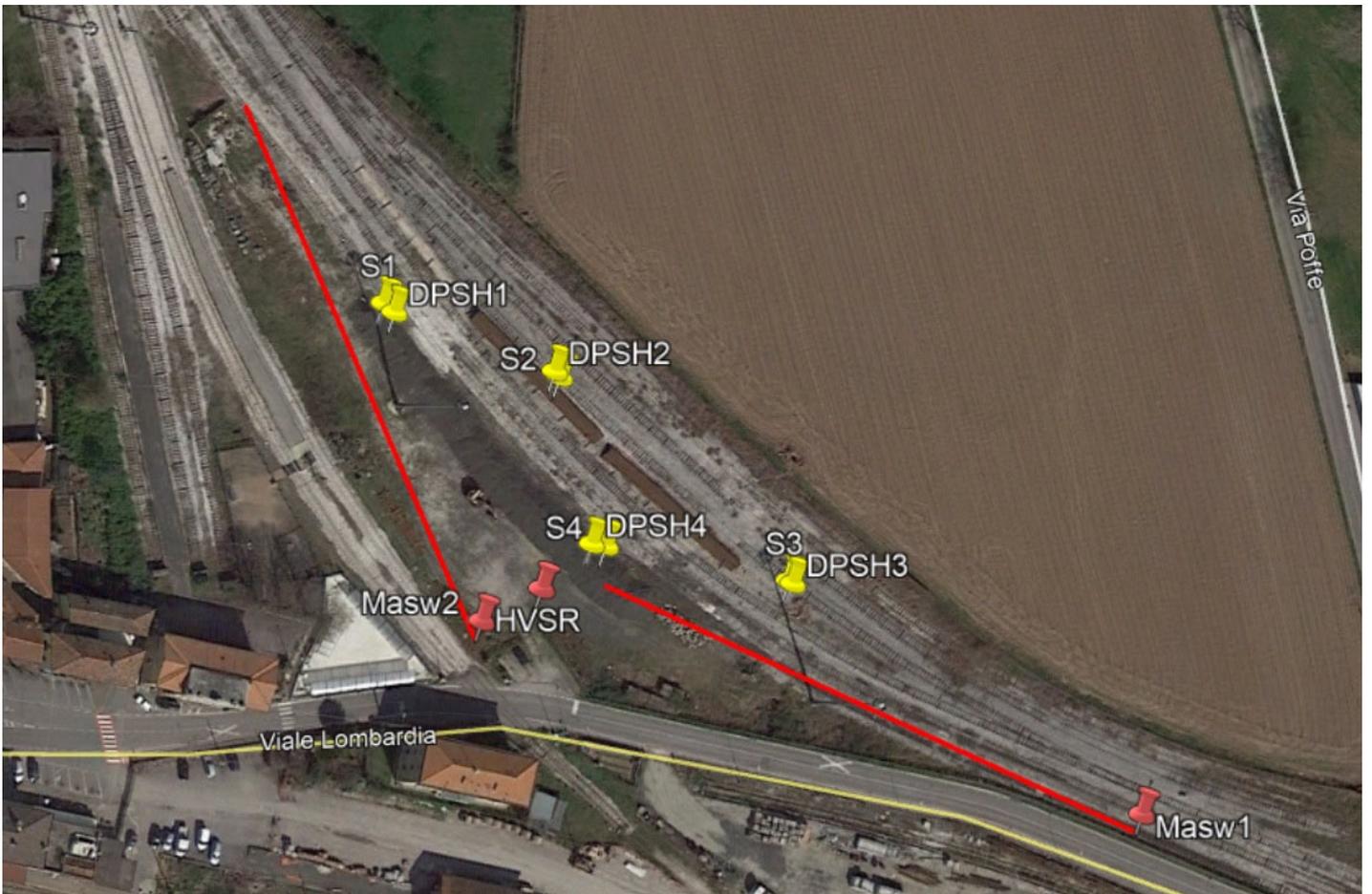
Profondità [m]	Tipologia	Cu [kPa]	E _{edom} [MPa]	φ [°]	E [MPa]	γ [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	V _{s,eq} [m/s]	F ₀ [Hz]	Categoria sottosuolo	Categoria topografica
0,00 – 1,00	Ghiaia sabbiosa	-	-	34	36	18,5	21	274	0.7	B	T1
1,00 – 2,50	Sabbia debolmente limosa	-	-	28	12,5	17,5	18,8				
2,50 – 20,00	Ghiaia sabbiosa	-	-	36	60	20	21				

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 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 eseguite

FOTO CASSETTE CATALOGATRICI

SONDAGGIO S1



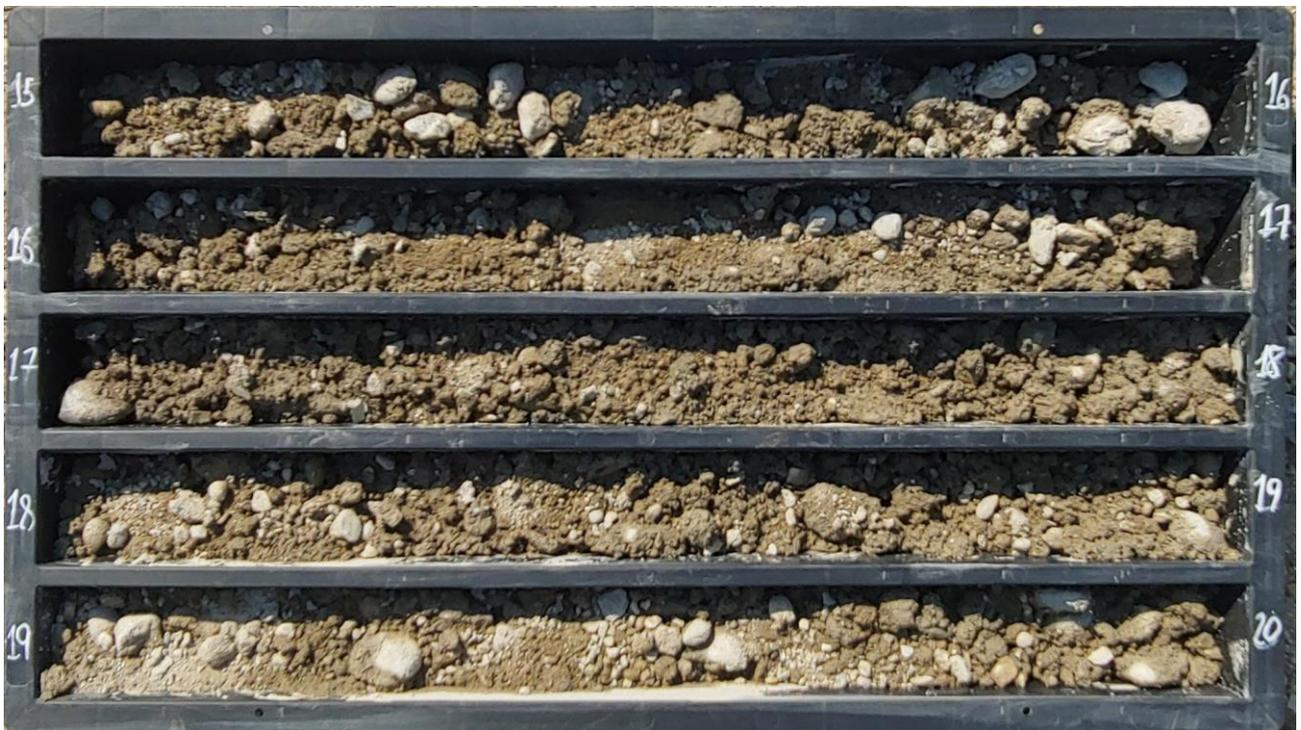
Cassetta 1 da 0,00 m a 5,00 m



Cassetta 2 da 5,00 m a 10,00 m



Cassetta 3 da 10,00 m a 15,00 m



Cassetta 4 da 15,00 m a 20,00 m

FOTO CASSETTE CATALOGATRICI

SONDAGGIO S2



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



Cassetta 2 da 5,00 m a 10,00 m



Cassetta 3 da 10,00 m a 15,00 m



Cassetta 4 da 15,00 m a 20,00 m

Committente: NORD_ING	Sondaggio: S3
Riferimento: Area FN - Rovato (BS)	Data: 09/07/2021
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:125

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

Ø mm	R v	Campioni	prove in foro	Cass.	Standard Penetration Test			LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
					m	S.P.T.	N			
								0,4	Terreno vegetale	
								0,4 - 1,2	Sabbia e ghiaia con resti di cotto.	
		1) Rim < 3,00 3,50		1	3,0	50/1cm	Rif		Sabbia debolmente limosa marrone chiaro - ocre con ghiaia medio - fine	
		2) Rim < 6,00 6,50	Lefranc CV		6,0	50/2cm	Rif		Ghiaia in matrice sabbiosa grigio chiaro. Presenza di ciottoli arrotondati e trovanti	
		3) Rim < 9,00 9,50		2	9,0	50/2cm	Rif			
		4) Rim < 12,00 12,50		3	12,0	50/4cm	Rif			
		5) Rim < 15,00 15,50			15,0	50/3cm	Rif			
		6) Rim < 18,00 18,50		4	18,0	50/5cm	Rif			
101								20,0		

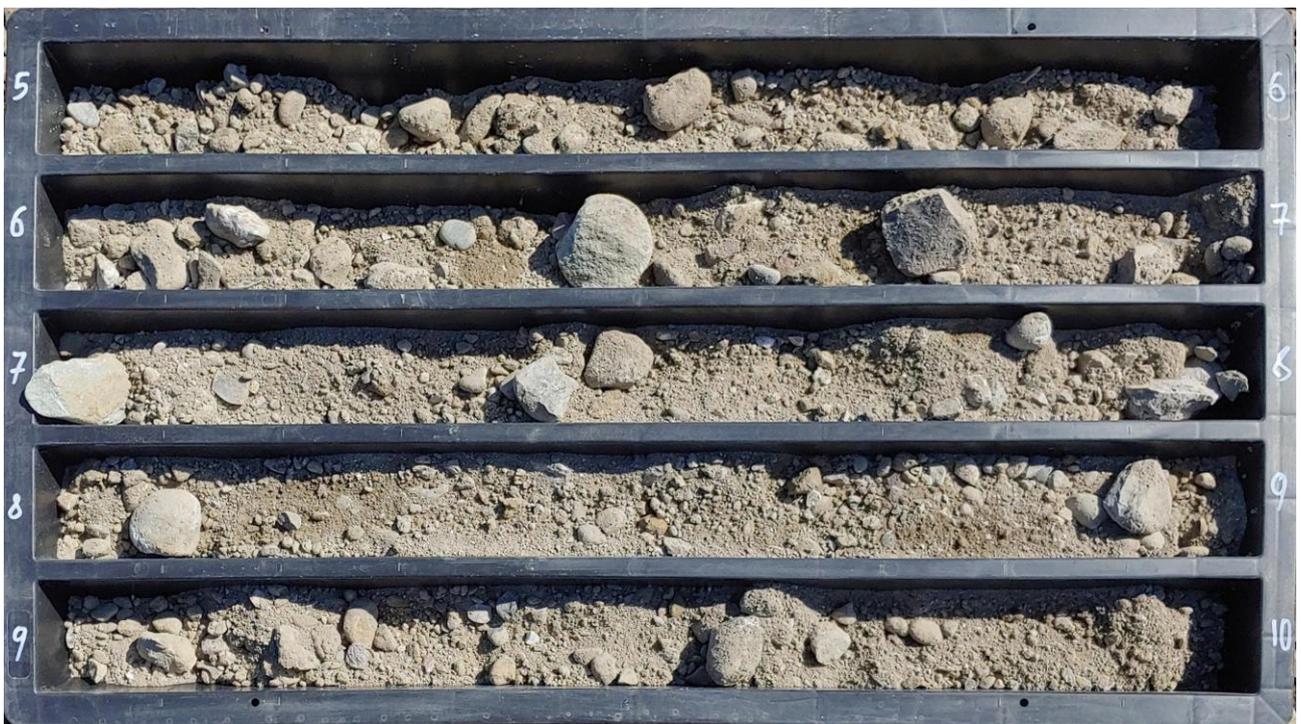
Terreno conservato in N°4 cassette catalogatrici.
 Foto delle cassette catalogatrici.
 Chiusura del foro di sondaggio con miscela ternaria di cemento, acqua e bentonite.
 Campioni ambientali:
 - Da 0,0 m a 1,0 m
 - Da 1,0 m a 3,0 m

FOTO CASSETTE CATALOGATRICI

SONDAGGIO S3



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



Cassetta 2 da 5,00 m a 10,00 m



Cassetta 3 da 10,00 m a 15,00 m



Cassetta 4 da 15,00 m a 20,00 m

FOTO CASSETTE CATALOGATRICI

SONDAGGIO S4_PZ



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



Cassetta 2 da 5,00 m a 10,00 m



Cassetta 3 da 10,00 m a 15,00 m

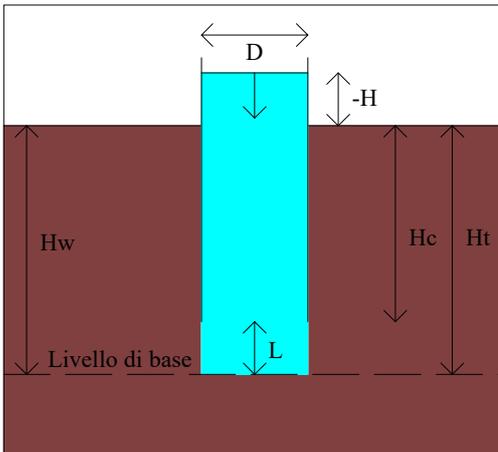


Cassetta 4 da 15,00 m a 20,00 m

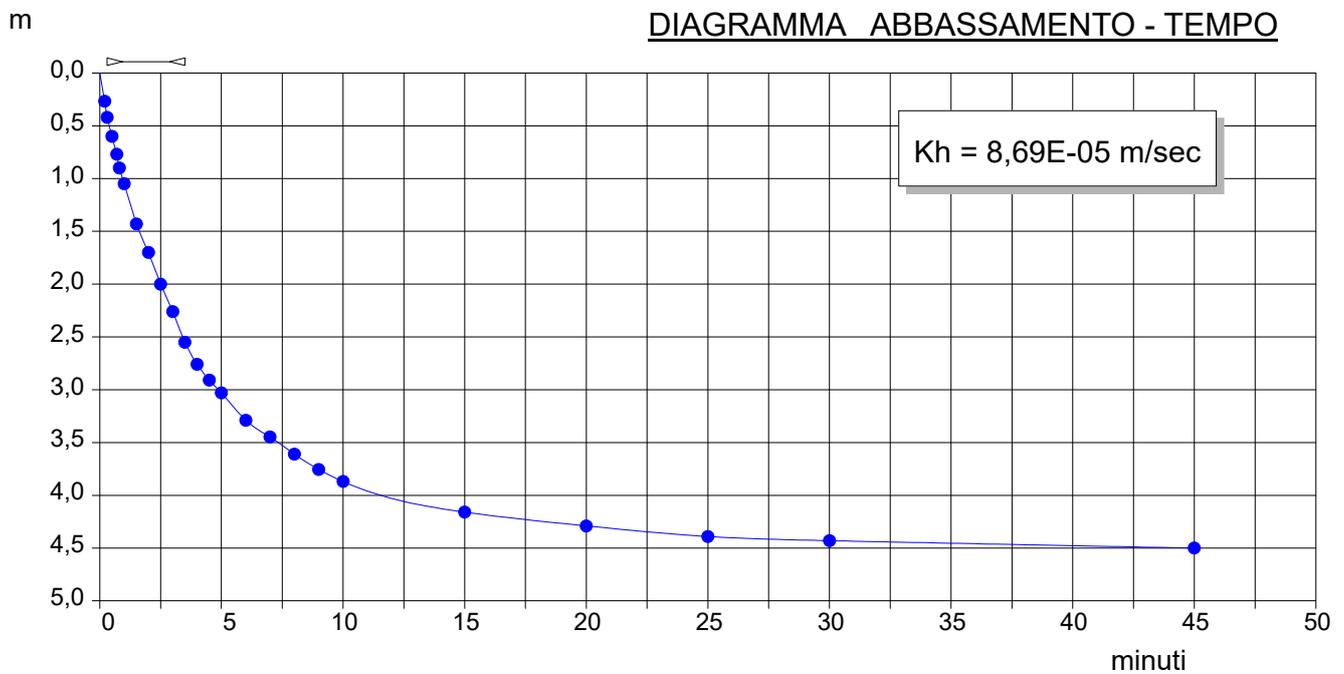
PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

Committente: NORD_ING S.R.L.	
Riferimento: AREA FN	Prova: 1
Località: ROVATO (BS)	Data: 06/07/2021
Sondaggio: S4	Orario prova: 9:55

Prova eseguita in abbassamento
 Livello di base dell'acqua [Hw] (m) 4,50
 Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m) -0,50
 Diametro del tratto di prova [D] (m) 0,127
 Profondità del rivestimento [Hc] (m) 4,00
 Profondità del foro [Ht] (m) 4,50
 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	5,00	0,00		9,00	1,24	3,76	4,66E-05
0,20	4,73	0,27	1,16E-04	10,00	1,13	3,87	4,09E-05
0,30	4,58	0,42	1,38E-04	15,00	0,84	4,16	2,50E-05
0,50	4,40	0,60	8,47E-05	20,00	0,71	4,29	1,43E-05
0,70	4,23	0,77	8,32E-05	25,00	0,61	4,39	1,28E-05
0,80	4,10	0,90	1,32E-04	30,00	0,57	4,43	5,73E-06
1,00	3,95	1,05	7,87E-05	45,00	0,50	4,50	3,69E-06
1,50	3,57	1,43	8,54E-05				
2,00	3,30	1,70	6,64E-05				
2,50	3,00	2,00	8,05E-05				
3,00	2,74	2,26	7,66E-05				
3,50	2,45	2,55	9,45E-05				
4,00	2,24	2,76	7,57E-05				
4,50	2,09	2,91	5,85E-05				
5,00	1,97	3,03	4,99E-05				
6,00	1,71	3,29	5,98E-05				
7,00	1,55	3,45	4,09E-05				
8,00	1,39	3,61	4,66E-05				

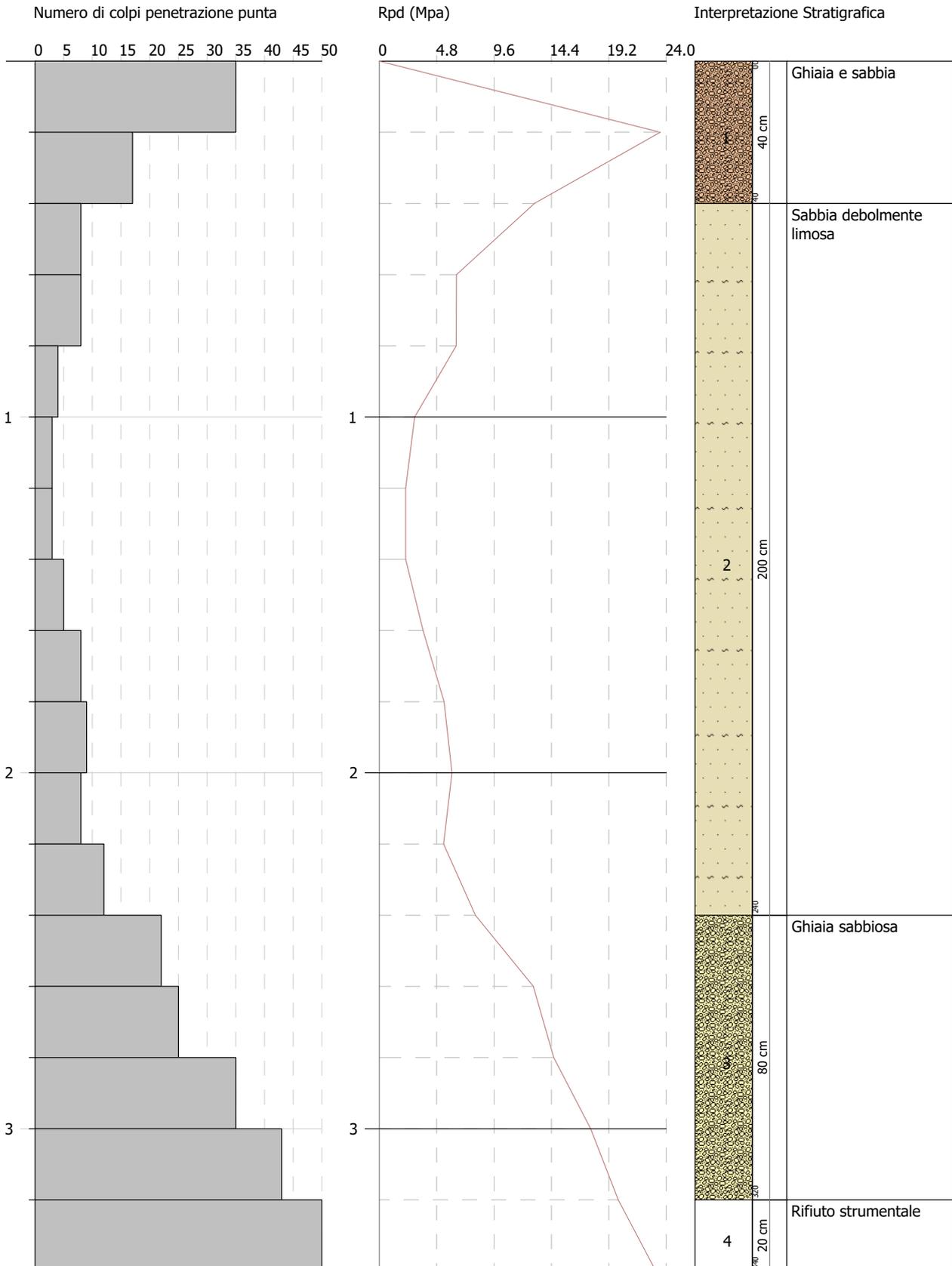


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: NORD_ING S.R.L.
 Descrizione: AREA FN
 Localita': ROVATO (BS)

07-07-2021

Scala 1:16

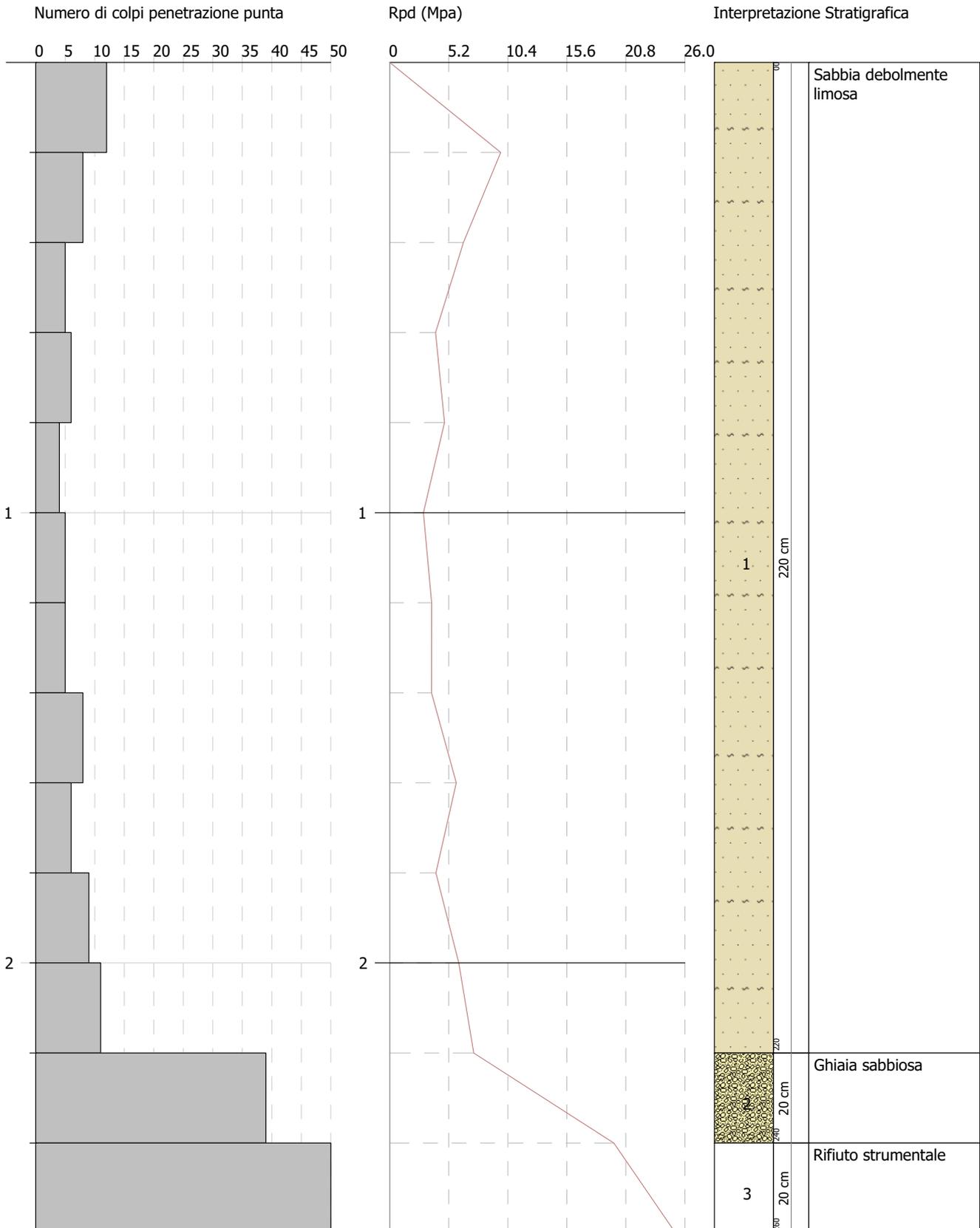


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: NORD_ING S.R.L.
 Descrizione: AREA FN
 Localita': ROVATO (BS)

07-07-2021

Scala 1:13

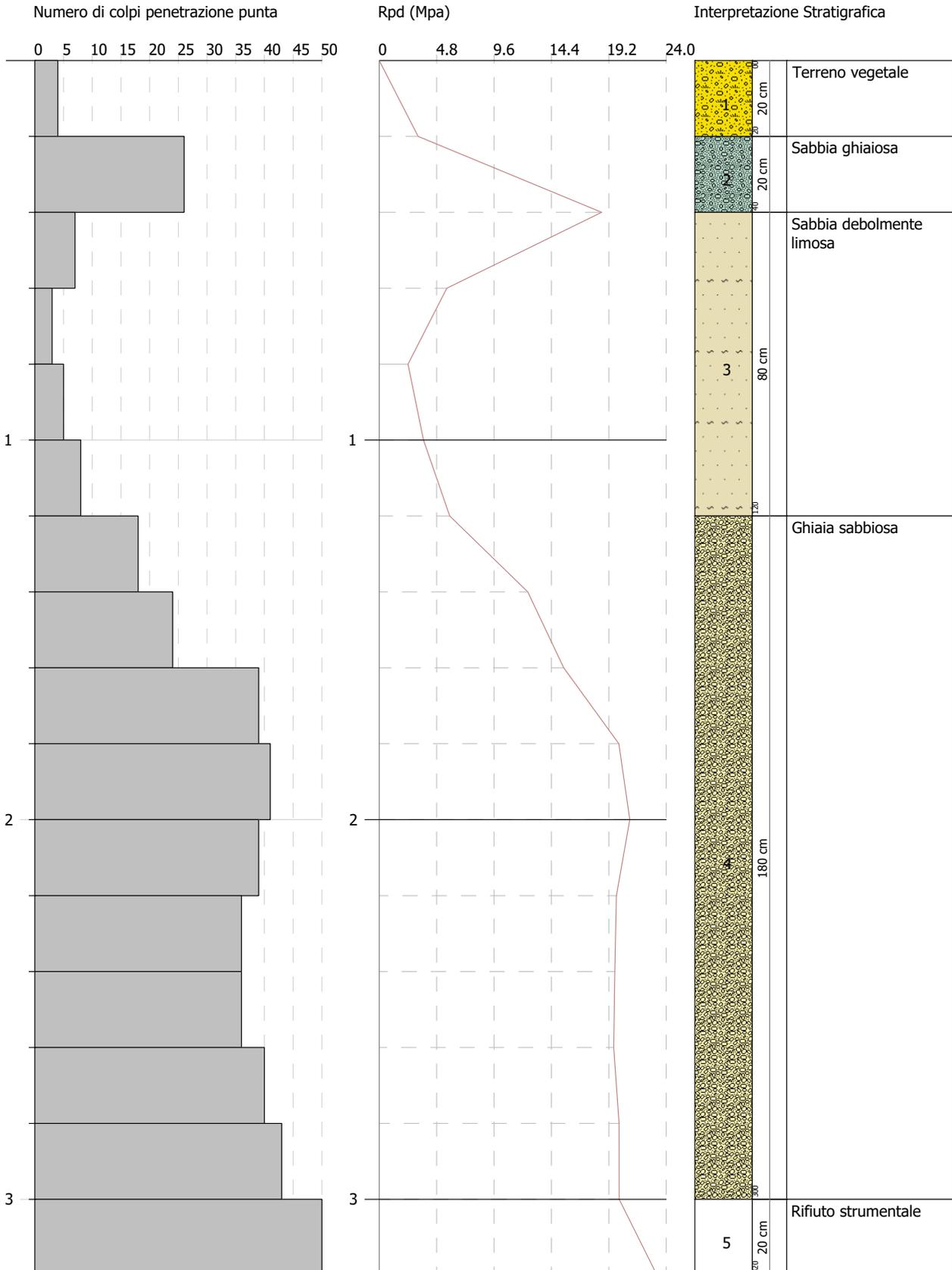


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: NORD_ING S.R.L.
 Descrizione: AREA FN
 Localita': ROVATO (BS)

07-07-2021

Scala 1:15

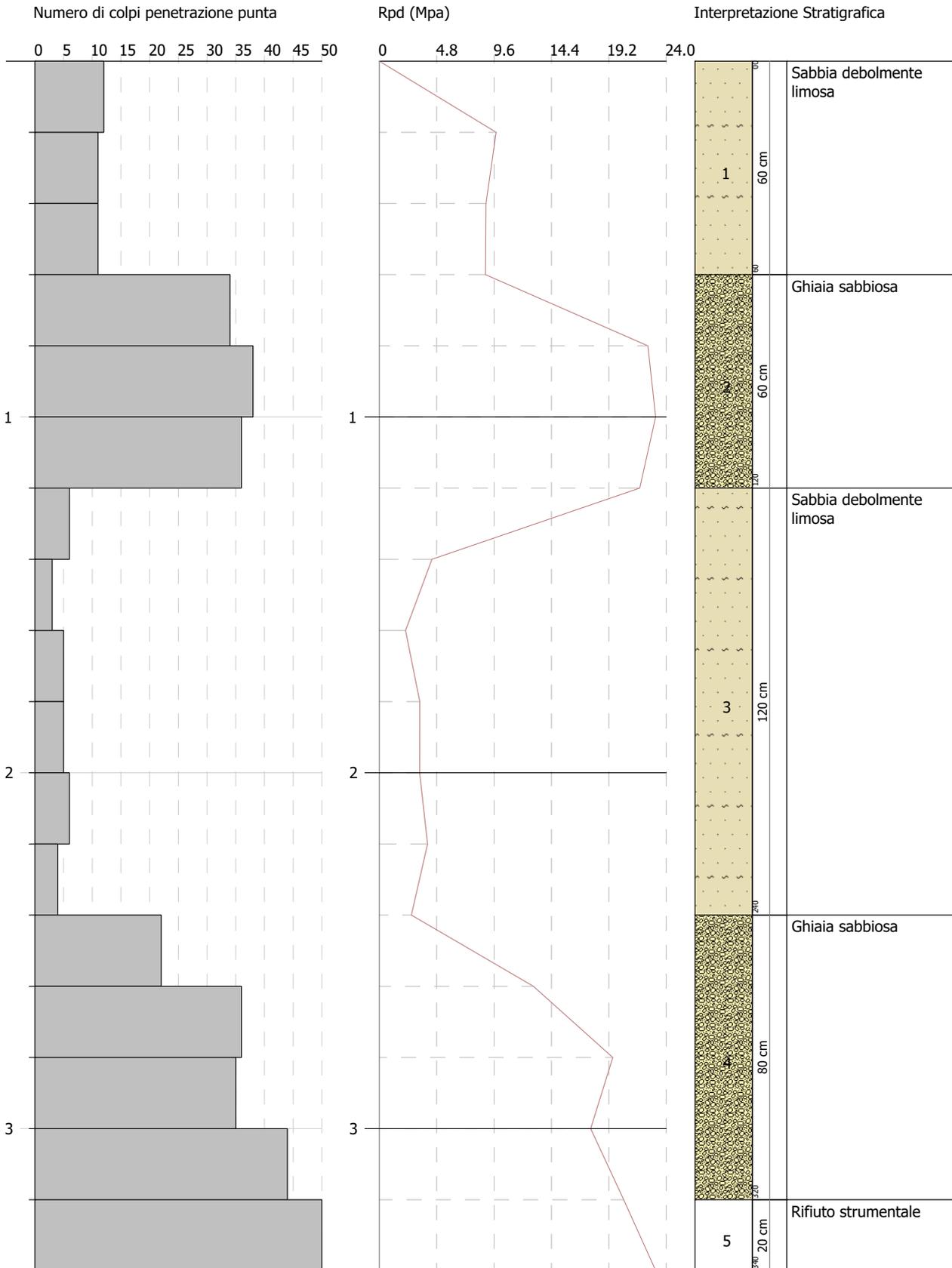


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH4
 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: NORD_ING S.R.L.
 Descrizione: AREA FN
 Localita': ROVATO (BS)

07-07-2021

Scala 1:16



COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.

RIFERIMENTO: ROVATO (BS)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

MODULO RIASSUNTIVO

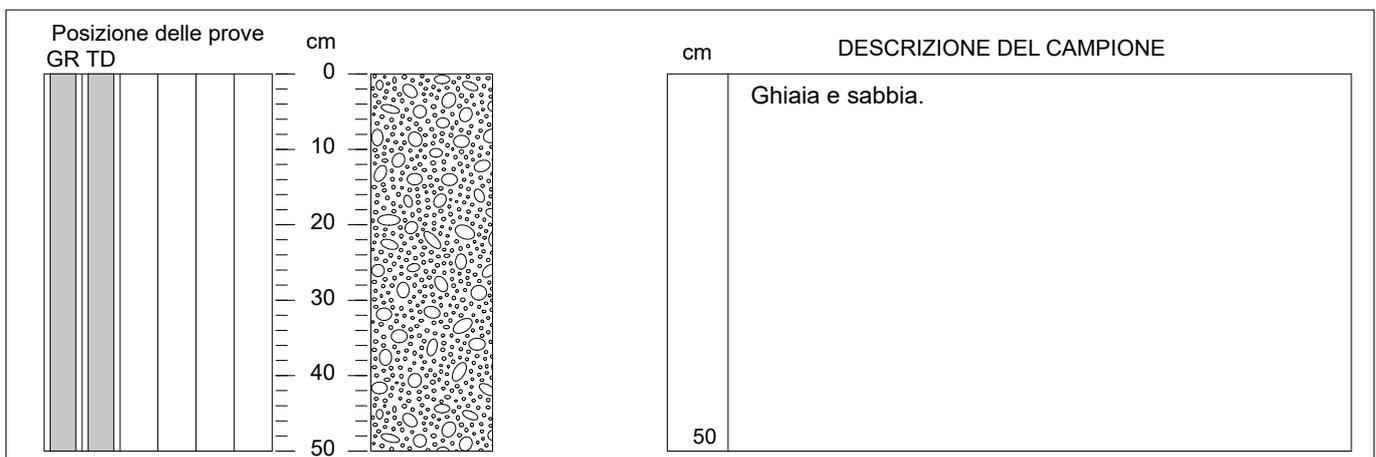
ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	45,3	%
Sabbia	53,1	%
Limo-Argilla	1,6	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	2,9	kPa
Angolo di attrito interno:	26,0	°

FOTOGRAFIA



CERTIFICATO DI PROVA N°: 09321	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 27/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 1	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):	49	103	147
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	6,00	4,50	3,50
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,03	0,20	0,26
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	2,9 kPa
Angolo di attrito interno:	26,0 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,085 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

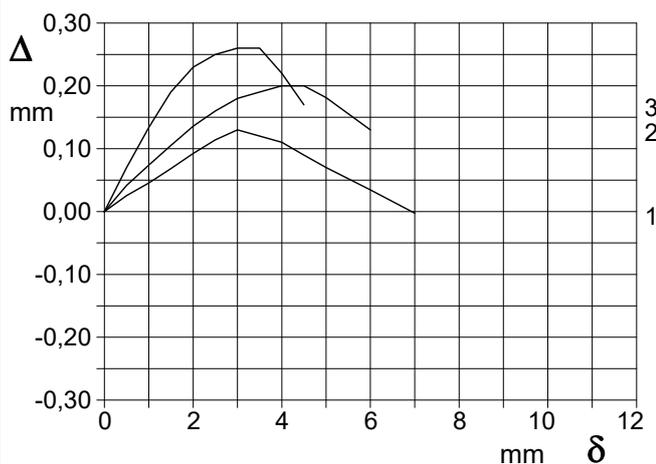
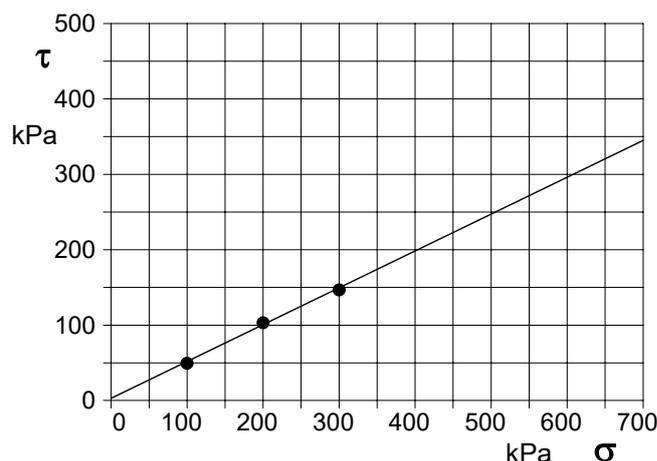


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

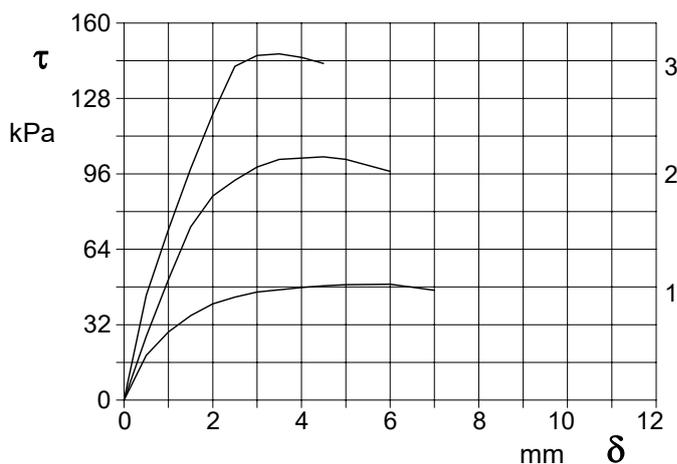


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

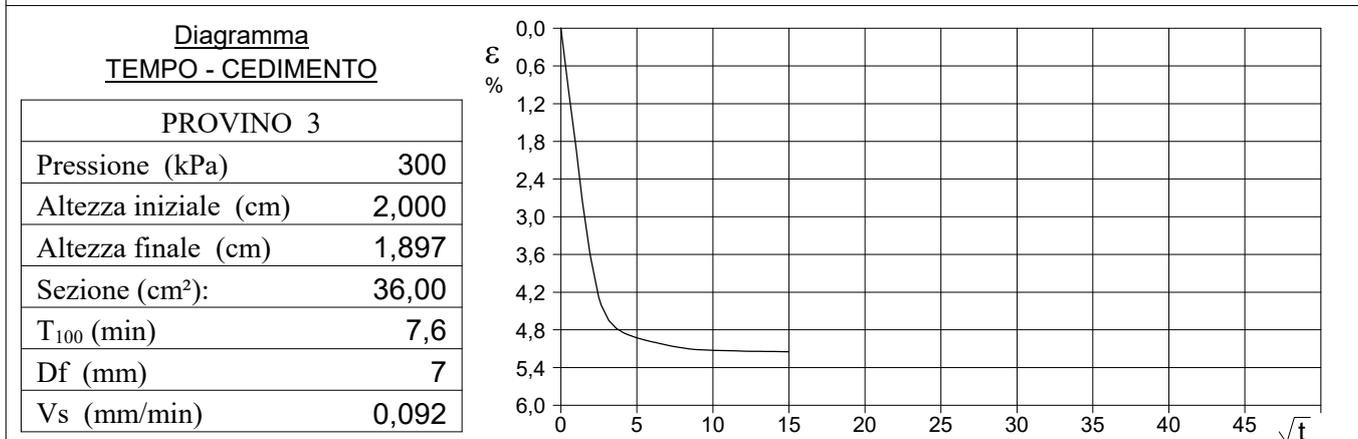
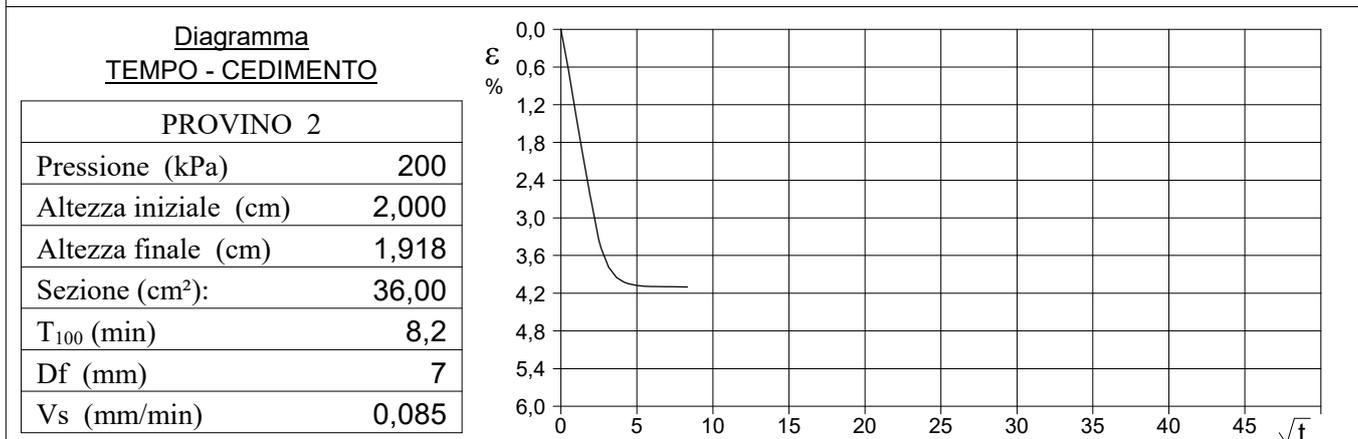
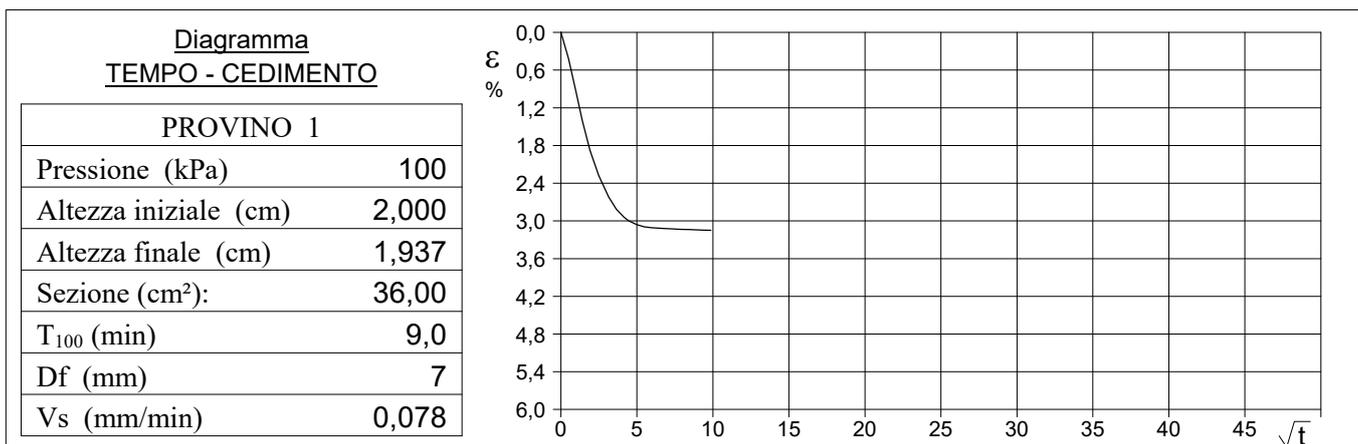
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09321	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 27/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.		
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m 12,00 - 12,50

MODULO RIASSUNTIVO

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	67,6	%
Sabbia	24,8	%
Limo-Argilla	7,6	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	7,5	kPa
Angolo di attrito interno:	39,8	°

FOTOGRAFIA



Posizione delle prove GR TD	cm		
0		DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Ghiaia in poca matrice di sabbia anche debolmente limoso-argillosa.	
10			
20			
30			
40			
50			
50	cm		
			50

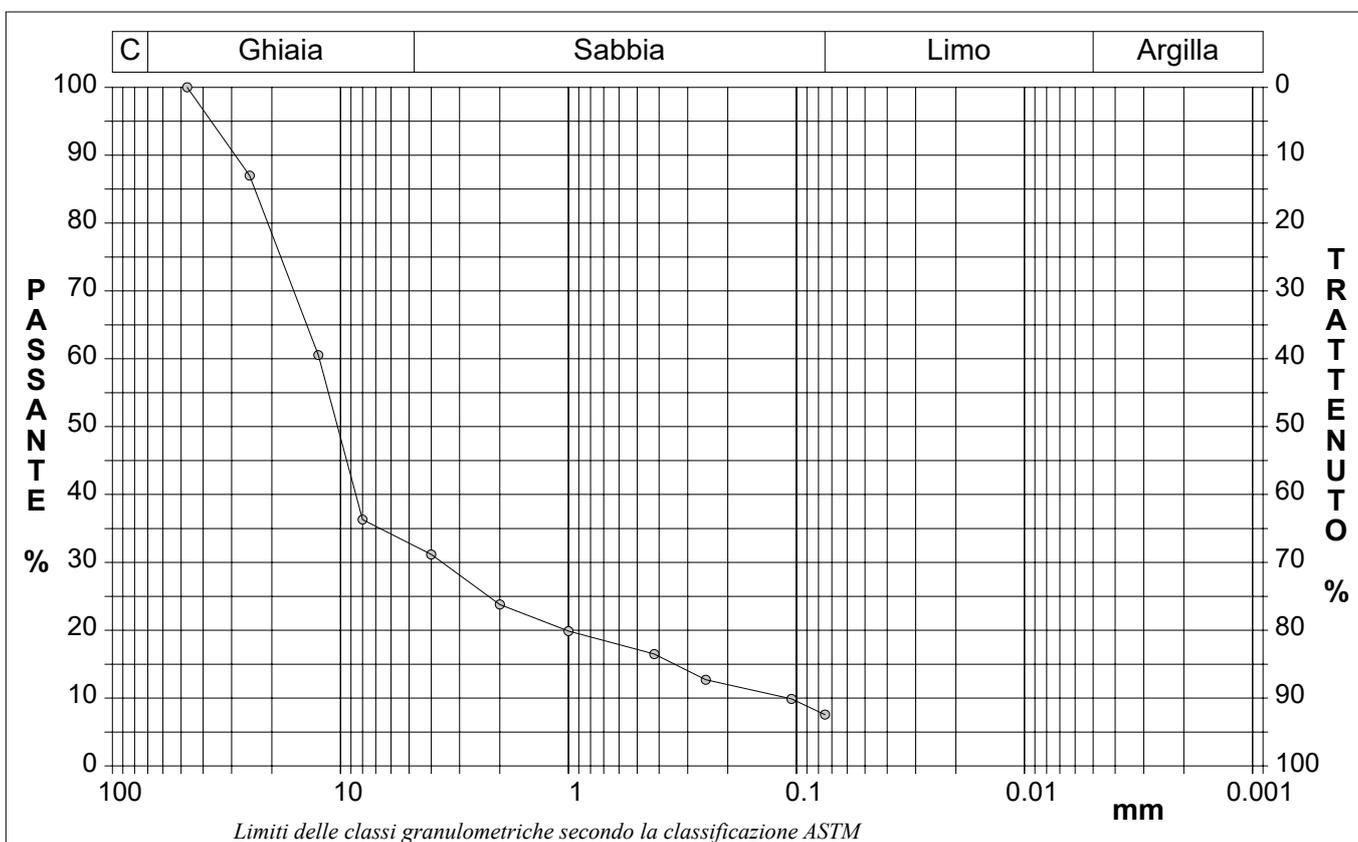
CERTIFICATO DI PROVA N°: 09322	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 27/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: 4 PROFONDITA': m 12,00 - 12,50

ANALISI GRANULOMETRICA

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

Ghiaia	67,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	23,8 %	D10	0,10901 mm
Sabbia	24,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	16,5 %	D30	3,58226 mm
Limo-Argilla	7,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	7,6 %	D50	10,29348 mm
				D60	12,37372 mm
				D90	28,94342 mm
Coefficiente di uniformità	113,51	Coefficiente di curvatura	9,51		



Diametro mm	Passante %								
47,0000	100,00	2,0000	23,80	0,0750	7,57				
25,0000	86,98	1,0000	19,88						
12,5000	60,55	0,4200	16,48						
8,0000	36,31	0,2500	12,70						
4,0000	31,17	0,1050	9,88						

Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09323	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 27/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m 12,00 - 12,50	

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):	97	168	263
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,50	3,50	4,50
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,21	0,25	0,32
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	7,5 kPa
Angolo di attrito interno:	39,8 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,140 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

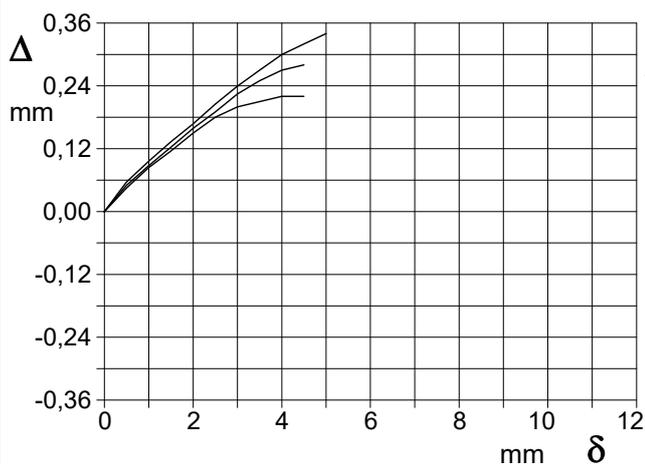
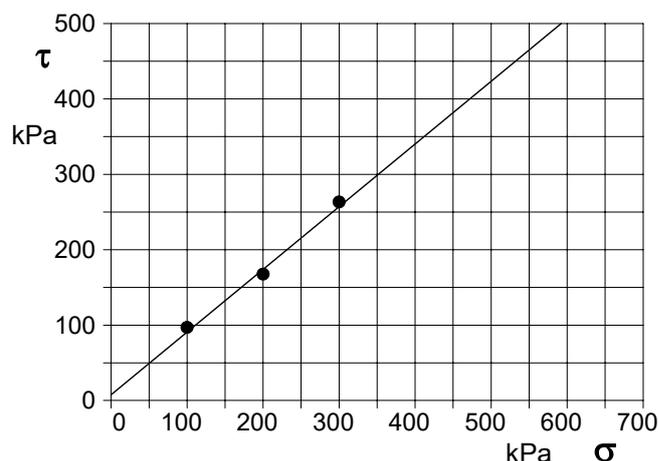


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

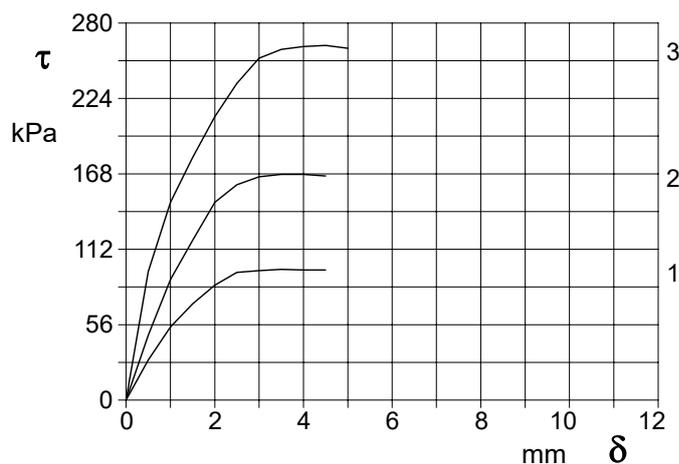


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

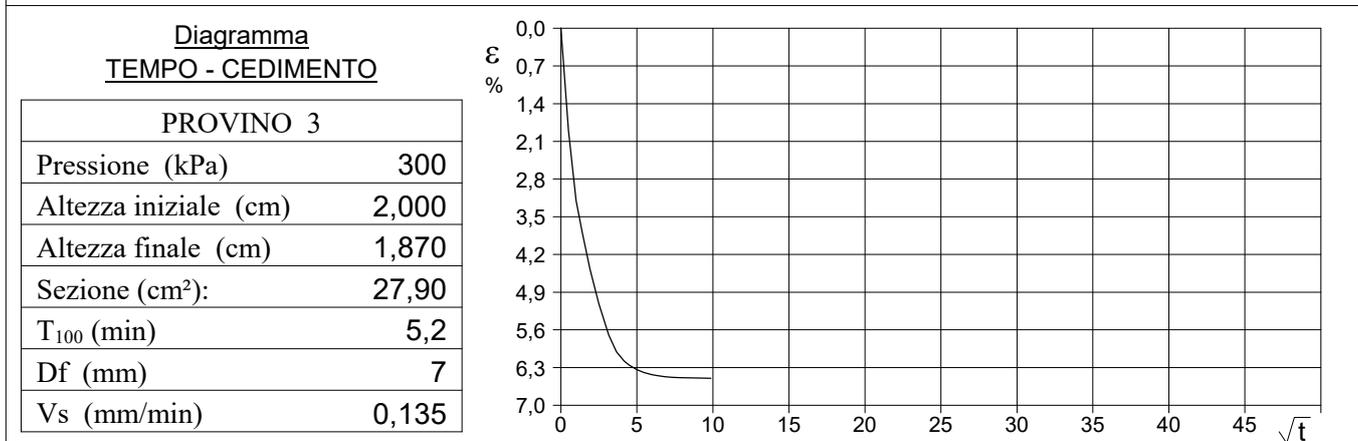
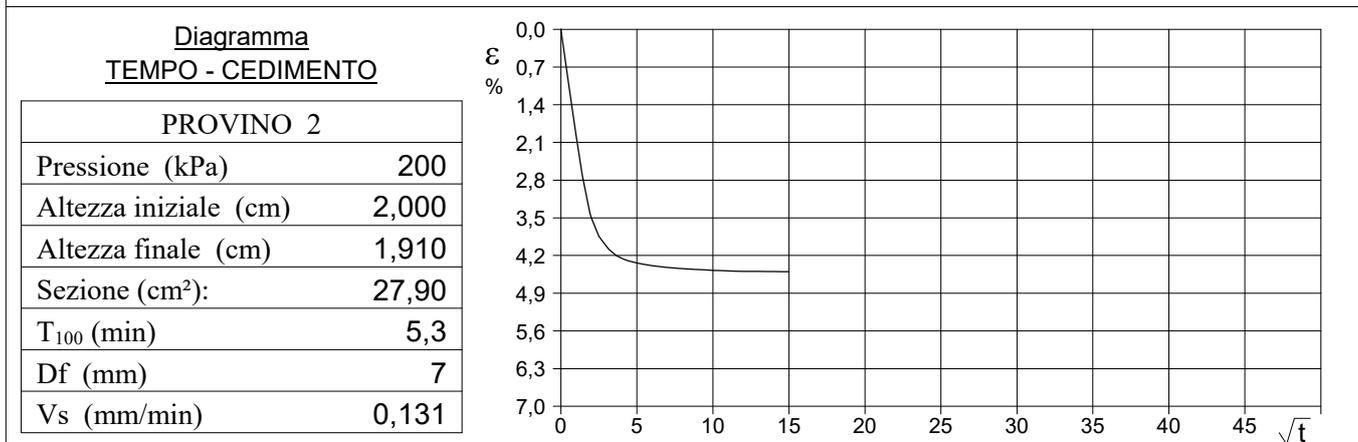
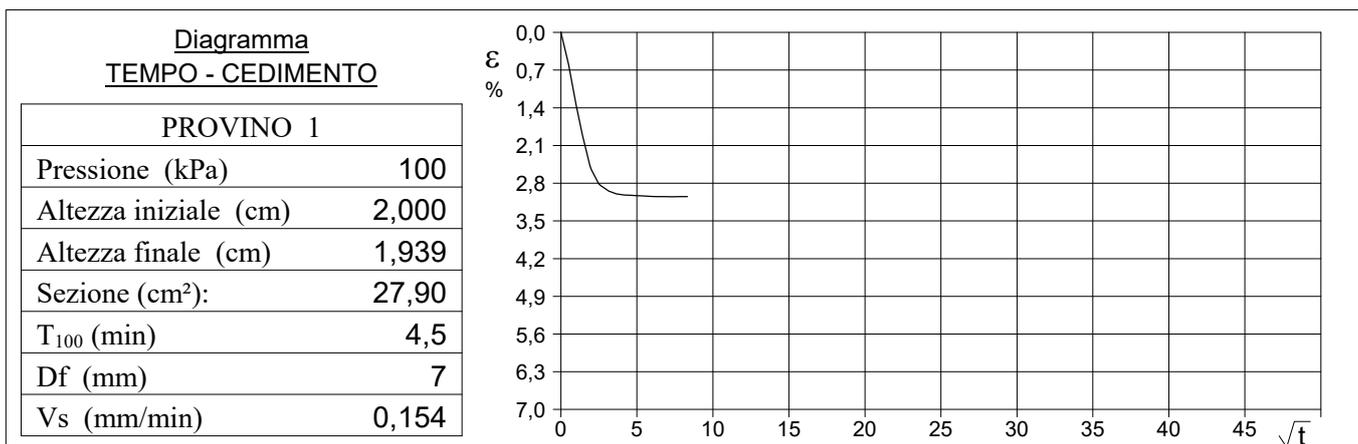
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09323	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 27/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m 12,00 - 12,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.

RIFERIMENTO: ROVATO (BS)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: 6

PROFONDITA': m 18,00 - 18,50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

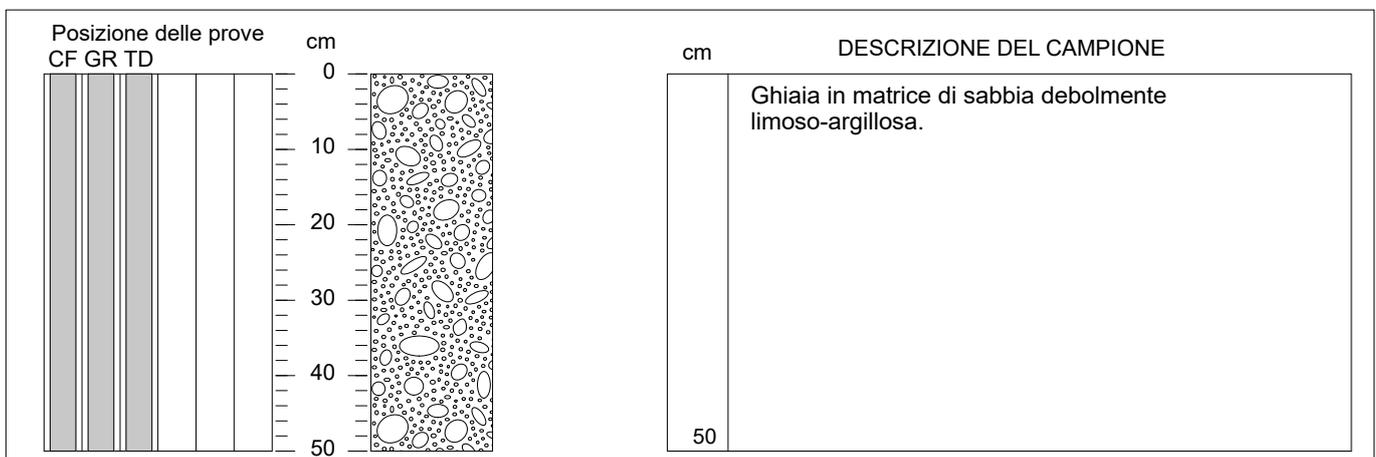
Peso specifico 27,2 kN/m³

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	49,7	%
Sabbia	35,1	%
Limo	9,4	%
Argilla	5,8	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	6,8	kPa
Angolo di attrito interno:	41,9	°



CERTIFICATO DI PROVA N°: 09324	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 26/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 6	PROFONDITA': m	18,00 - 18,50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854-02

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **27,2 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: 28,3 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

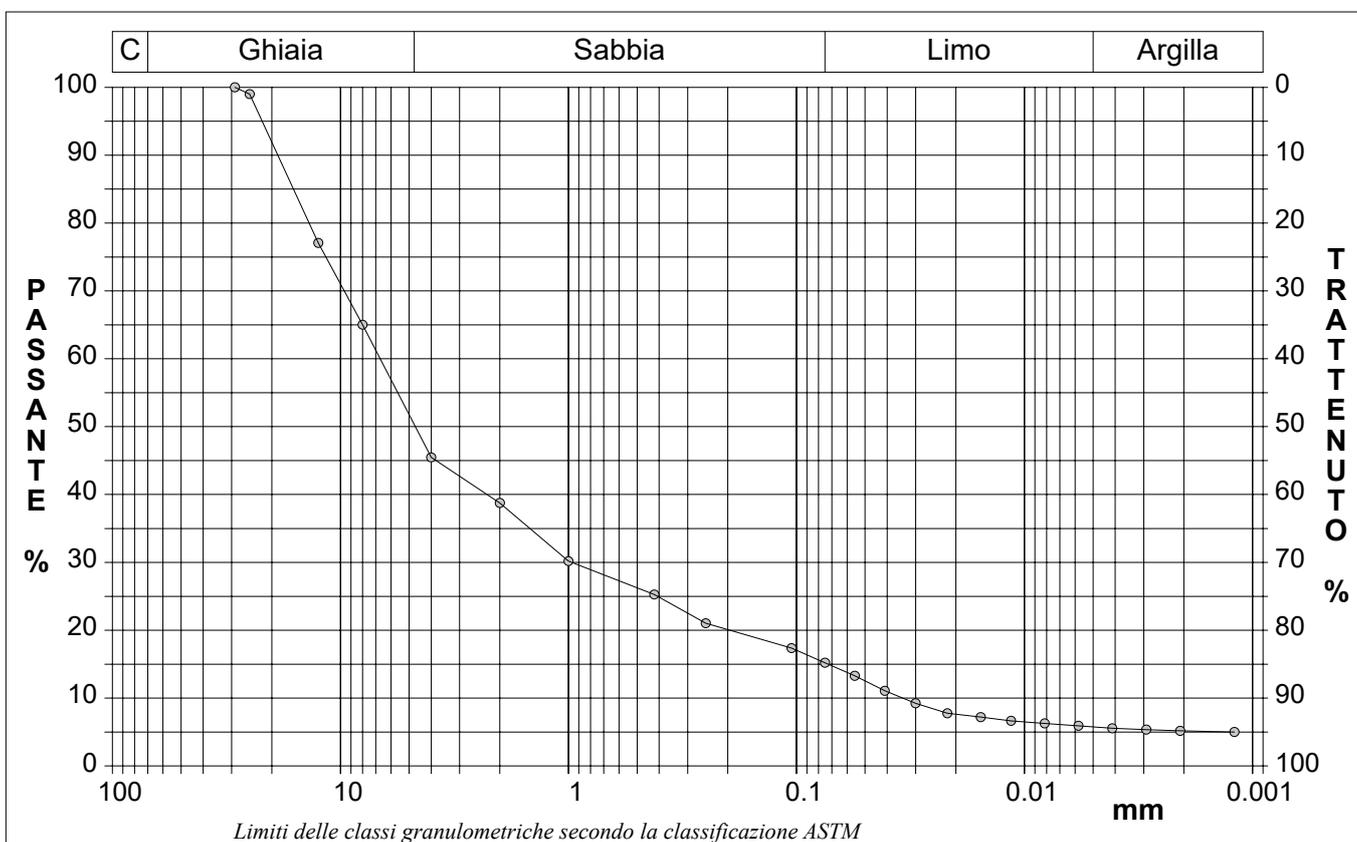
CERTIFICATO DI PROVA N°: 09325	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 26/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 6	PROFONDITA': m	18,00 - 18,50

ANALISI GRANULOMETRICA

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

Ghiaia	49,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	38,8 %	D10	0,03414 mm
Sabbia	35,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	25,3 %	D30	0,96556 mm
Limo	9,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	15,2 %	D50	4,69639 mm
Argilla	5,8 %			D60	6,69462 mm
Coefficiente di uniformità		196,08	Coefficiente di curvatura		4,08
				D90	18,80997 mm



Diametro mm	Passante %								
29,0000	100,00	2,0000	38,76	0,0750	15,22	0,0155	7,21	0,0029	5,37
25,0000	99,00	1,0000	30,20	0,0555	13,30	0,0115	6,66	0,0021	5,18
12,5000	77,06	0,4200	25,27	0,0410	11,08	0,0081	6,29	0,0012	5,00
8,0000	65,02	0,2500	21,04	0,0300	9,24	0,0058	5,92		
4,0000	45,47	0,1050	17,36	0,0218	7,76	0,0041	5,55		

Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09326	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 30/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 6	PROFONDITA': m 18,00 - 18,50	

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):	101	182	280
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,50	3,50	6,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,05	0,07	0,09
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	6,8 kPa
Angolo di attrito interno:	41,9 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,138 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

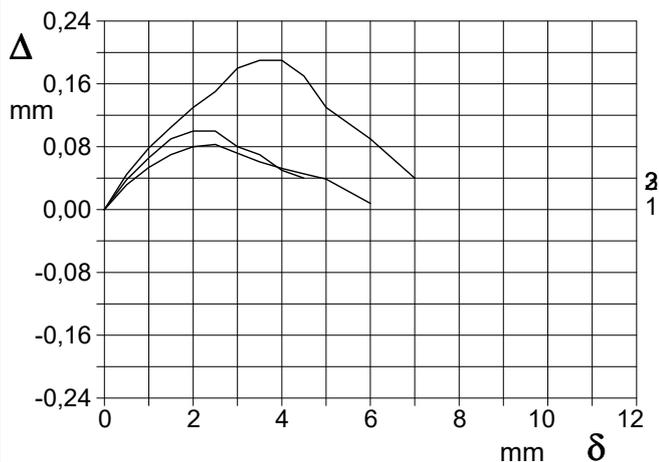
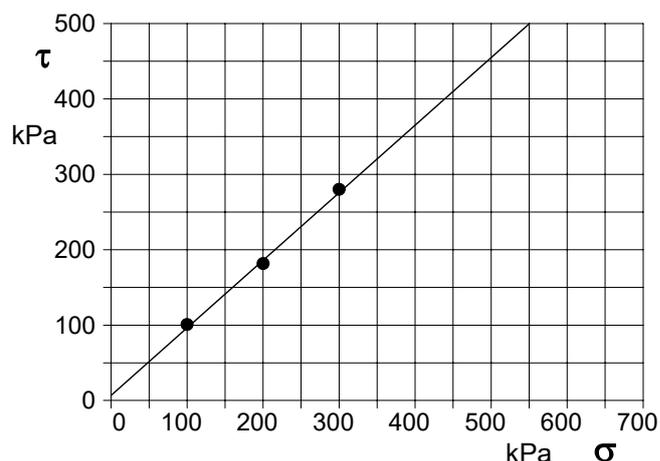


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

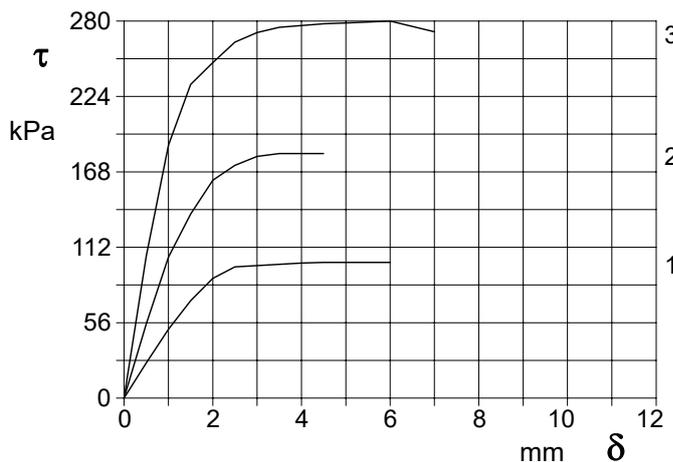


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

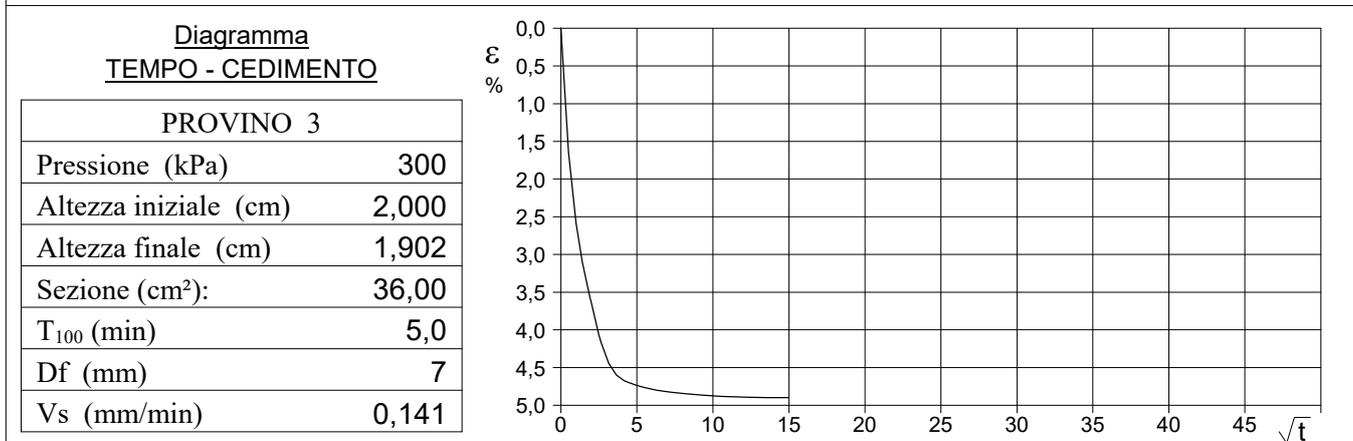
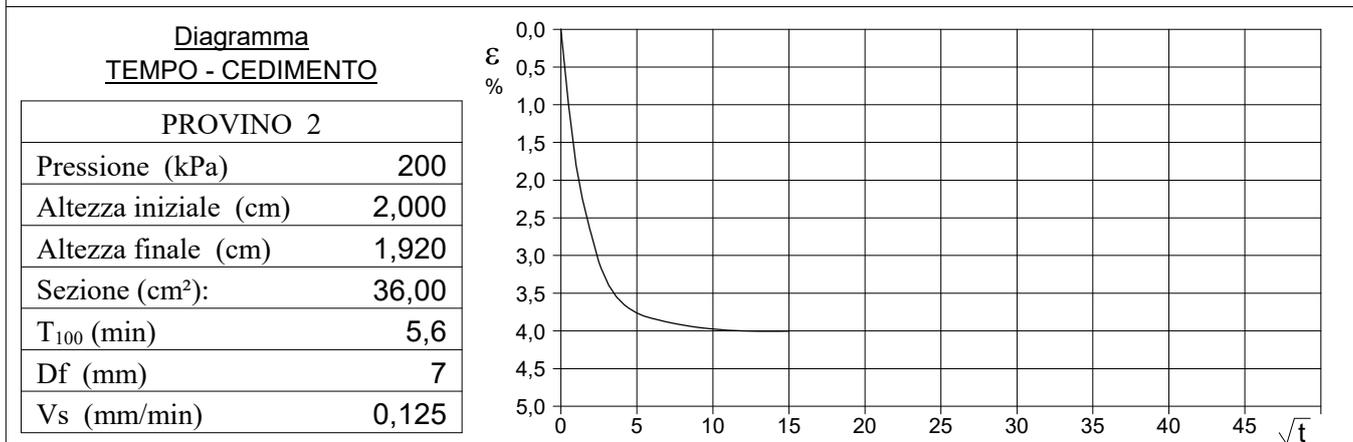
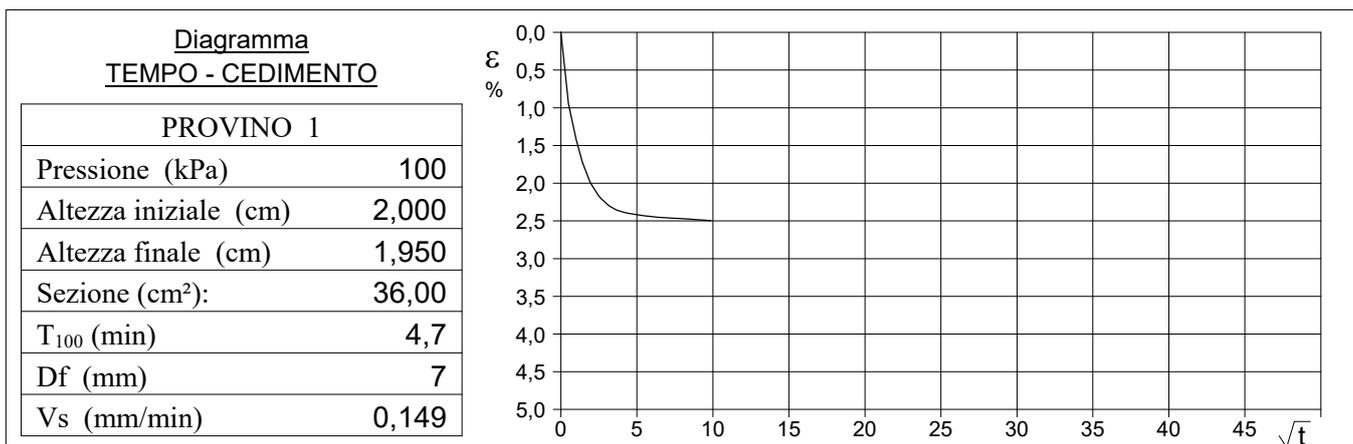
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09326	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 30/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: 6	PROFONDITA': m 18,00 - 18,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.

RIFERIMENTO: ROVATO (BS)

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

MODULO RIASSUNTIVO

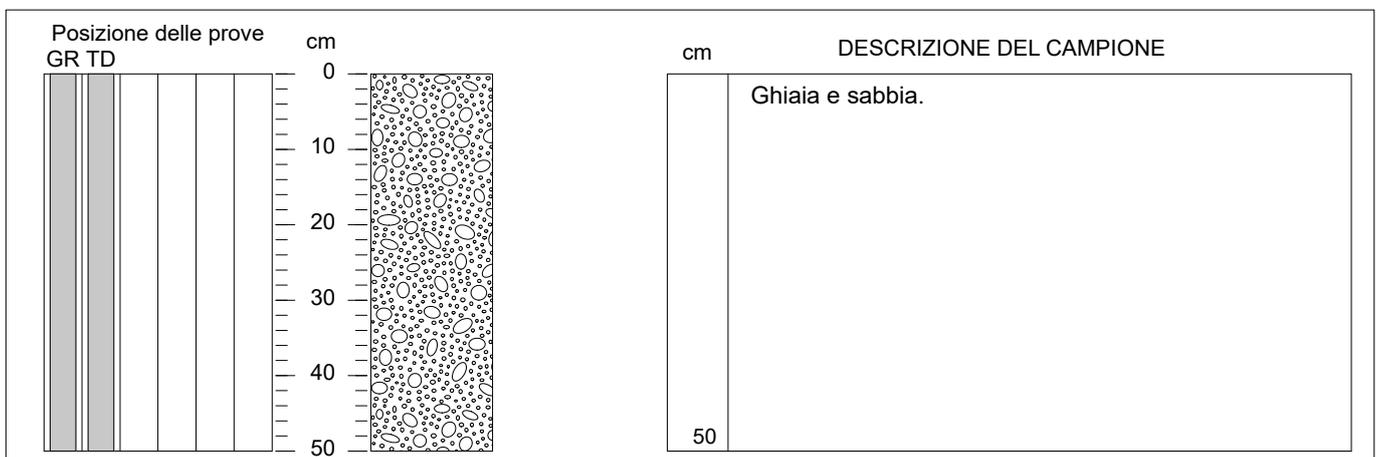
ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	47,0	%
Sabbia	48,8	%
Limo-Argilla	4,2	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	4,2	kPa
Angolo di attrito interno:	37,2	°

FOTOGRAFIA



CERTIFICATO DI PROVA N°: 09328	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 30/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: 2	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):	86	150	238
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	7,00	7,00	6,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,16	0,30	0,33
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	4,2 kPa
Angolo di attrito interno:	37,2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,129 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

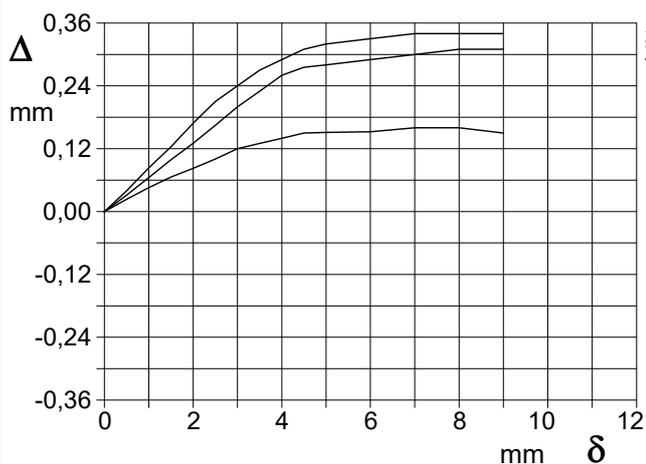
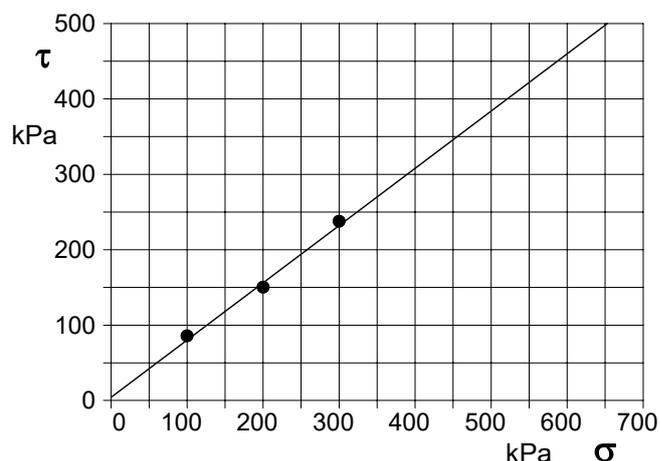


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

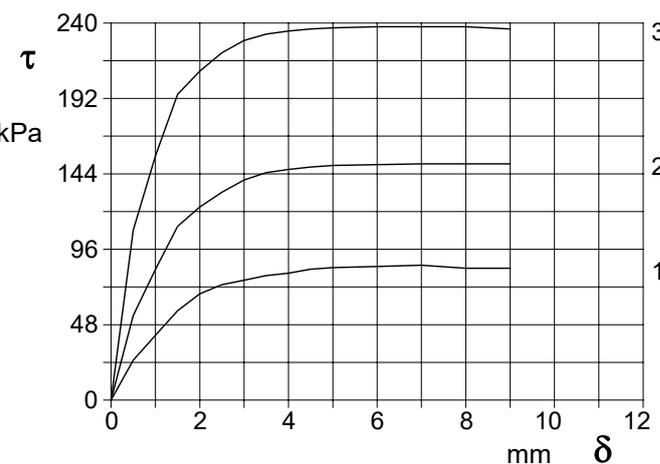


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

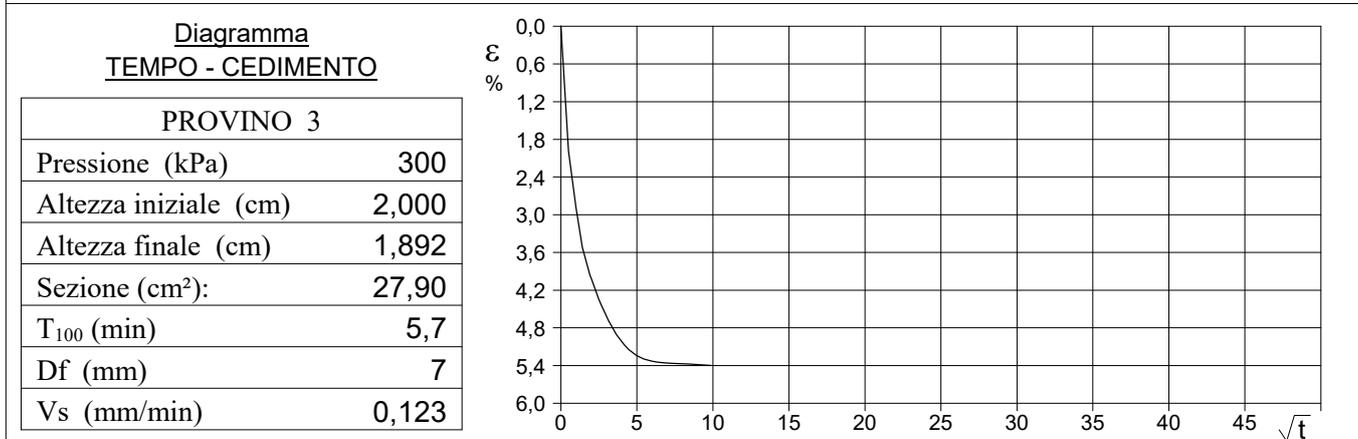
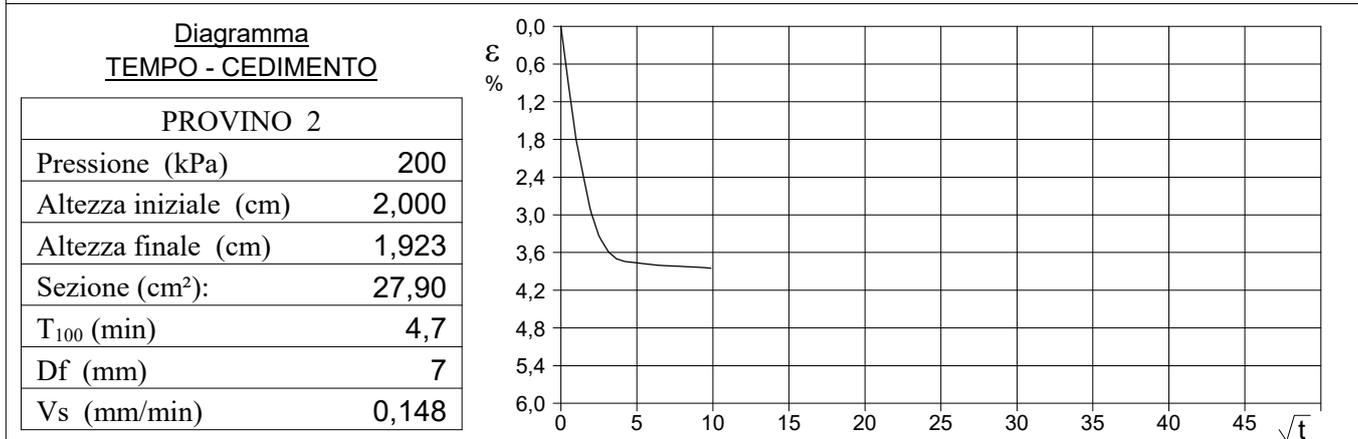
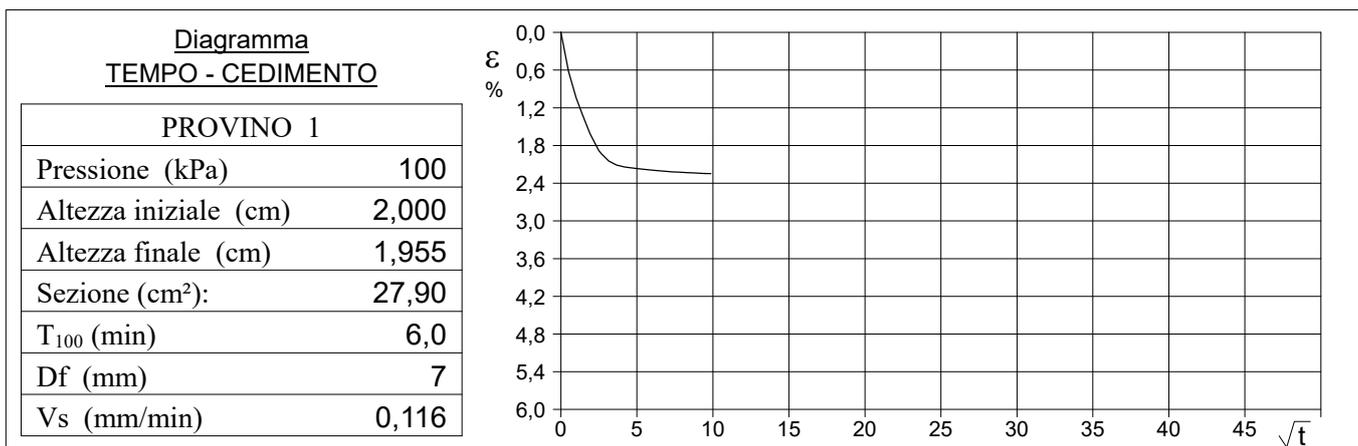
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09328	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 24/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 24/08/21	Fine analisi: 30/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 6,00 - 6,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.		
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: 5	PROFONDITA': m 15,00 - 15,50

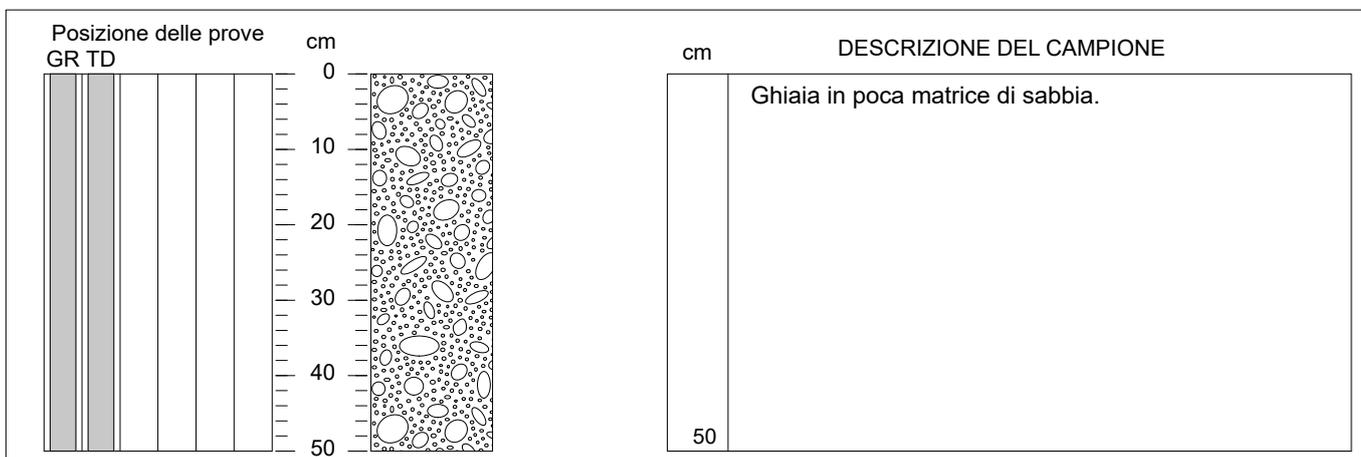
MODULO RIASSUNTIVO

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	73,2	%
Sabbia	24,8	%
Limo-Argilla	2,0	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	6,7	kPa
Angolo di attrito interno:	42,6	°



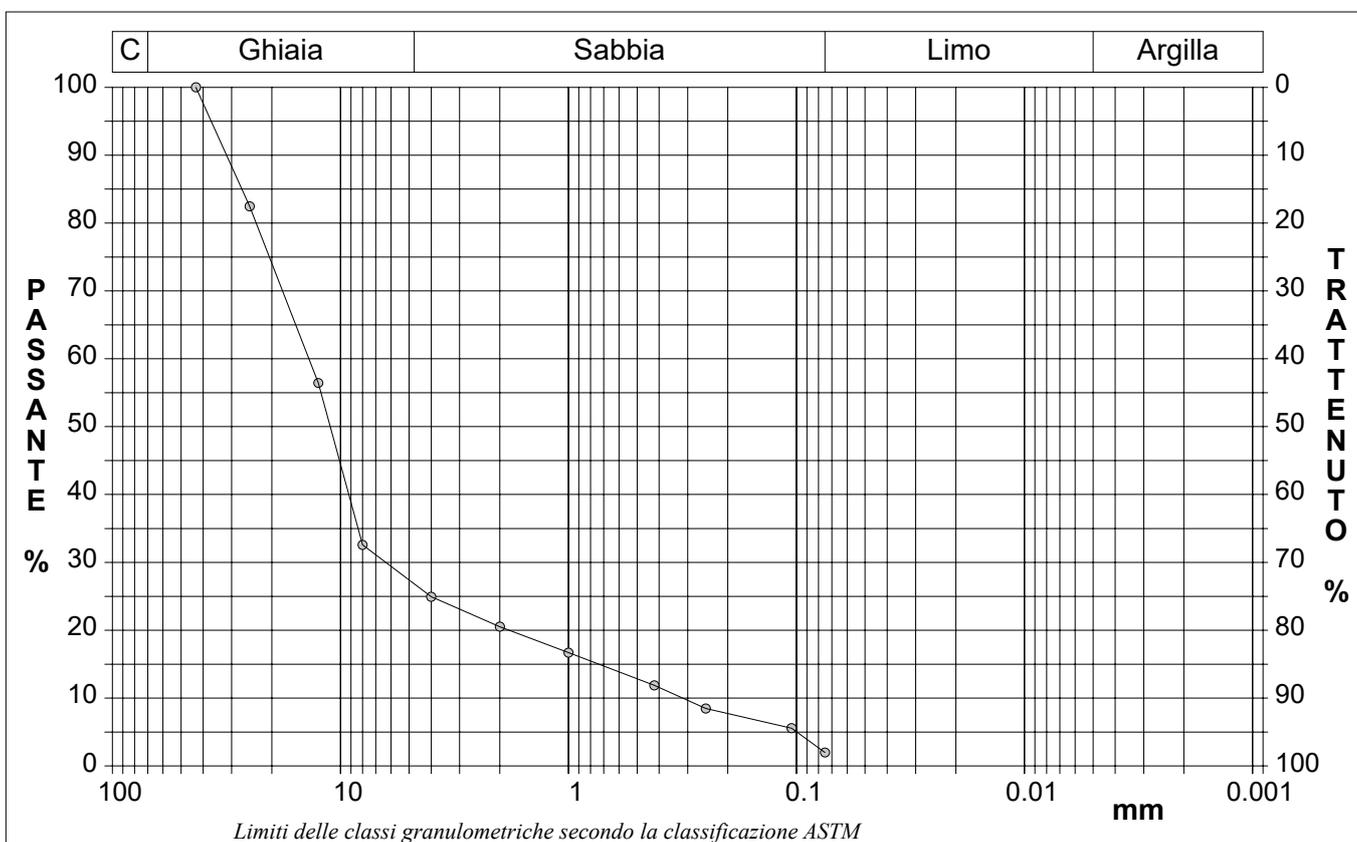
CERTIFICATO DI PROVA N°: 09329	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 25/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 25/08/21	Fine analisi: 27/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: 5	PROFONDITA': m	15,00 - 15,50

ANALISI GRANULOMETRICA

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

Ghiaia	73,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	20,5 %	D10	0,31514 mm
Sabbia	24,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	11,9 %	D30	6,32890 mm
Limo-Argilla	2,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	2,0 %	D50	11,08082 mm
				D60	13,74274 mm
				D90	31,56339 mm
Coefficiente di uniformità		43,61	Coefficiente di curvatura		9,25



Diametro mm	Passante %								
43,0000	100,00	2,0000	20,53	0,0750	2,00				
25,0000	82,46	1,0000	16,71						
12,5000	56,44	0,4200	11,89						
8,0000	32,59	0,2500	8,48						
4,0000	24,94	0,1050	5,57						

Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09330	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 25/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 25/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: 5	PROFONDITA': m 15,00 - 15,50	

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):	106	183	290
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,50	7,00	6,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,01	0,19	0,35
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	6,7 kPa
Angolo di attrito interno:	42,6 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,138 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

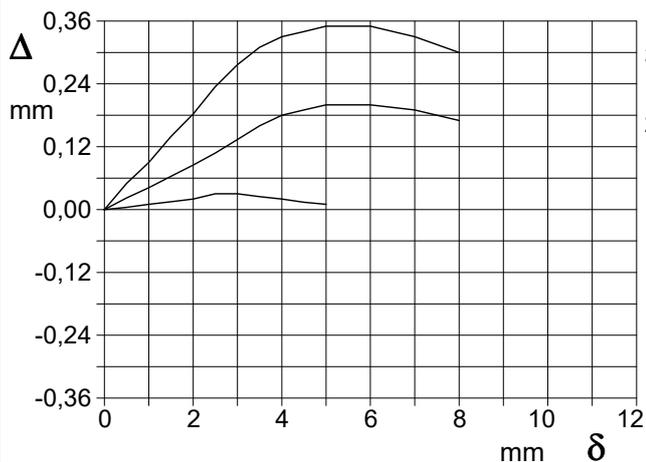
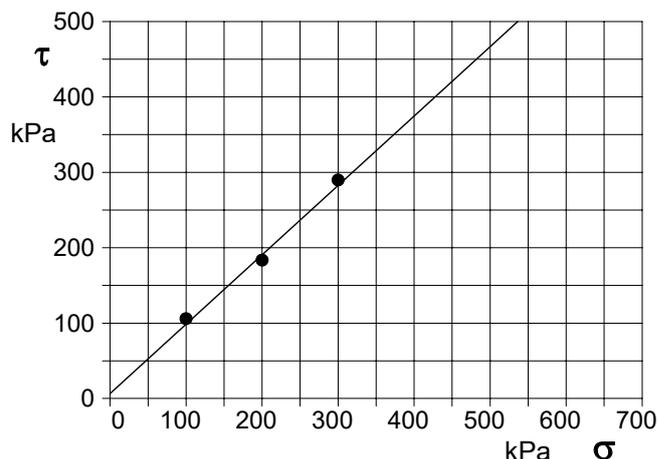


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

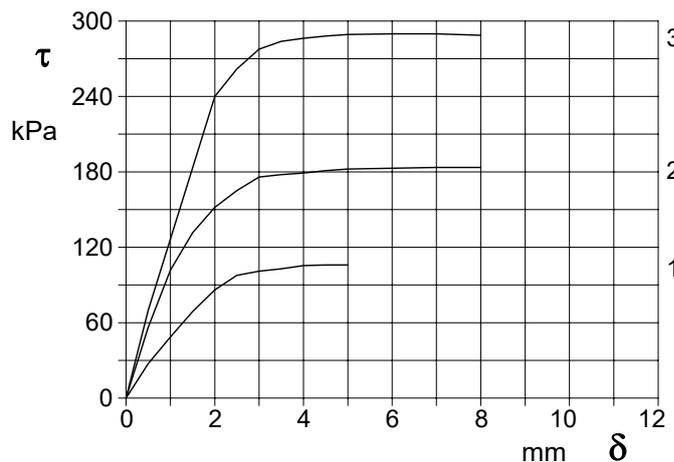


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

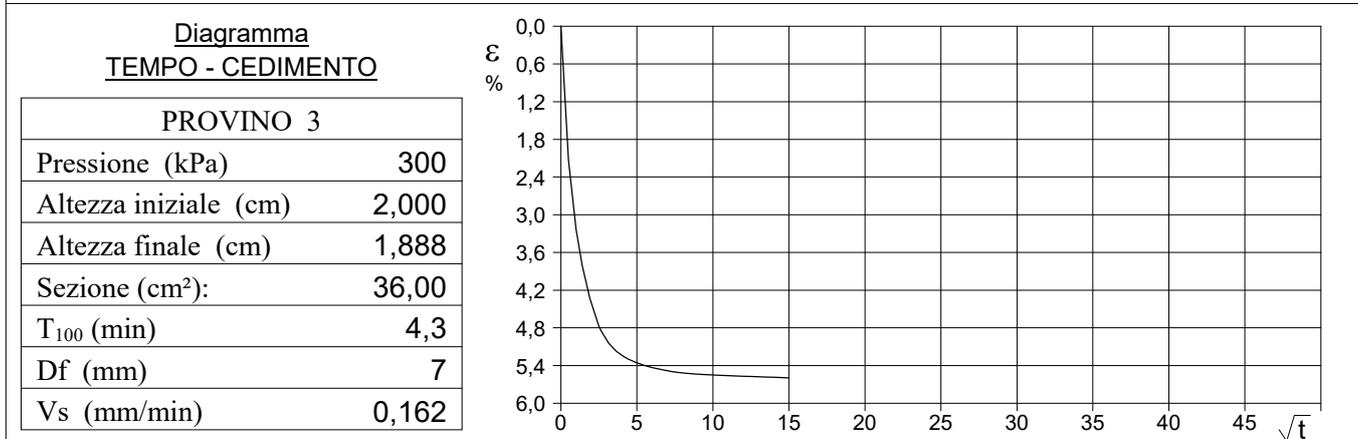
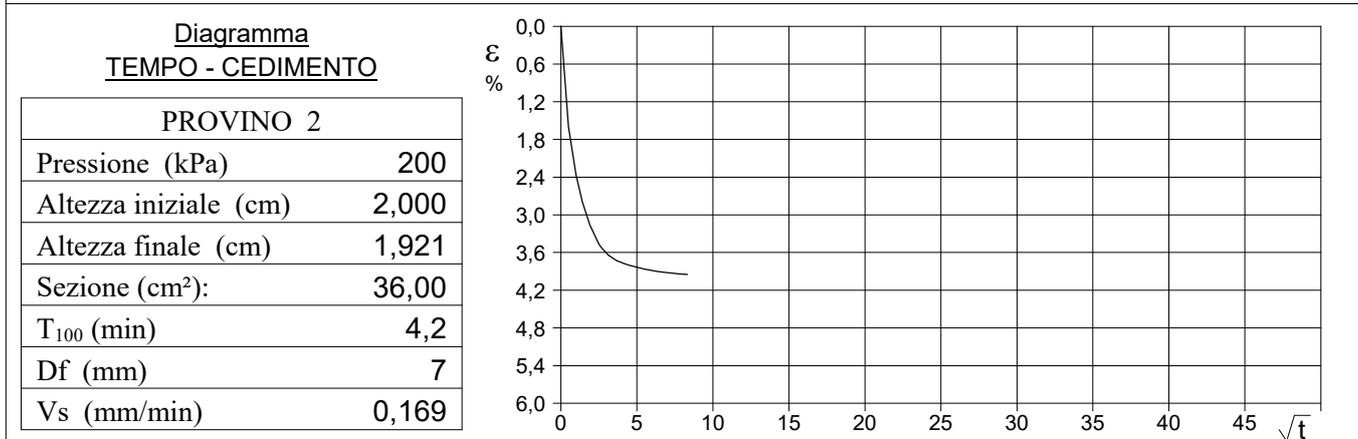
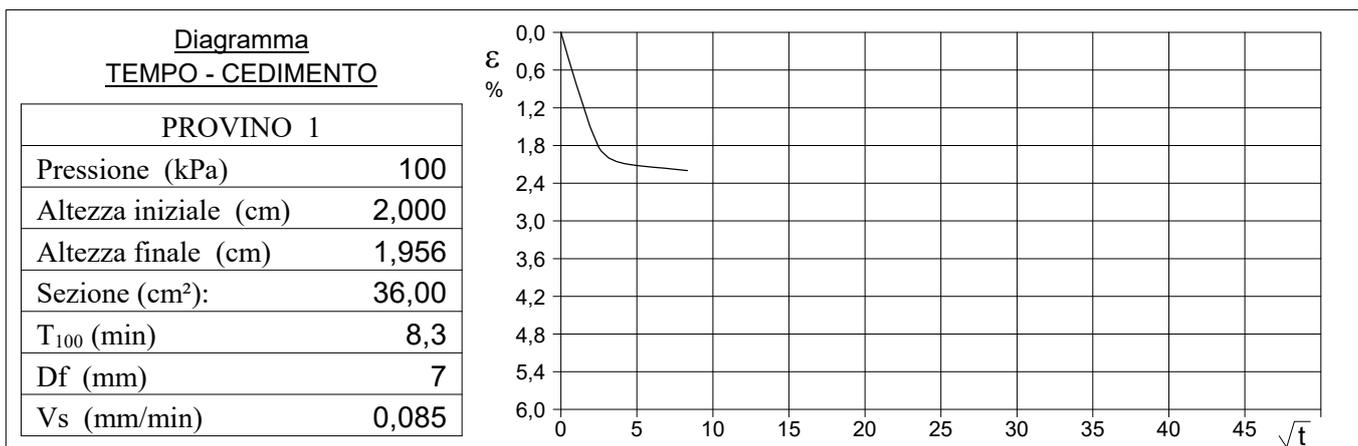
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09330	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 25/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 25/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: 5	PROFONDITA': m 15,00 - 15,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.		
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)		
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

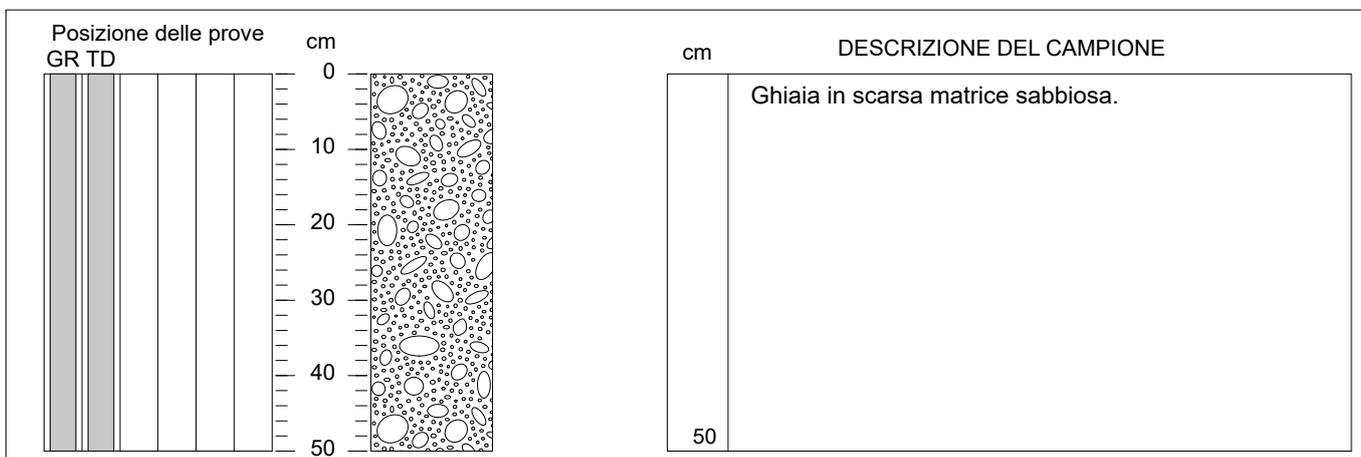
MODULO RIASSUNTIVO

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	81,3	%
Sabbia	17,9	%
Limo-Argilla	0,8	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	7,4	kPa
Angolo di attrito interno:	40,1	°



CERTIFICATO DI PROVA N°: 09332	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 25/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 25/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 2	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):	95	172	263
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,00	6,00	6,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,01	0,03	0,20
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	7,4 kPa
Angolo di attrito interno:	40,1 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,129 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

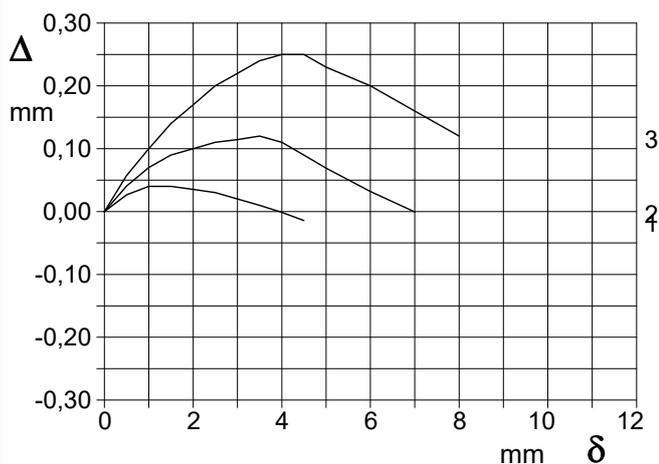
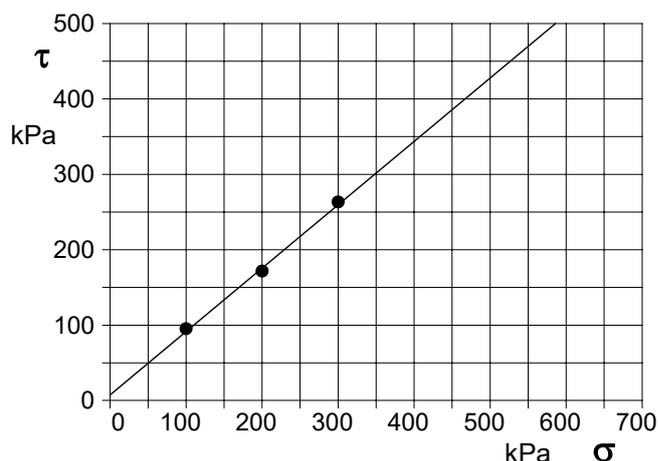


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

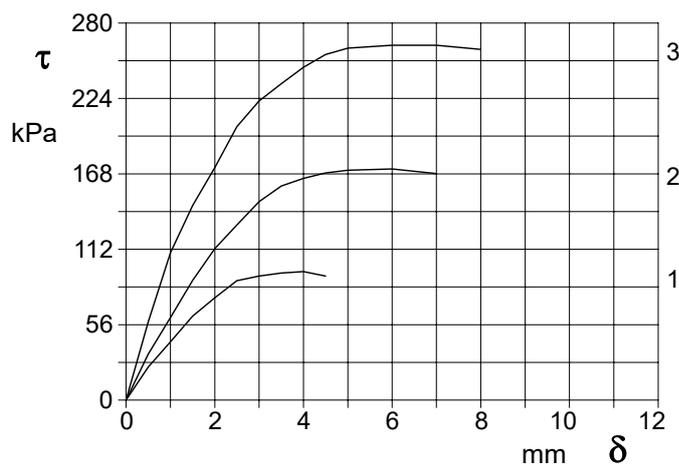


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

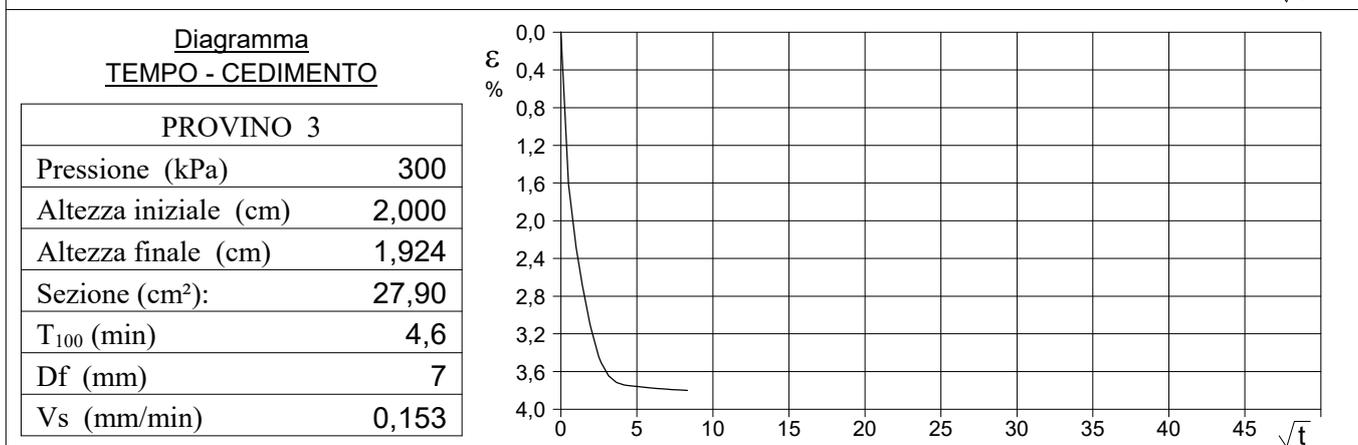
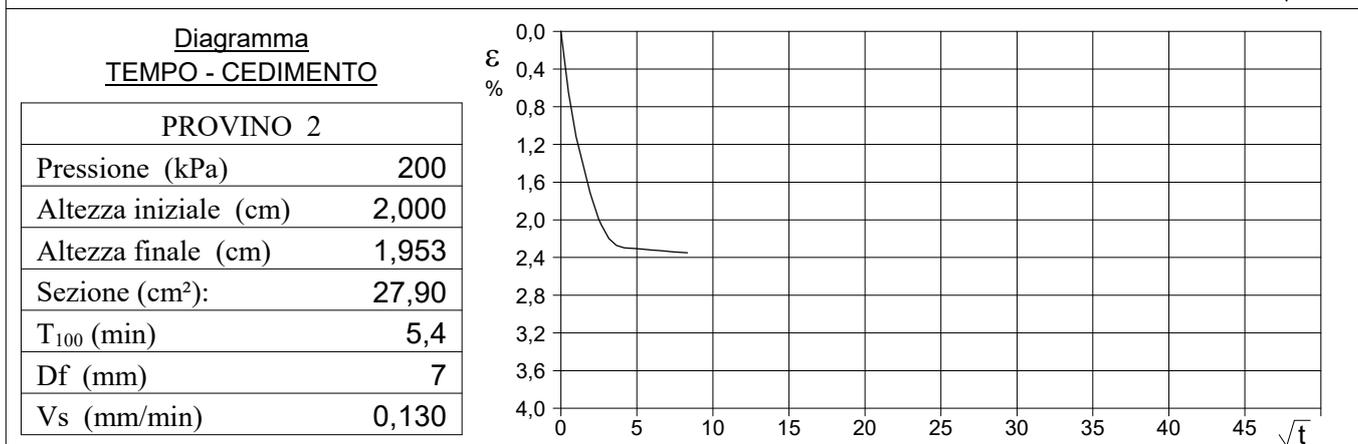
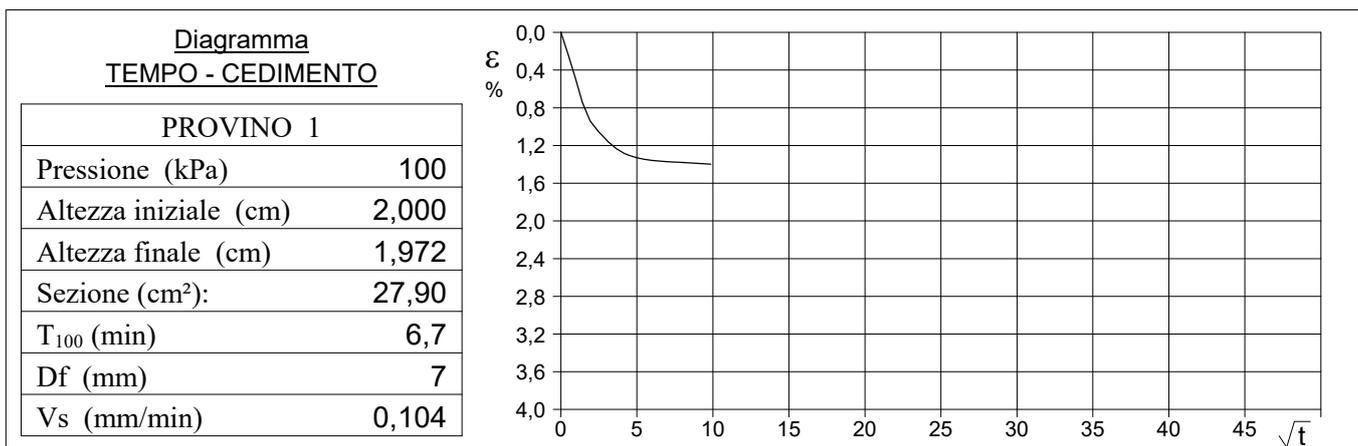
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09332	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 25/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 25/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 6,00 - 6,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.

RIFERIMENTO: ROVATO (BS)

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: 5

PROFONDITA': m 15,00 - 15,50

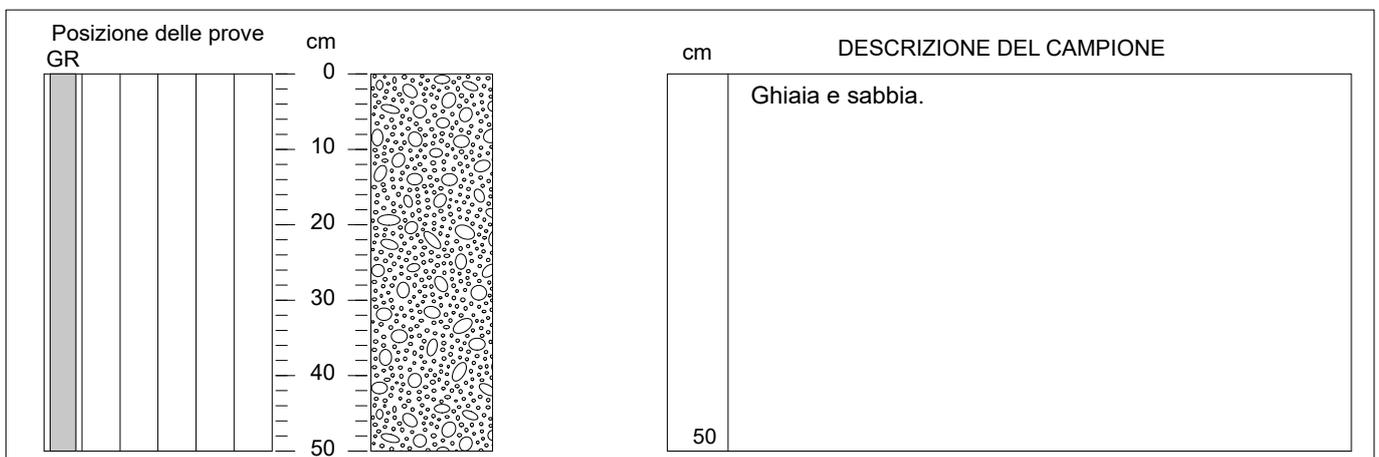
MODULO RIASSUNTIVO

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	47,8	%
Sabbia	50,2	%
Limo-Argilla	2,0	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	5,8	kPa
Angolo di attrito interno:	41,7	°



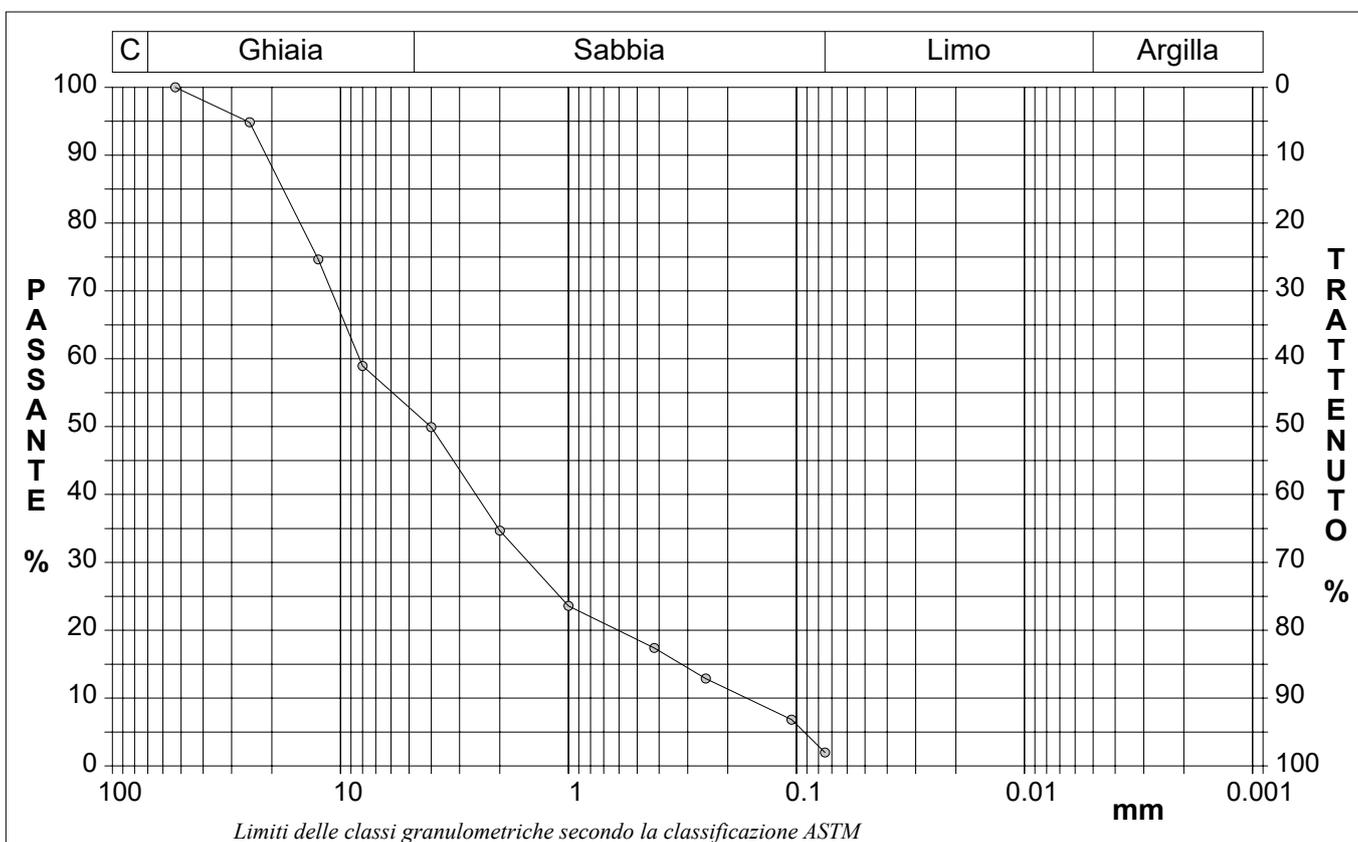
CERTIFICATO DI PROVA N°: 09333	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 30/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: 5 PROFONDITA': m 15,00 - 15,50

ANALISI GRANULOMETRICA

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

Ghiaia	47,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	34,7 %	D10	0,16539 mm
Sabbia	50,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	17,4 %	D30	1,49383 mm
Limo-Argilla	2,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	2,0 %	D50	4,02292 mm
				D60	8,24469 mm
				D90	21,16935 mm
Coefficiente di uniformità		49,85	Coefficiente di curvatura		1,64



Diametro mm	Passante %								
53,0000	100,00	2,0000	34,67	0,0750	1,98				
25,0000	94,85	1,0000	23,58						
12,5000	74,64	0,4200	17,38						
8,0000	58,94	0,2500	12,88						
4,0000	49,93	0,1050	6,84						

Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09334	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 5	PROFONDITA': m 15,00 - 15,50	

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):	101	178	279
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	7,00	5,00	7,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,22	0,38	0,46
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	5,8 kPa
Angolo di attrito interno:	41,7 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,110 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

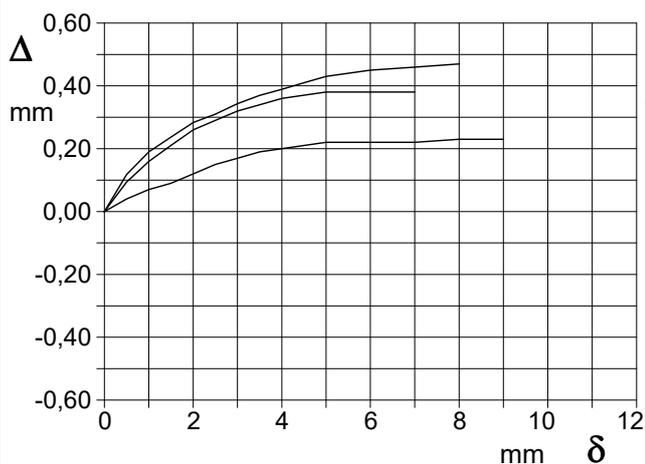
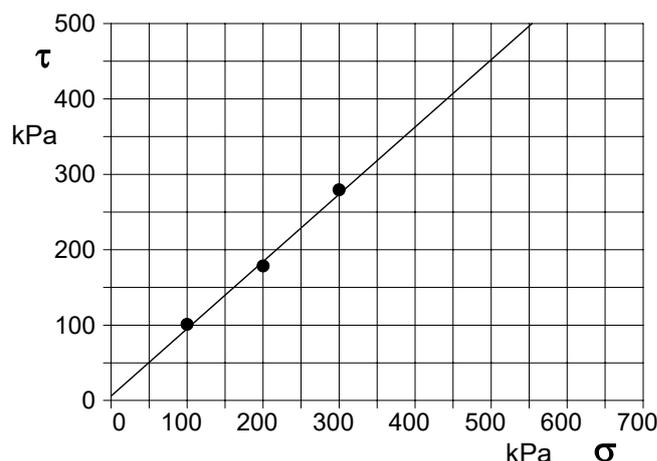


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

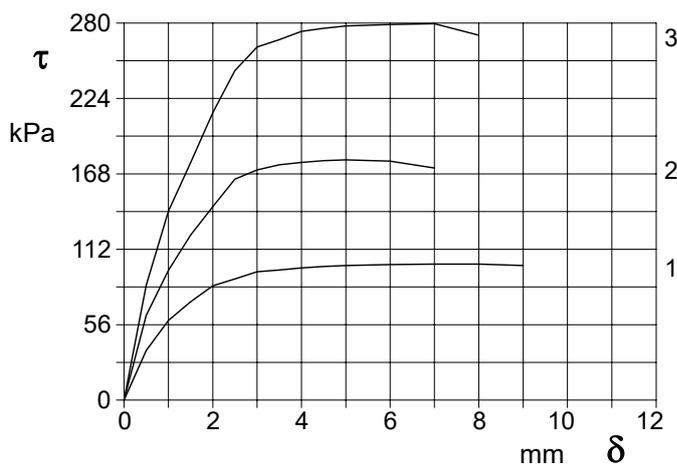


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

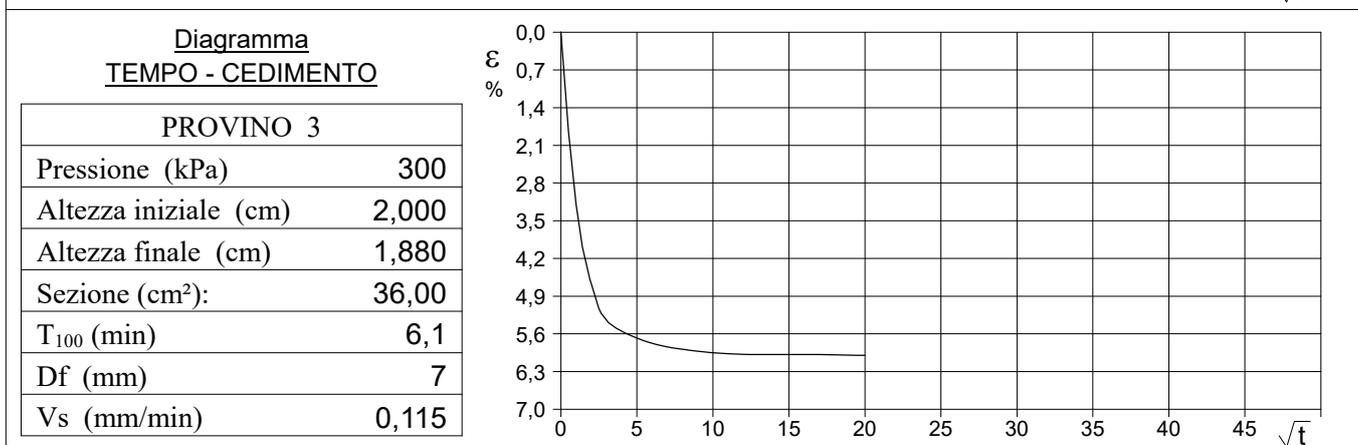
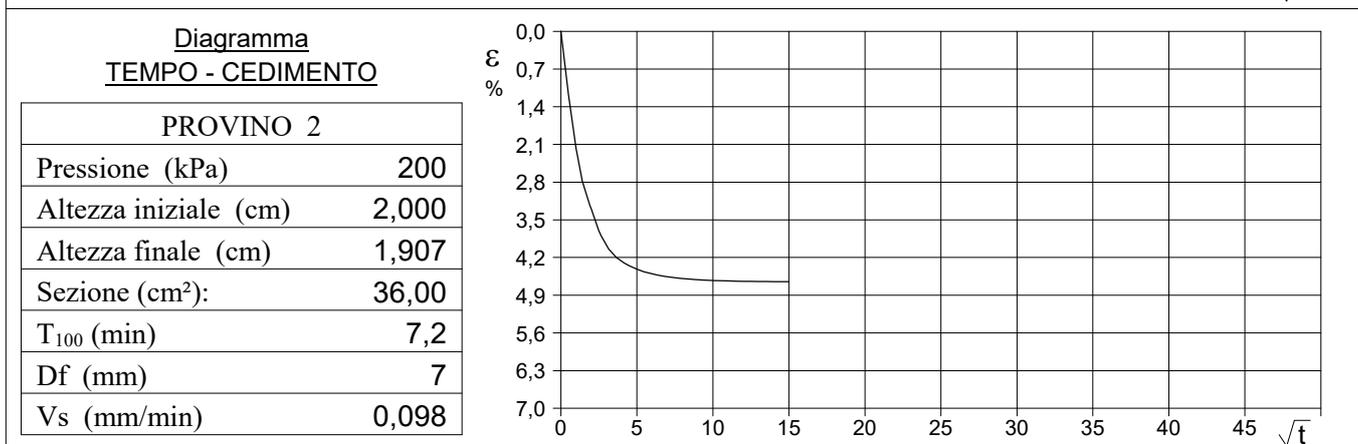
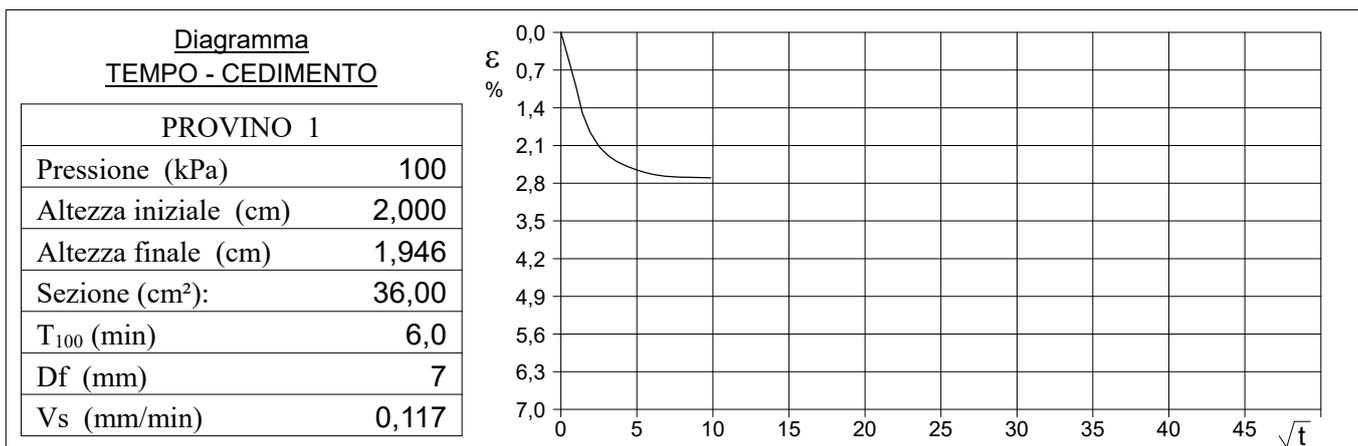
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09334	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: 5	PROFONDITA': m 15,00 - 15,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.

RIFERIMENTO: ROVATO (BS)

SONDAGGIO: S4

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

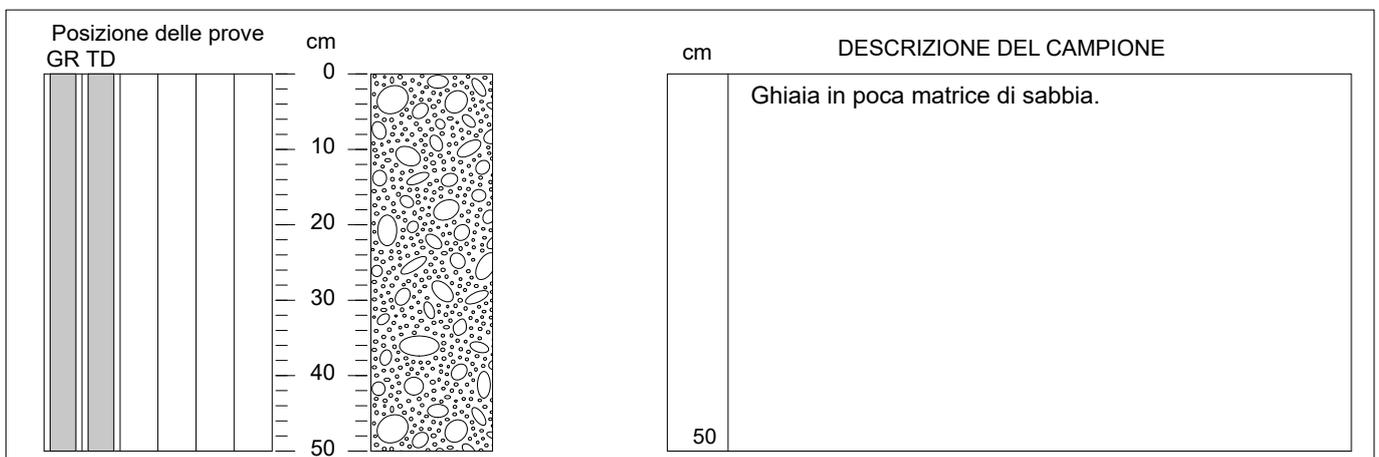
MODULO RIASSUNTIVO

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	69,5	%
Sabbia	27,2	%
Limo-Argilla	3,3	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	6,1	kPa
Angolo di attrito interno:	28,5	°



CERTIFICATO DI PROVA N°: 09336	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 1	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):	60	115	169
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,00	6,00	8,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,11	0,17	0,29
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	6,1 kPa
Angolo di attrito interno:	28,5 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,114 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

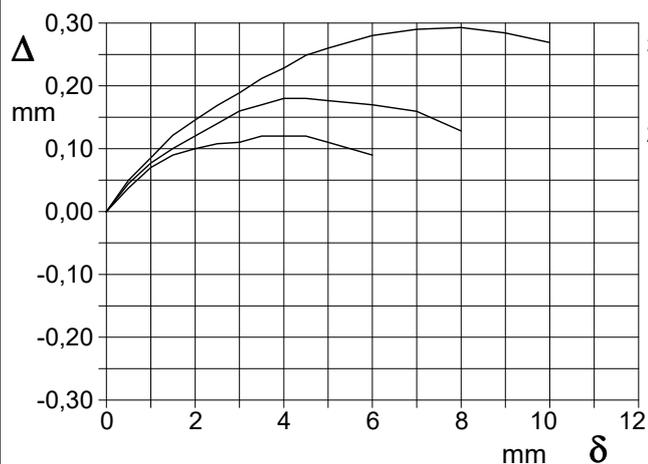
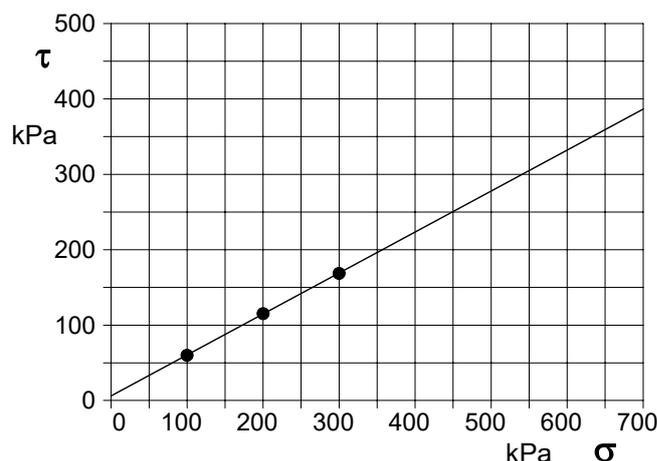


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

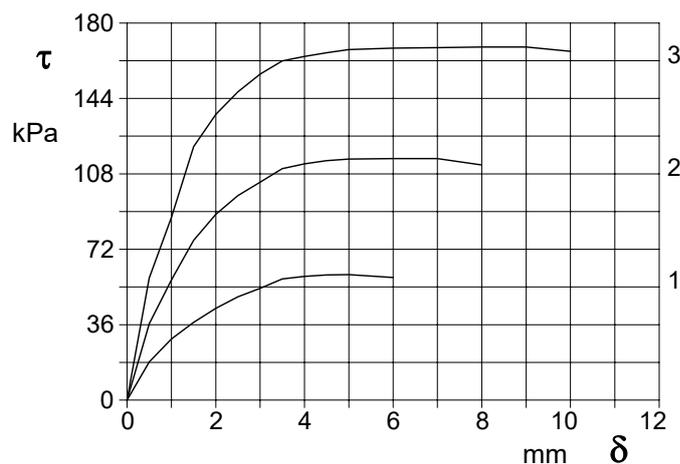


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

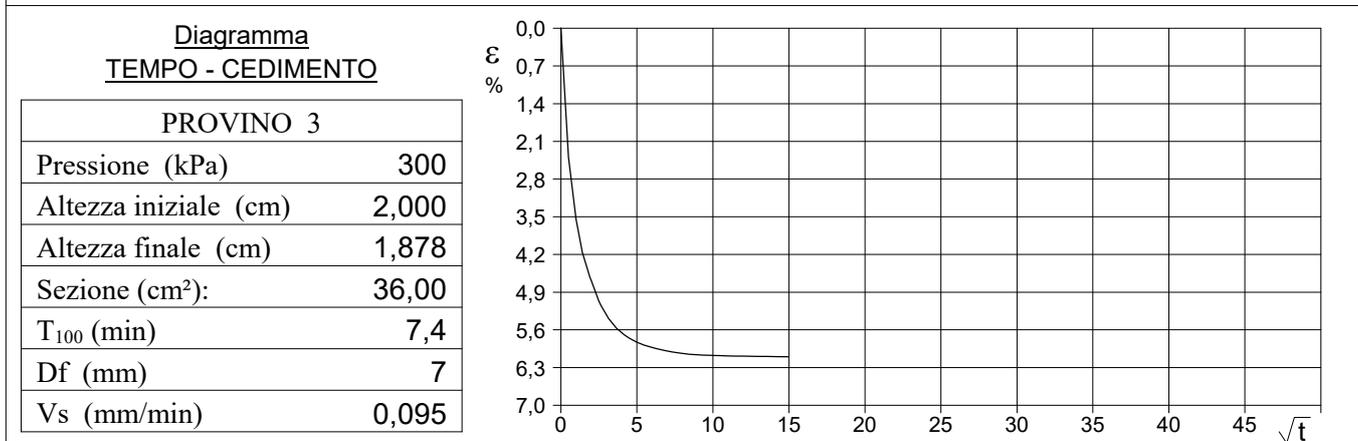
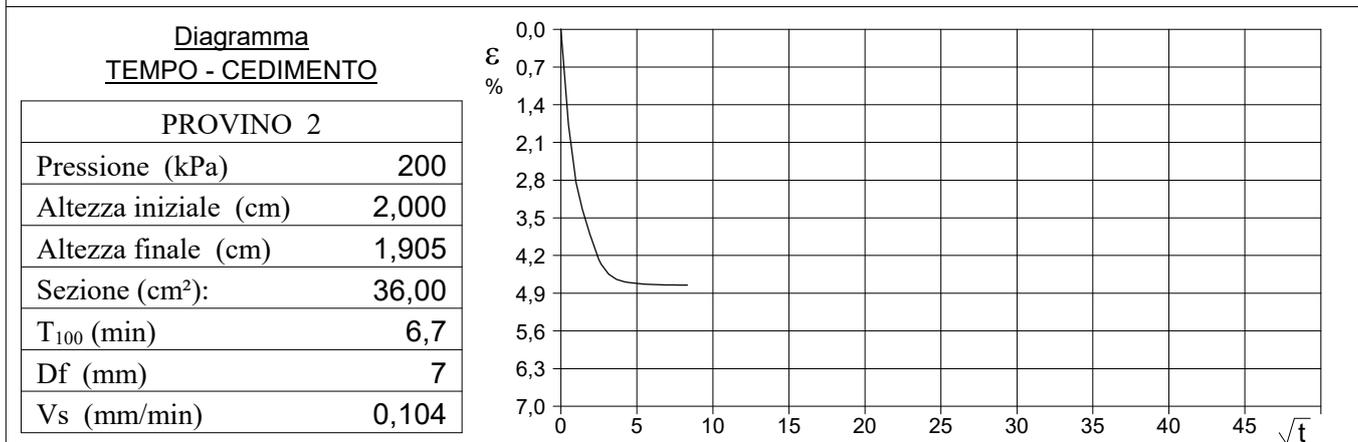
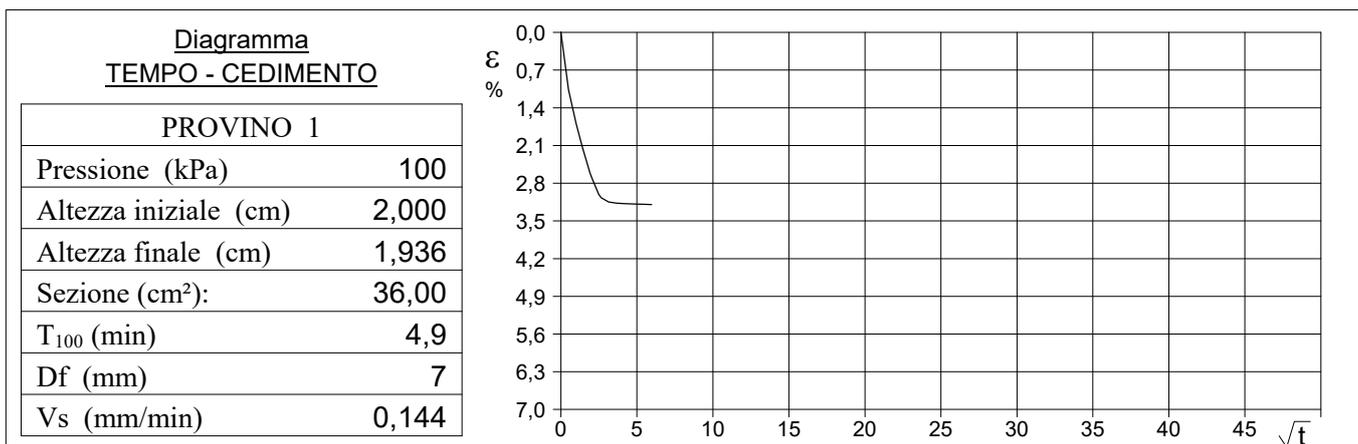
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09336	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.

RIFERIMENTO: ROVATO (BS)

SONDAGGIO: S4

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 12,00 - 12,50

MODULO RIASSUNTIVO

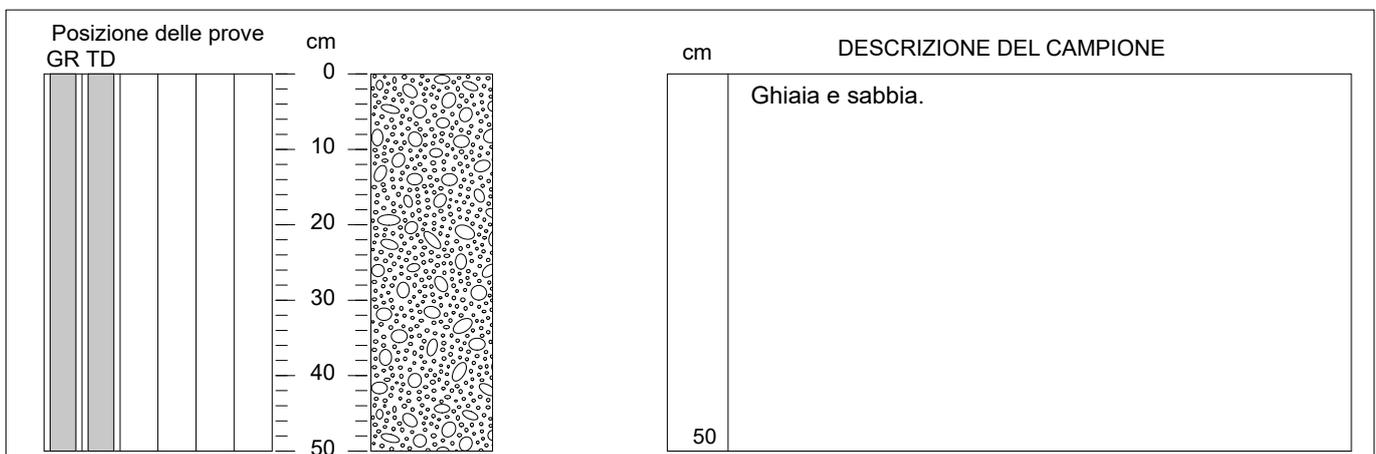
ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	44,8	%
Sabbia	53,0	%
Limo-Argilla	2,2	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	9,1	kPa
Angolo di attrito interno:	42,9	°

FOTOGRAFIA



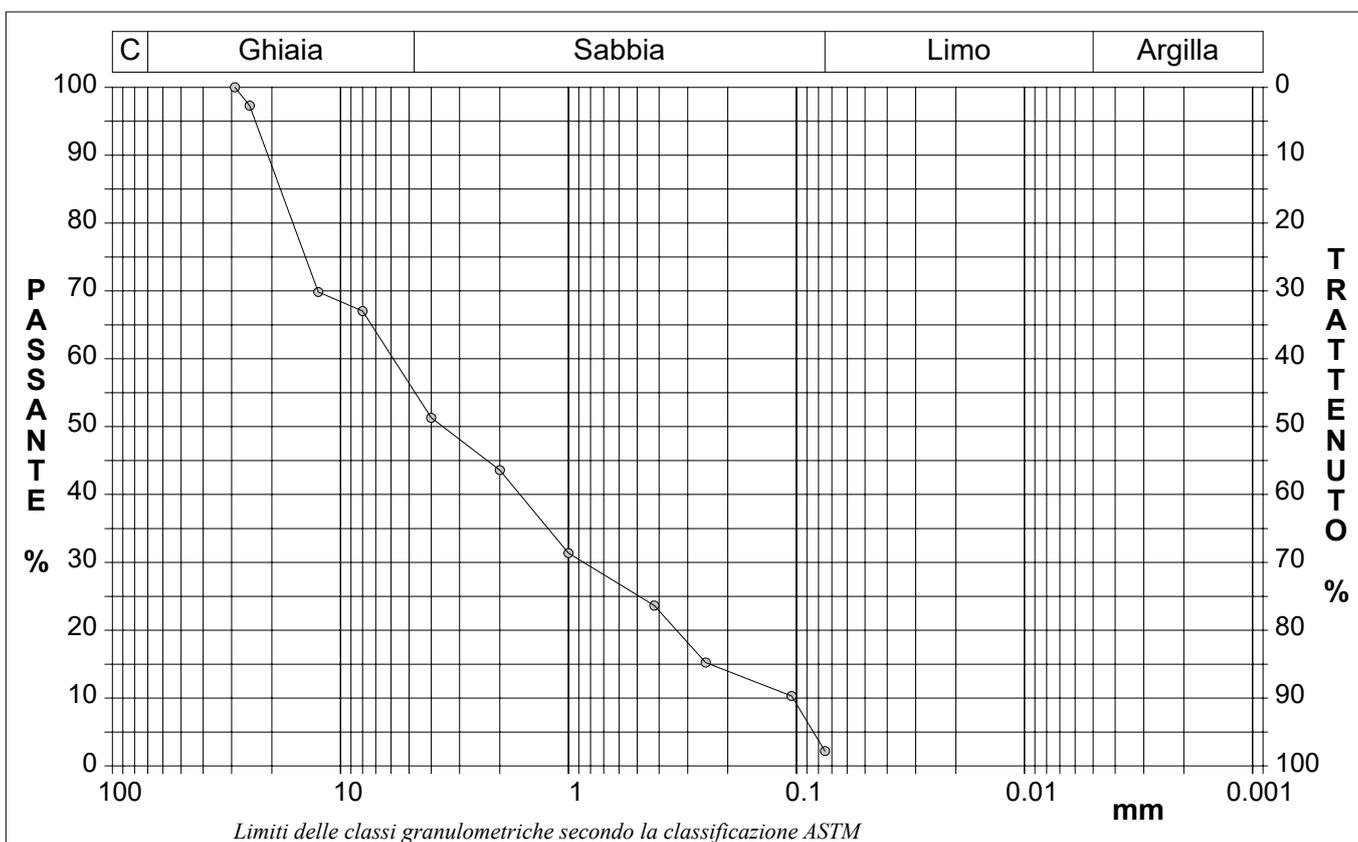
CERTIFICATO DI PROVA N°: 09337	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 30/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 4 PROFONDITA': m 12,00 - 12,50

ANALISI GRANULOMETRICA

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

Ghiaia	44,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	43,6 %	D10	0,10361 mm
Sabbia	53,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	23,6 %	D30	0,85794 mm
Limo-Argilla	2,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	2,2 %	D50	3,55825 mm
				D60	5,86799 mm
				D90	20,79497 mm
Coefficiente di uniformità		56,63	Coefficiente di curvatura		1,21



Diametro mm	Passante %								
29,0000	100,00	2,0000	43,59	0,0750	2,20				
25,0000	97,29	1,0000	31,36						
12,5000	69,84	0,4200	23,65						
8,0000	67,03	0,2500	15,23						
4,0000	51,30	0,1050	10,32						

Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09338	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m 12,00 - 12,50	

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):	110	188	296
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,50	5,00	9,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	4,66	0,45	0,60
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	---	---	---

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione:	9,1 kPa
Angolo di attrito interno:	42,9 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,127 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

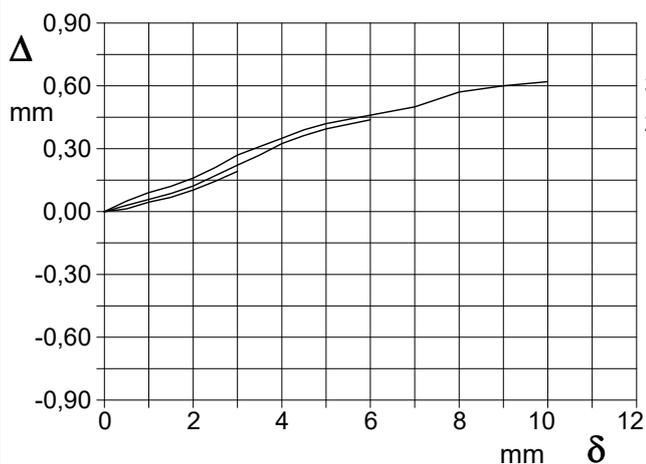
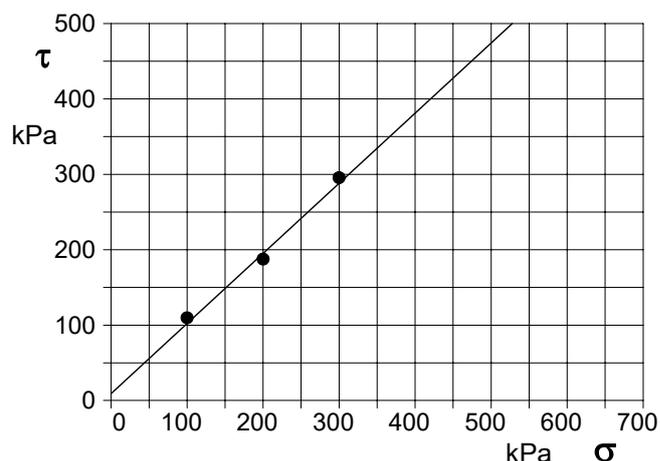


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

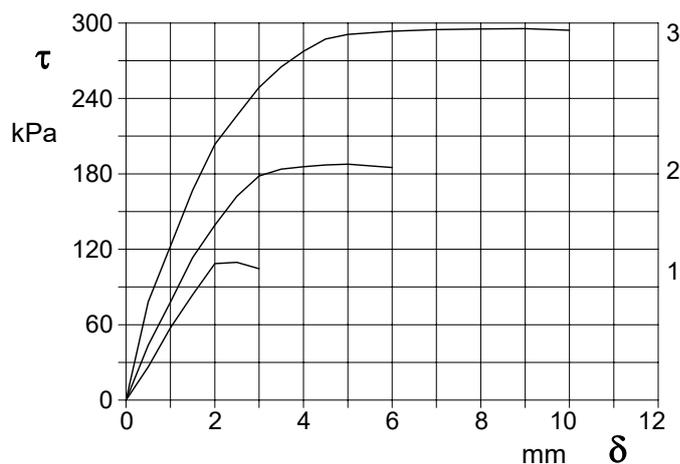


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

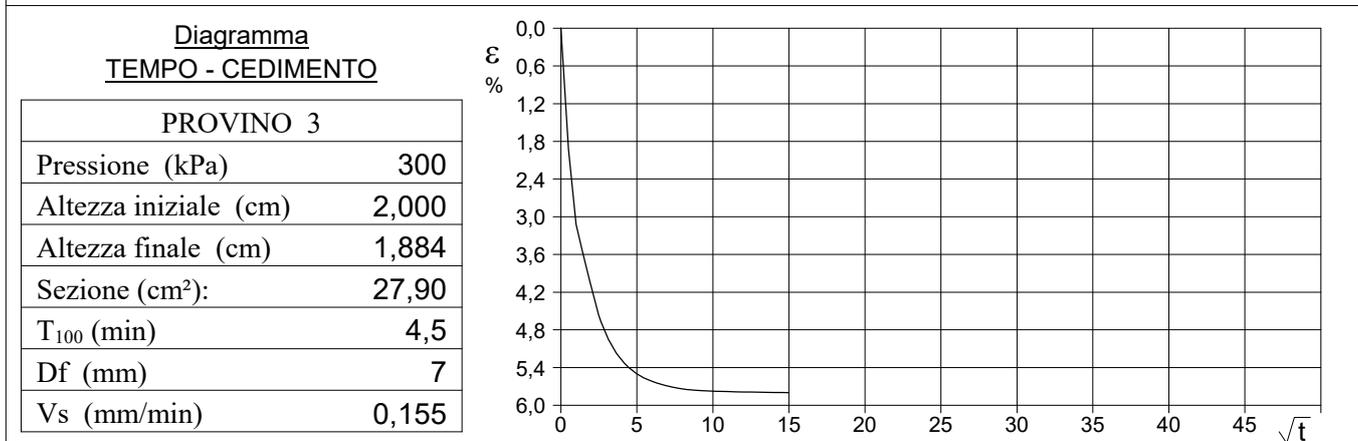
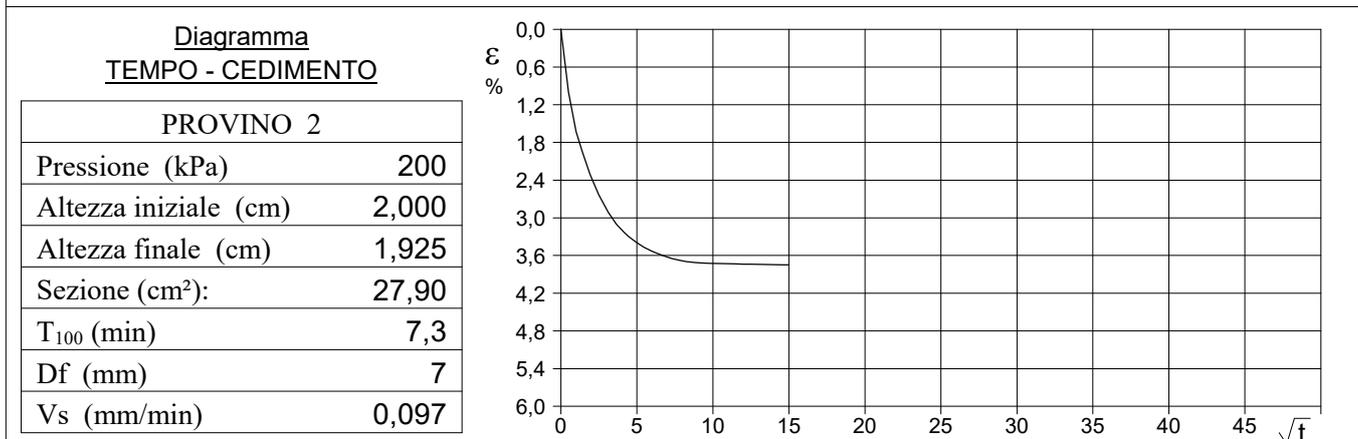
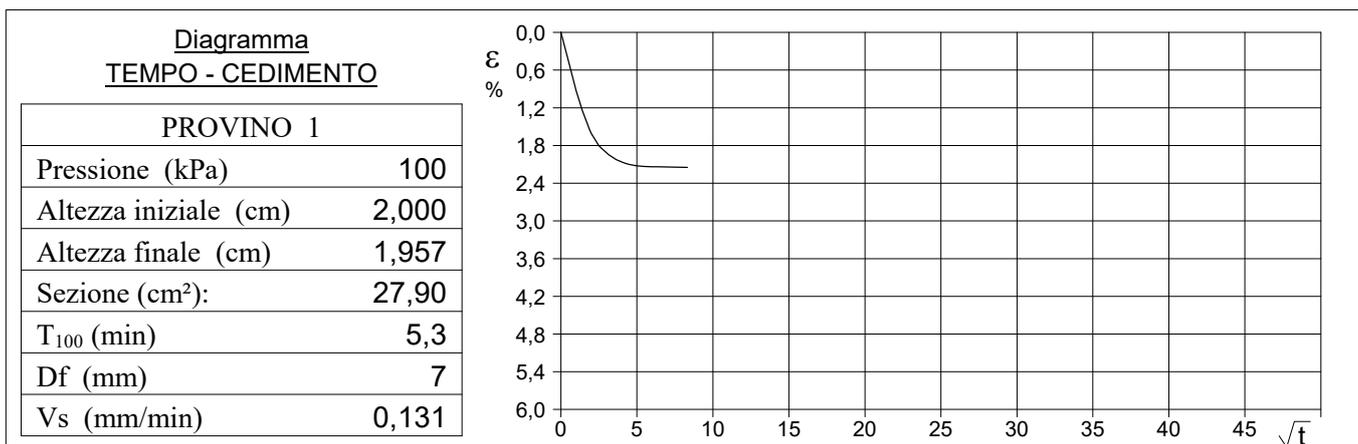
Prova eseguita sulla matrice sabbiosa.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09338	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m 12,00 - 12,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------

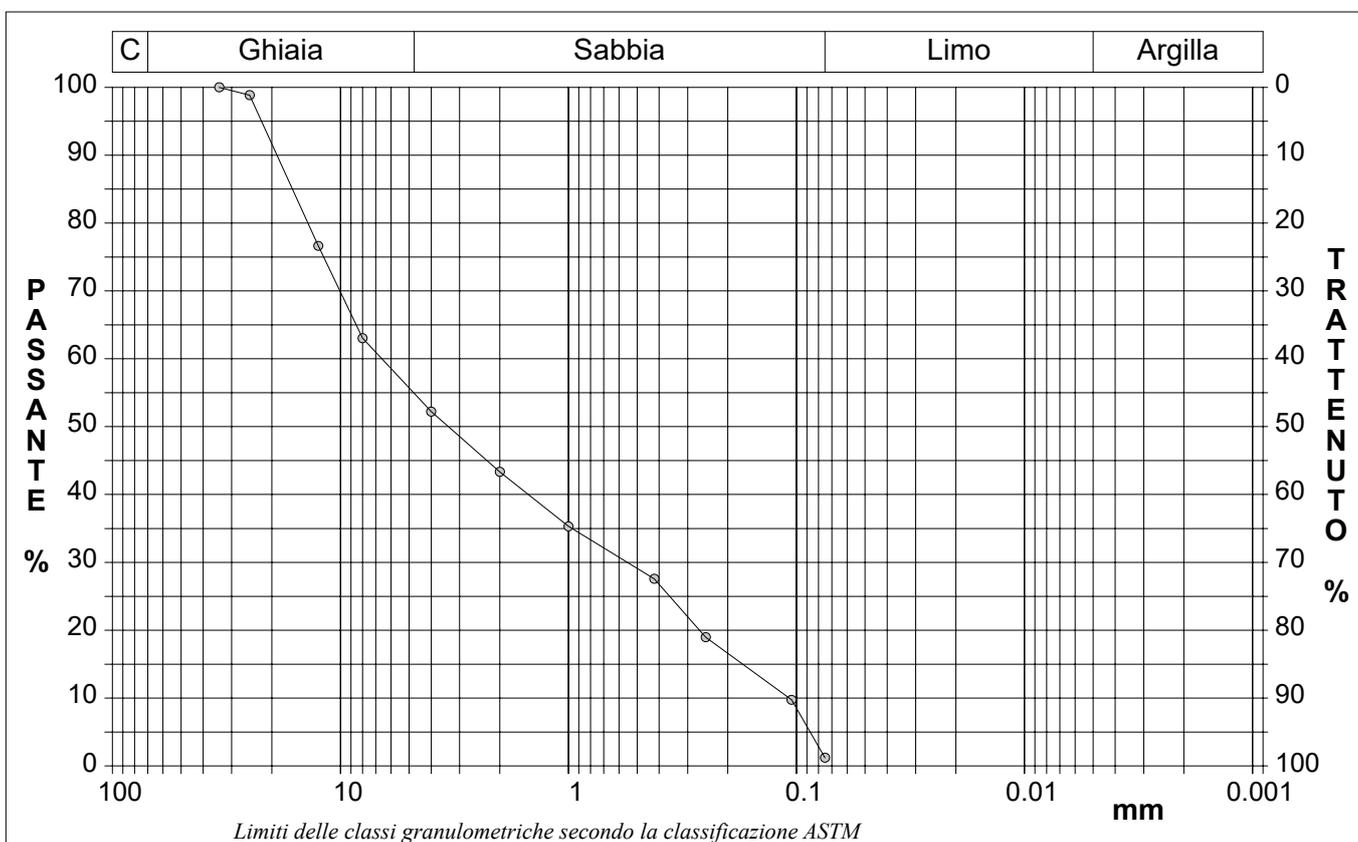
CERTIFICATO DI PROVA N°: 09339	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 30/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: 6 PROFONDITA': m 18,00 - 18,50

ANALISI GRANULOMETRICA

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

Ghiaia	45,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	43,3 %	D10	0,10757 mm
Sabbia	53,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	27,6 %	D30	0,55101 mm
Limo-Argilla	1,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	1,2 %	D50	3,36359 mm
				D60	6,58510 mm
				D90	18,96341 mm
Coefficiente di uniformità	61,22	Coefficiente di curvatura	0,43		



Diametro mm	Passante %								
34,0000	100,00	2,0000	43,34	0,0750	1,22				
25,0000	98,85	1,0000	35,32						
12,5000	76,65	0,4200	27,58						
8,0000	63,04	0,2500	18,98						
4,0000	52,22	0,1050	9,74						

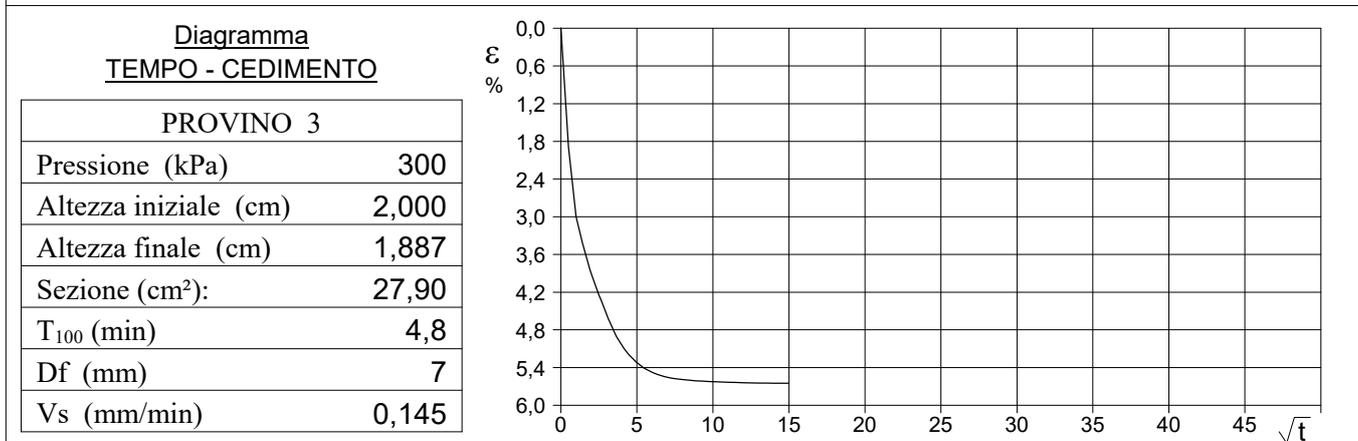
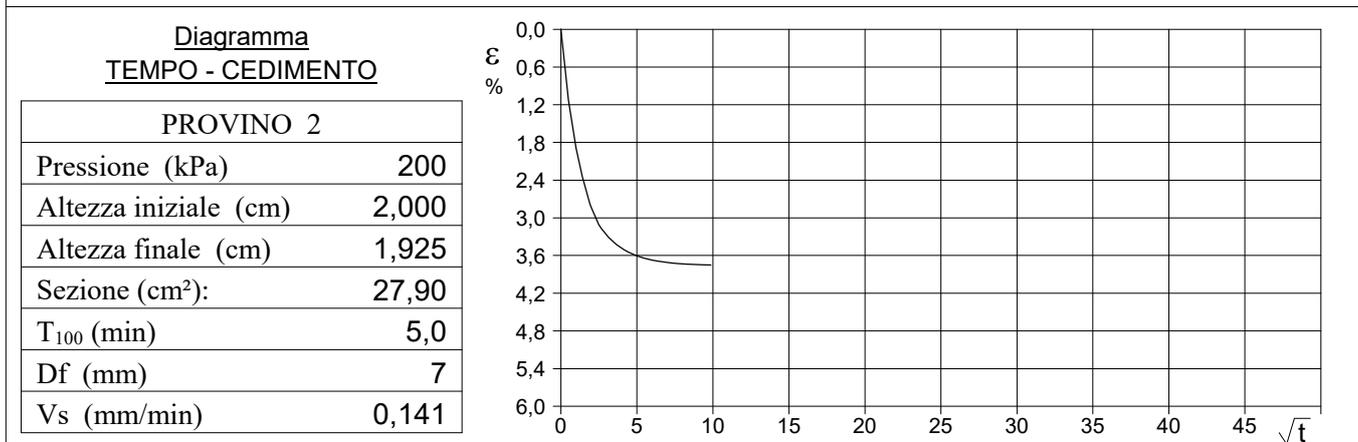
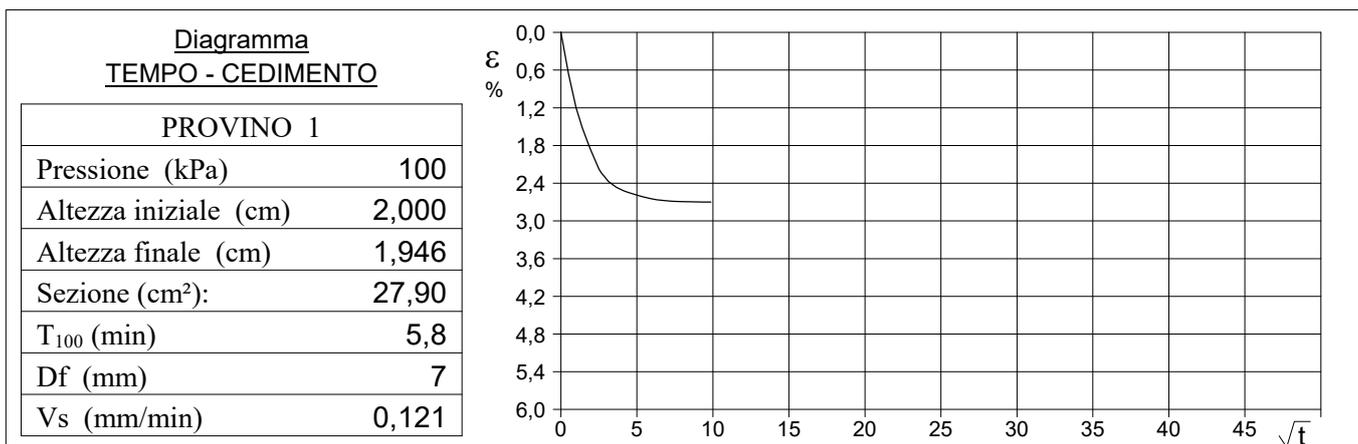
Analisi granulometrica per via umida.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 09340	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 06/09/21	Inizio analisi: 26/08/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23620116-8 del 02/08/21		Apertura campione: 26/08/21	Fine analisi: 31/08/21

COMMITTENTE: NORD_ING S.r.l.			
RIFERIMENTO: ROVATO (BS)			
SONDAGGIO: S4	CAMPIONE: 6	PROFONDITA': m 18,00 - 18,50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-03



Vs = Velocità stimata di prova	Df = Deformazione a rottura stimata	$tf = 10 \times T_{100}$	Vs = Df / tf
--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------