



*Sito impiantistico
Galliera (BO)*

Valutazione di Impatto Ambientale

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

Ottimizzazione di utilizzo del sito impiantistico
esistente attraverso il ridimensionamento dell'area
dedicata al servizio di deposito finale dei rifiuti

ELABORATO 03
Relazione Geotecnica

Approvato	E. Zamagni		
Controllato	L. Savigni F. Crociati		
Redatto	P. Parla		
Rev.	00	Data	30/04/2025
Cod. Doc.	DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Pagine	1 di 59



SOMMARIO

A	OGGETTO E SCOPO	5
B	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
B.1	DOCUMENTI DI PROGETTO	6
B.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
B.3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	7
C	INQUADRAMENTO DEL SITO E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	10
C.1	UBICAZIONE DEL SITO	10
C.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	11
C.3	INTERVENTI IN PROGETTO.....	12
D	STABILITÀ DEL TERRITORIO	14
D.1	STABILITÀ DEL TERRITORIO IN CONDIZIONI STATICHE	14
D.2	STABILITÀ DEL TERRITORIO IN CONDIZIONI SISMICHE	15
E	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI E DELLE PROVE ESEGUITE	16
F	MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	18
F.1	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI	18
F.1.1	<i>Proprietà indici e caratteristiche fisiche</i>	<i>18</i>
F.1.2	<i>Storia tensionale</i>	<i>19</i>
F.1.3	<i>Parametri di resistenza a taglio</i>	<i>19</i>
F.1.4	<i>Parametri di deformabilità</i>	<i>19</i>

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	2 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F.1.4.1	Modulo edometrico.....	21
F.2	MODELLO GEOTECNICO DEL SITO	22
F.2.1	Stratigrafia di progetto.....	22
F.2.2	Valutazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.....	24
F.2.2.1	Terreni a grana grossa	24
F.2.2.2	Terreni a grana fine.....	29
F.2.3	Falda di progetto	34
F.2.4	Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti.....	34
F.2.5	Modello geotecnico di riferimento.....	35
F.3	VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO	35
G	PROGETTAZIONE GEOTECNICA AGLI STATI LIMITE	37
G.1	IDENTIFICAZIONE DEGLI STATI LIMITE E METODI DI ANALISI.....	38
G.1.1	Stati Limite Ultimi per fondazioni superficiali (SLU-GEO).....	38
G.1.2	Stati Limite Ultimi di opere di materiali sciolti e fronti di scavo	41
H	VALUTAZIONI DI SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI	42
H.1	VALUTAZIONI DI STATI LIMITE ULTIMI	42
H.2	VALUTAZIONI DI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	42
H.3	VALUTAZIONI DI STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	45
H.3.1	Metodologia di calcolo	45
H.3.2	Stima del coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione.....	48
H.3.2.1	Espressione del coefficiente di sicurezza.....	48
H.3.2.2	Dati in ingresso per la stima di CSR e CRR	49

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	3 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

<i>H.3.3</i>	<i>Valutazione dei risultati</i>	50
--------------	----------------------------------	----

I	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI FINALI	55
----------	---	-----------

ALLEGATI

ALLEGATO 1 Grafici di sintesi delle prove CPTU

ALLEGATO 2 Report sulle prove di laboratorio

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	4 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A OGGETTO E SCOPO

Il documento presente, redatto ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti (D.M. 14/01/2018; di seguito NTC2018), costituisce la Relazione geotecnica del Progetto degli interventi finalizzati all'ottimizzazione di utilizzo del sito impiantistico ubicato nel Comune di Galliera (BO), in via San Francesco.

L'ottimizzazione di utilizzo prevede il ridimensionamento dell'area dedicata al servizio di deposito finale dei rifiuti all'interno del Sito di proprietà di HERAmbiente, mediante la realizzazione di un II stralcio, in prossimità alla discarica esistente attualmente in gestione post - operativa ma separato da questo dalla strada di accesso.

Scopo del documento è ricavare il modello geotecnico di riferimento e individuare gli stati limite da considerare per eseguire le verifiche geotecniche e le verifiche delle strutture ai sensi delle NTC 2018.

Nel corso della relazione saranno quindi affrontate le tematiche seguenti, connesse con l'esecuzione degli interventi in progetto:

- descrizione del sito, delle opere e degli interventi;
- valutazione della pericolosità ambientale (stabilità del territorio in condizioni statiche e sismiche);
- problematiche geotecniche e scelte tipologiche;
- descrizione delle indagini e delle prove geotecniche eseguite;
- caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici;
- modello geotecnico del sottosuolo;
- identificazione degli stati limite per le opere in progetto, metodi di analisi e verifiche di sicurezza e delle prestazioni;
- eventuali indicazioni sulle modalità costruttive e raccomandazioni finali.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	5 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

B.1 DOCUMENTI DI PROGETTO

La stesura della relazione presente è redatta alla luce dei documenti di progetto, in particolare:

- DS03BOSM01D1RT01.00 Relazione tecnica generale
- DS03BOSM01D1RG02.00 Relazione geologica
- Elaborati grafici degli interventi in progetto

Sono stati inoltre consultati i documenti relativi al progetto definitivo della discarica esistente, in particolare la Relazione geotecnica (1999), e del progetto definitivo di sopraelevazione, in particolare la Relazione geologica (2013).

B.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è redatta in conformità alle prescrizioni ed indicazioni contenute nelle leggi vigenti che disciplinano la progettazione e l'esecuzione di opere geotecniche e che riguardano la protezione dal rischio sismico di seguito elencate:

- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (D.M. 17 gennaio 2018, pubblicato sul S.O. alla “Gazzetta Ufficiale” n. 42 del 2 febbraio 2018 – Serie generale);
- Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., pubblicata sul S.O. alla “Gazzetta Ufficiale” n. 35 del 11 febbraio 2019 – Serie generale);

Il D.M. 17 gennaio 2018 sarà richiamato nel seguito come NTC2018.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione delle norme precedenti e per quanto con esse non in contrasto, sono state prese a riferimento le indicazioni contenute nelle seguenti norme e raccomandazioni:

- Eurocodice 7 UNI EN 1997-1 (“Progettazione geotecnica Parte 1: Regole generali”;
- Eurocodice 8 UNI EN 1998-5 (“Progettazione delle strutture per la resistenza sismica geotecnica Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”).

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	6 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Atkinson, J.H. (2000). "Non-linear soil stiffness in routine design." *Géotechnique* 50(5), pp 487-508

Bowles, J.E. (1987). "Elastic foundation settlements on sand deposits." *Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 113(8), pp 846-860

Brinch Hansen J, (1970). "A revised and extended formula for bearing capacity". Danish Geotechnical Institute, Bull. 11

Hynes, M.E., e Olsen, R.S. (1999). "Influence of confining stress on liquefaction resistance". *Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction*, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152

Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K., Yasuda, S. (1978). "A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various site in Japan." *Proc. 2nd Intern. Conf. on Microzonation*, San Francisco, pp. 885-896.

Jamiolkowski, M., Lo Presti, D.C.F. e Manassero, M. (2001). "Evaluation of relative density and shear strength of sands from Cone Penetration Test and Flat Dilatometer Test." *Soil Behavior and soft ground construction (GPS119)*, ASCE, Reston, Virginia, pp. 201-238

Kulhawy, F.H. e Mayne, P.W. (1990). "Manual on estimating soil properties for foundation design". EL-6800 Research Project 1493-6, Cornell University, Ithaca, New York

Koutsoftas, D.C. e Ladd, C.C. (1985). "Design strength of an offshore clay." *JGED*, ASCE, n. 3, pp. 337-355

Lai, G.C., Foti, S. e Rota, M. (2009). "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione". IUSS Press

Lunne, T. e Christophersen, H.P. (1983). "Interpretation of cone penetrometer data for offshore sands". *Proceedings of the Offshore Technology Conference*, Richardson, Texas, Paper No. 4464.

Lunne, T., Robertson, P.K. e Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in geotechnical practice." Chapman & Hall

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	7 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Mayne, P.W. (2007). "Cone Penetration Testing: a synthesis of highway practice." NHRPC Synthesis Report 368. Transportation Research Board, Washington D.C.

Meyerhof, G.G. (1951). "The ultimate bearing capacity of foundations". Geotechnique, vol. 2, n. 4, pp. 301-331

Meyerhof, G.G. (1963). "Some recent research on the bearing capacity of foundations". Canadian Geotechnical Journal, vol. 1, n. 1, pp. 16-26

Olsen, R.S. (1997). "Cyclic liquefaction based on the cone penetration test". Proceedings of the "NCEER Workshop on evaluation of liquefaction resistance of soils", National Centre for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, pp. 225-276

Poulos, H.G e Davis, E.H (1974). "Elastic solutions for soils and rock mechanics". John Wiley & Sons

Robertson, P.K. e Wride, C.E. (1998). "Evaluating cyclic liquefaction potential using the Cone Penetration Test." Canadian Geotechnical Journal, Vol. 35, No. 3, pp. 442-459

Seed, H.B. e Idriss, I.M. (1971). "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential". Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273

Seed, H.B. e Idriss, I.M. (1982). "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes". Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA

Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., e Chung, L.M. (1985). "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations". Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445

Skempton, A.W. (1957). Discussion: "The planning and design of New Hong Kong airport". Proc. Inst. Civil Eng., vol. 7, pp. 305-307

Somnez, H. (2003). "Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegol-Turkey)". Environmental Geology 44(7):862-871.

Terzaghi, K. (1943a). "Theoretical Soil Mechanics". John Wiley & Sons, New York

Terzaghi, K. (1943b). "Evaluation of coefficient of subgrade reactions". Geotechnique, vol. 5, n. 4, pp. 297-326

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	8 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001). "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	9 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

C INQUADRAMENTO DEL SITO E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

C.1 UBICAZIONE DEL SITO

Lo stralcio in progetto sarà realizzato nel sito di Galliera (BO). Il sito, di proprietà di HERAmbiente, attualmente ospita un primo stralcio discarica in fase di gestione post operativa ed è ubicato in prossimità al limite est del confine comunale, nelle vicinanze del tronco autostradale dell'A13 che collega Bologna a Ferrara (Figura C-1 e Figura C-2).

Al sito si accede dalla via S. Francesco, che, oltre a costituire via di accesso alla discarica in gestione post – operativa, separerà fisicamente lo stralcio in progetto (ampliamento) da quello esistente. Via San Francesco è facilmente raggiungibile mediante l'A13:

- da Bologna, utilizzando l'uscita di Altedo, percorrendo la SP21 e poi la via Ca' Bianca; dopo aver attraversato l'abitato di Ponticelli si svolta sulla SP12 fino ad incrociare la via S. Vincenzo;
- da Ferrara Sud, con lo stesso percorso.

In alternativa, da Ferrara, per raggiungere il sito si può utilizzare la viabilità locale (arrivando da est: SS273 – SS64 – SP12; arrivando da ovest: SP70 – SP25 – SP4 – SP12).

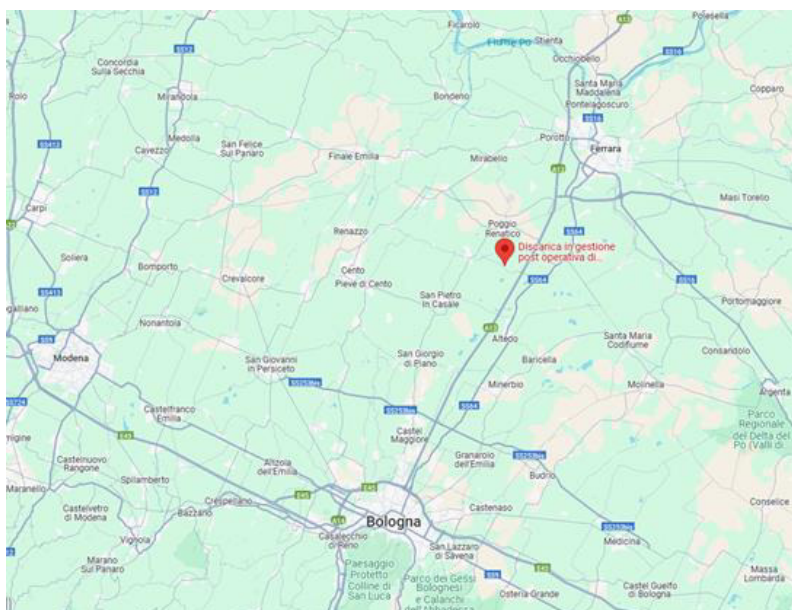


Figura C-1 Ubicazione del sito (Fonte: Google Maps)

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	10 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

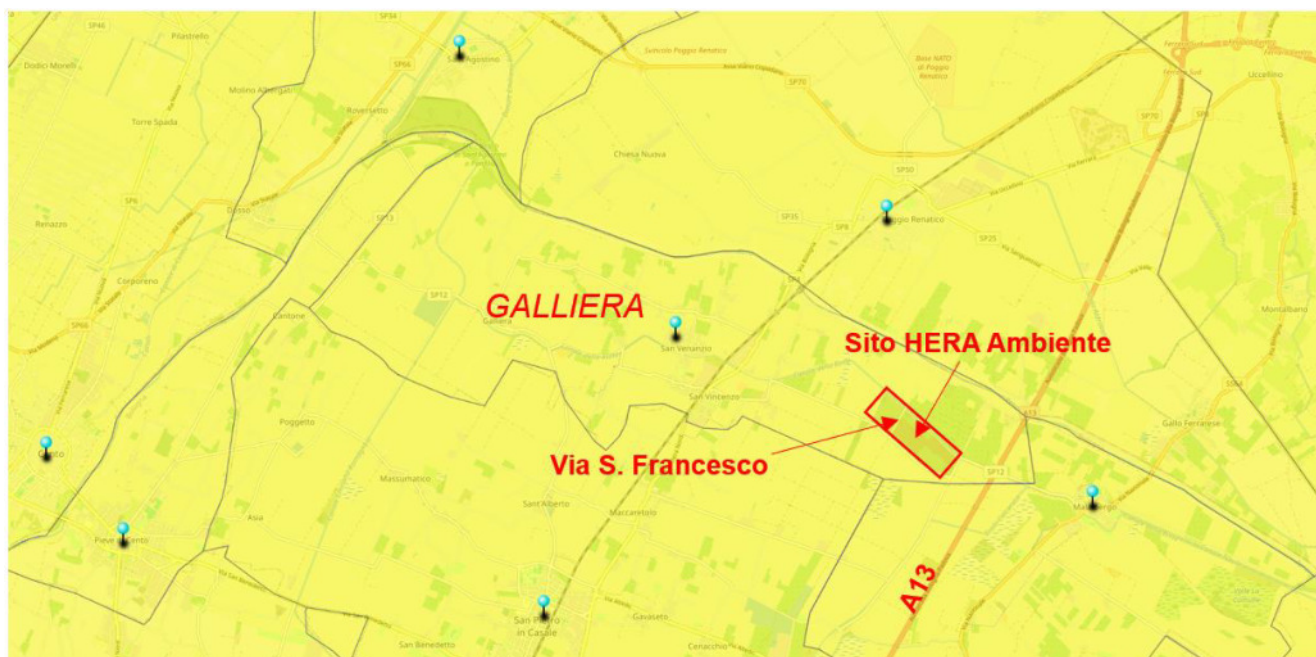


Figura C-2 Posizione del sito nell'ambito del territorio comunale (Fonte: OpenStreetMap)

C.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il sito in oggetto si colloca in una porzione sud orientale della Pianura Padana, che costituisce un ampio bacino d'avanzfossa originatosi in seguito al sollevamento della catena appenninica e al conseguente riempimento del golfo padano, che progressivamente si è trasformato in una pianura alluvionale per l'accumulo di sedimenti fluviali e fluvio – glaciali provenienti dalle catene montuose circostanti (alpina a nord e appenninica a sud).

I depositi recenti di età plio-quadernaria, che rappresentano la parte superficiale della Pianura Padana, si sono formati con velocità di sedimentazione relativamente elevata e possono essere distinti in tre ambiti:

- una zona sud-alpina;
- una zona mediana, caratterizzata da depositi prevalentemente sabbiosi e argillosi;
- una zona nord-appenninica.

Nell'area di interesse, i depositi hanno spessori molto significativi, dell'ordine di 150÷200 m e oltre, e poggiano su un substrato formato da sedimenti marini generalmente limosi e argillosi di ridotta permeabilità.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	11 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

L'area ricade nella fascia di territorio di bassa pianura, caratterizzata dalla presenza di estese superfici depresse, un tempo paludose, chiamate "valli", che venivano frequentemente allagate dalle acque di esondazione dei corsi d'acqua. Proprio in una di esse, la valle di Galliera, bonificata all'inizio del ventesimo secolo, è insediata la discarica in oggetto.

Nella bassa pianura, negli strati più superficiali i materiali a grana grossa sono praticamente assenti; in corrispondenza dei dossi fluviali o dei paleoalvei sepolti si incontrano lenti di sabbie, prevalentemente fini, e di limi sabbiosi. Pertanto, la permeabilità dei materiali non è mai elevata e i ridotti gradienti determinano, nelle acque sotterranee, una lenta circolazione idrica. In superficie sono presenti falde sospese alimentate da corsi d'acqua superficiali o dall'infiltrazione di acque meteoriche e localmente, in corrispondenza delle aree vallive di bonifica recente, si possono riscontrare strati di terreno pressoché saturi.

C.3 INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi in progetto intendono realizzare un nuovo stralcio della discarica conforme al D. Lgs. 36/2003 e s.m.i. in prossimità dello stralcio attualmente in fase di gestione post- operativa e comprendono quindi:

- pulizia della superficie boscata;
- movimenti terra (scotico, sterri e riporti per regolarizzazione dei piani di lavoro);
- formazione di rilevati arginali per il confinamento dell'invaso;
- realizzazione della barriera di protezione del fondo e sulle sponde;
- realizzazione di opere di raccolta, captazione e stoccaggio del percolato;
- realizzazione di opere per la gestione delle acque meteoriche;
- realizzazione del sistema di copertura superficiale finale;
- realizzazione di nuova viabilità o adeguamento della viabilità esistente, compresi gli spazi necessari alle manovre dei mezzi.

La descrizione dettagliata degli interventi sopra elencati è riportata nella Relazione tecnica generale.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	12 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A causa della particolare situazione geologica, geotecnica ed idrogeologica del sito, sintetizzata dal modello geotecnico ricavato in questa sede, come anche esposto nella Relazione tecnica generale, l'invaso sarà realizzato completamente in rilevato.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	13 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

D STABILITÀ DEL TERRITORIO

D.1 STABILITÀ DEL TERRITORIO IN CONDIZIONI STATICHE

Il territorio in cui è ubicato il sito in oggetto è pianeggiante e quindi non interessato da problematiche connesse con instabilità di pendio.

Per quanto riguarda altre problematiche di carattere geotecnico che potrebbero interessare le opere in progetto, è noto che nella pianura emiliana a nord di Bologna si sono manifestati fenomeni di subsidenza di un certo rilievo a partire dagli anni '50 del secolo scorso. Tali fenomeni, che sono stati collegati all'intensificarsi dei prelievi di risorse idriche sotterranee per scopi idropotabili e industriali, sono attualmente in evoluzione, tuttavia con velocità di abbassamento ridotte rispetto al passato. Peraltro, nell'area di interesse ai fini della presente, la subsidenza è meno rilevante, facendo registrare tassi di abbassamento quasi nulli (compresi tra 0 e 2,5 mm/anno o al più tra 2,5 e 5 mm/anno, si veda la Figura D-1), che non hanno alcuna influenza sulle opere in progetto.

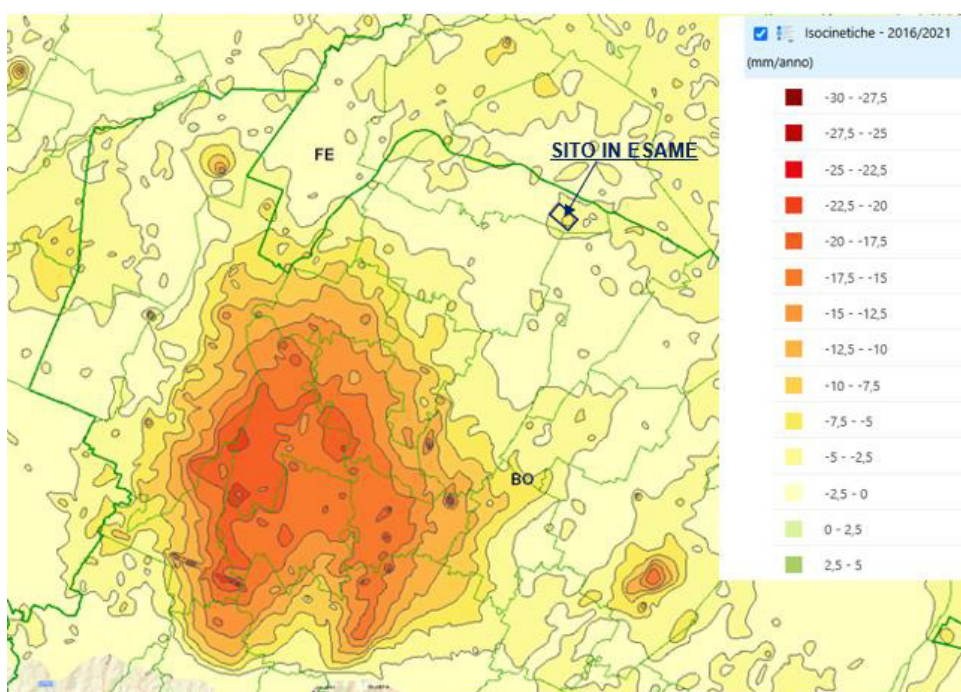


Figura D-1 Stralcio della mappa delle aree con uguale velocità di subsidenza nel periodo 2016/2021 (Fonte: portale cartografico di ARPAE;

<https://servizi-gis.arpae.it/Html5Viewer/index.html?locale=it-IT&viewer&viewer=Geoportal.Geoportal>)

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	14 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

D.2 STABILITÀ DEL TERRITORIO IN CONDIZIONI SISMICHE

La situazione stratigrafica generale, fino alle profondità significative per il possibile verificarsi di fenomeni di liquefazione rilevanti in superficie (da p.c. a 15 m circa), vede una generale prevalenza di materiali a grana fine (limi argillosi, argille limose e argille), che sono tendenzialmente meno suscettibili alla liquefazione rispetto ai depositi sabbiosi.

Data la presenza di strati sabbiosi, sarà comunque valutata nel seguito la suscettibilità del sottosuolo alla liquefazione, con la valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione.

Per quanto riguarda la stabilità dell'abbancamento in condizioni sismiche si rimanda alla Relazione di stabilità globale.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	15 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

E DESCRIZIONE DELLE INDAGINI E DELLE PROVE ESEGUITE

Il nuovo stralcio in progetto sarà realizzato in prossimità dell'area di impianto esistente (attualmente in fase di gestione post operativa), pertanto in un sito già oggetto di campagne di indagini geognostiche in passato, e quindi di caratteristiche geotecniche note. Laddove opportuno o necessario, i risultati di tali prove saranno utilizzati ad integrazione dei risultati della campagna di indagine per il progetto di ampliamento.

La conoscenza di massima del modello geotecnico ha consentito di ottimizzare la campagna di indagini per la progettazione delle nuove opere, che sono consistite nei seguenti sondaggi e prove in sito:

- n. 6 prove CPTU, spinte a profondità variabili da 27 a 40 m circa, nel corso di alcune delle quali sono state eseguite prove di dissipazione;
- n. 2 prove S-CPTU (prove penetrometriche statiche con piezocono sismico per la determinazione delle velocità delle onde sismiche), spinte a profondità di 29 e 40 m circa;
- n. 3 sondaggi spinti a profondità di 30 m circa, necessarie a riscontrare la ricostruzione stratigrafica desumibile dalle prove CPTU e S-CPTU e a prelevare campioni da sottoporre a prove di laboratorio;
- n. 2 stendimenti sismici con esecuzione di prove MASW per la determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{S,eq}$), che, data la profondità del substrato nell'area in esame, è definita dal parametro $V_{S,30}$.

Dai sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati, sui quali sono state eseguite le prove di laboratorio seguenti:

- analisi granulometrica per setacciatura su campioni indisturbati e rimaneggiati;
- analisi granulometrica per sedimentazione su campioni indisturbati e rimaneggiati (per campioni con passante al setaccio n. 200 maggiore del 35%);
- determinazione dei limiti di consistenza su campioni indisturbati e rimaneggiati;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua su campioni indisturbati;
- determinazione del peso di volume naturale su campioni indisturbati;
- prove di compressione edometrica su campioni indisturbati;

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	16 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- prova di compressione triassiale non consolidata non drenata Tx-UU;
- prova di compressione triassiale drenata non consolidata (Tx-CIU) con misurazione delle pressioni su campioni indisturbati;

Le indagini e le prove di laboratorio sono state eseguite dalla ditta GEO GROUP s.r.l. con sede operativa a Castelnuovo Rangone (MO). Il report sulle prove di laboratorio è fornito in Allegato 2 alla presente.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	17 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F MODELLAZIONE GEOTECNICA

F.1 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

I criteri adottati per la stima dei valori caratteristici dei parametri geotecnici si distinguono in relazione alla granulometria prevalente dei terreni a cui devono essere applicati, tenuto conto che:

- in presenza di terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie), ove il campionamento indisturbato risulta di fatto impossibile con le tecniche ordinarie, è necessario fare riferimento ai risultati delle prove in sito (nel caso specifico: CPTU e S-CPTU). I risultati delle analisi granulometriche eseguite sui campioni rimaneggiati sono utilizzati in questo caso per definire le correlazioni da impiegare;
- in presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille), ove sono disponibili campioni indisturbati, si può fare riferimento ai risultati delle prove di laboratorio e/o utilizzare i risultati delle prove di laboratorio per tarare le correlazioni adoperate per l'interpretazione delle prove in sito.

Per quanto riguarda i valori di permeabilità, nei materiali a grana grossa si farà riferimento ai risultati delle analisi granulometriche, nei materiali a grana fine sulla valutazione indiretta, ricavabile dai risultati delle prove edometriche e delle prove di dissipazione.

La tipologia di terreno, e quindi la scelta del criterio da adottare per la stima dei valori caratteristici dei parametri, è individuata dalla descrizione stratigrafica dei sondaggi, dall'esame dei risultati delle prove penetrometriche statiche (CPTU/S-CPTU) e dai risultati delle analisi granulometriche.

F.1.1 Proprietà indici e caratteristiche fisiche

Le proprietà indici sono necessariamente ricavate: nei materiali a grana fine dai risultati delle prove di laboratorio, nei terreni a grana grossa attraverso le correlazioni con i risultati delle prove penetrometriche. In particolare, la densità relativa (D_R) nei materiali a grana grossa sarà ricavata dalle prove CPTU mediante la correlazione proposta da Jamiolkowski et al. (2001):

$$D_R = 100 \cdot [0.268 \cdot \ln((q_t / \sigma_{atm}) / \text{rad} q(\sigma'_{v0} / \sigma_{atm})) - 0.675],$$

dove q_t è la resistenza alla punta, corretta per tenere conto della geometria del cono e della pressione interstiziale, e σ_{atm} è la pressione atmosferica.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	18 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F.1.2 Storia tensionale

Nei terreni a grana fine, oltre che dai risultati delle prove edometriche, la stima del grado di sovraconsolidazione OCR è effettuata mediante la correlazione con i risultati delle prove CPTU riportata in Mayne (2007):

$$\text{OCR} = 0,33 \cdot (q_t - \sigma_v) / \sigma'_v$$

F.1.3 Parametri di resistenza a taglio

Negli strati a grana grossa, per la determinazione del valore dell'angolo di resistenza al taglio di picco si è fatto riferimento alla correlazione con i risultati delle prove CPTU riportata in Mayne (2007):

$$\phi' = 17.6 + 11 \cdot \text{LOG}(q_t / \text{rad} q(\sigma'_{v0} \cdot \sigma_{\text{atm}}))$$

Nei materiali a grana fine, la resistenza non drenata c_u , che alla luce degli interventi in progetto può essere considerato il parametro più significativo ai fini delle verifiche di sicurezza, è valutata sia da prove di laboratorio triassiali non consolidate non drenate (Tx-UU) sia dall'interpretazione delle prove CPTU, mediante la correlazione (Lunne et al, 1997):

$$c_u = (q_t - \sigma_{v0}) / N_{kt}$$

essendo q_t la resistenza alla punta corretta per tenere conto della pressione interstiziale e N_{kt} il fattore del cono, che assume generalmente un valore compreso tra 5 e 21 crescente con l'indice di plasticità del materiale (Aas et al., 1986).

Alternativamente, la resistenza al taglio non drenata può essere valutata con le ben note correlazioni di Skempton (1957), valida per depositi normalconsolidati:

$$s_u / \sigma'_{v0} = (0.11 + 0.0037 \cdot \text{PI})$$

e di Koutsafis e Ladd (1985), valida per depositi sovraconsolidati:

$$s_u / \sigma'_{v0} = (0.22 \pm 0.03) \cdot \text{OCR}^{0.8}$$

F.1.4 Parametri di deformabilità

A meno di adottare modelli costitutivi avanzati, la deformabilità dei materiali può essere definita dai valori dei moduli elastici iniziali (a piccolissime deformazioni) e dalle curve di degrado

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	19 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

del modulo in funzione del livello di deformazione indotto, che presentano la forma tipica mostrata in Figura F-1.

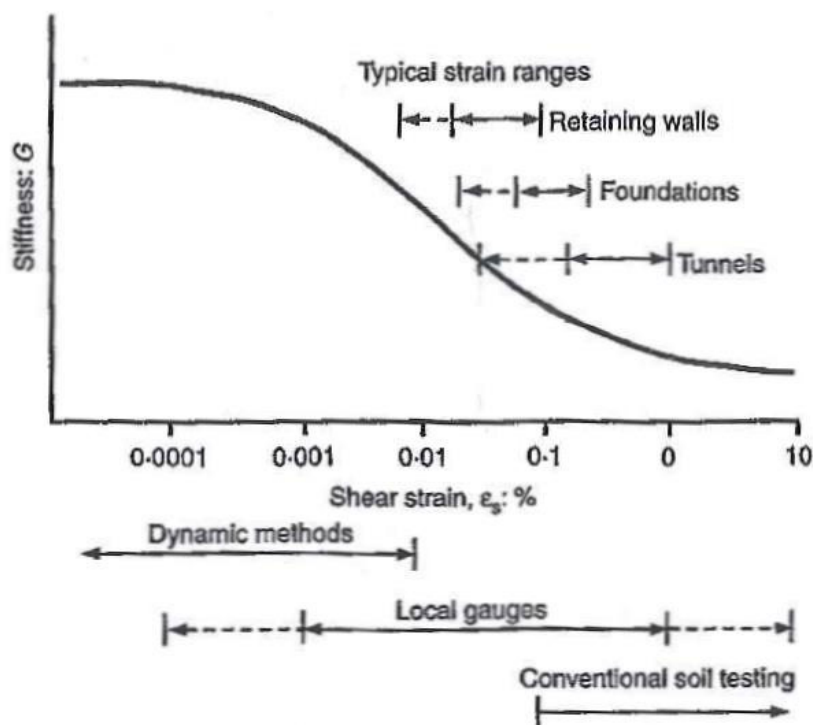


Figura F-1 Livelli deformativi del terreno per diverse opere di ingegneria (da Atkinson, 2000)

Nel caso in cui si faccia ricorso a metodi di calcolo lineari, basati sulla teoria dell'elasticità, i moduli di deformazione "operativi" da associare allo specifico problema al contorno vengono perciò a dipendere dalle effettive deformazioni indotte e/o dal grado di mobilitazione della resistenza al taglio. Il modulo di taglio iniziale (G_0), che per un materiale rappresenta il valore del modulo di taglio nel campo delle piccolissime deformazioni (nell'ordine di $10^{-4}\%$, si veda la **Figura F-1**), può essere stimato a partire dalla misura diretta, mediante prove geofisiche, della velocità delle onde di taglio, V_s .

In campo elastico lineare, infatti, valgono le ben note relazioni:

$$G_0 = V_s^2 \cdot \rho.$$

$$E_0 = 2 \cdot (1 + \nu_0) \cdot G_0;$$

dove G_0 è il modulo di taglio iniziale (a piccole deformazioni), E_0 è il modulo di Young iniziale, ν_0 è il coefficiente di Poisson e ρ è la densità del materiale.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	20 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

I valori dei moduli da utilizzare nelle analisi (moduli operativi) sono ottenuti riducendo il valore del modulo di taglio iniziale in base al livello deformativo atteso.

Dati gli interventi in progetto, anche alla luce del grafico in Figura F-1, si potrà assumere convenzionalmente:

- per fondazioni, superficiali e profonde, $E_{OP} = E_0/5$;
- per rilevati e opere in terra, $E_{OP} = E_0/5$.

F.1.4.1 Modulo edometrico

Gli interventi in progetto sono tali che, in alcuni casi, gli stati limite di esercizio possono essere valutati ricorrendo al modello edometrico, secondo il quale le deformazioni del terreno per effetto dei carichi in superficie avvengono esclusivamente in direzione verticale, senza espansioni o contrazioni orizzontali. In generale, infatti, il rapporto tra l'altezza H degli strati compressibili e l'area B che viene caricata dai materiali di riporto e dai rifiuti è relativamente ridotto.

Il valore del modulo edometrico M è stimato, nei terreni a grana grossa:

- a partire dai risultati delle prove CPTU mediante le espressioni proposte da Lunne e Christophersen (1983) nei terreni normalconsolidati:

$$\begin{array}{ll} M = 4 \cdot q_c & \text{per } q_c < 10 \text{ MPa} \\ M = 2 \cdot q_c + 20 \text{ MPa} & \text{per } 10 \text{ MPa} < q_c < 50 \text{ MPa} \\ M = 120 \text{ MPa} & \text{per } q_c > 50 \text{ MPa} \end{array}$$

e, nei terreni a grana fine:

- mediante prove di compressione edometrica in laboratorio;
- a partire dai risultati delle prove CPTU mediante l'espressione proposta da Kulhawy e Mayne (1990):

$$M = 8,25 \cdot (q_t - \sigma_{v0})$$

dove q_t è il valore della resistenza alla punta corretta per tenere conto della pressione interstiziale e $-\sigma_{v0}$ è la tensione verticale totale.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	21 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SITO

F.2.1 *Stratigrafia di progetto*

La stratigrafia è desunta dalle prove CPTU e SCPTU mediante la procedura descritta in Robertson e Wride (1998), che permette di determinare l'indice del tipo di comportamento del terreno. Tale procedura, già adottata dagli scriventi nell'ambito di altre progettazioni, si è dimostrata molto affidabile per ricostruire la stratigrafia nei depositi alluvionali.

L'interpretazione delle prove con la procedura sopra menzionata mostra come fino a profondità di circa 26 m prevalgono i materiali assimilabili a materiali fini (limi argillosi), con un primo strato o livello a comportamento più sabbioso tra 5,5 e 6,5 m (peraltro, ad esempio, assente nella prova SCPTU2) e un secondo strato a profondità comprese tra 12 e 14 m (Figura F-2).

Lungo l'allineamento in cui sono state eseguite le prove, rappresentativo di una sezione longitudinale del nuovo invaso, la stratigrafia appare discretamente omogenea, con qualche differenza locale nella profondità e nello spessore degli strati a comportamento sabbioso.

Si segnala, localmente, la presenza di livelli di materiale a comportamento torboso.

Alla luce del diagramma in Figura F-2, ai fini progettuali si può assumere la stratigrafia seguente:

- da p.c. a 6 m: limi argillosi intercalati da livelli sabbiosi e torbosi (unità 1);
- da 6 a 12 m: argille intercalate da livelli limosi (unità 2);
- da 12 a 13,5 m: sabbie (unità 3);
- da 13,5 a 26 m: argille intercalate da livelli limosi e sabbiosi (unità 4);
- da 26 a 40 m: alternanza di strati / livelli sabbiosi / limosi / argillosi (unità 5).

Si evidenzia che la distinzione in unità geotecniche, basata essenzialmente sulla risposta ottenuta durante le prove penetrometriche statiche, è finalizzata a modellare il comportamento del terreno per le analisi qui in oggetto e non necessariamente rispecchia le effettive unità deposizionali.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	22 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

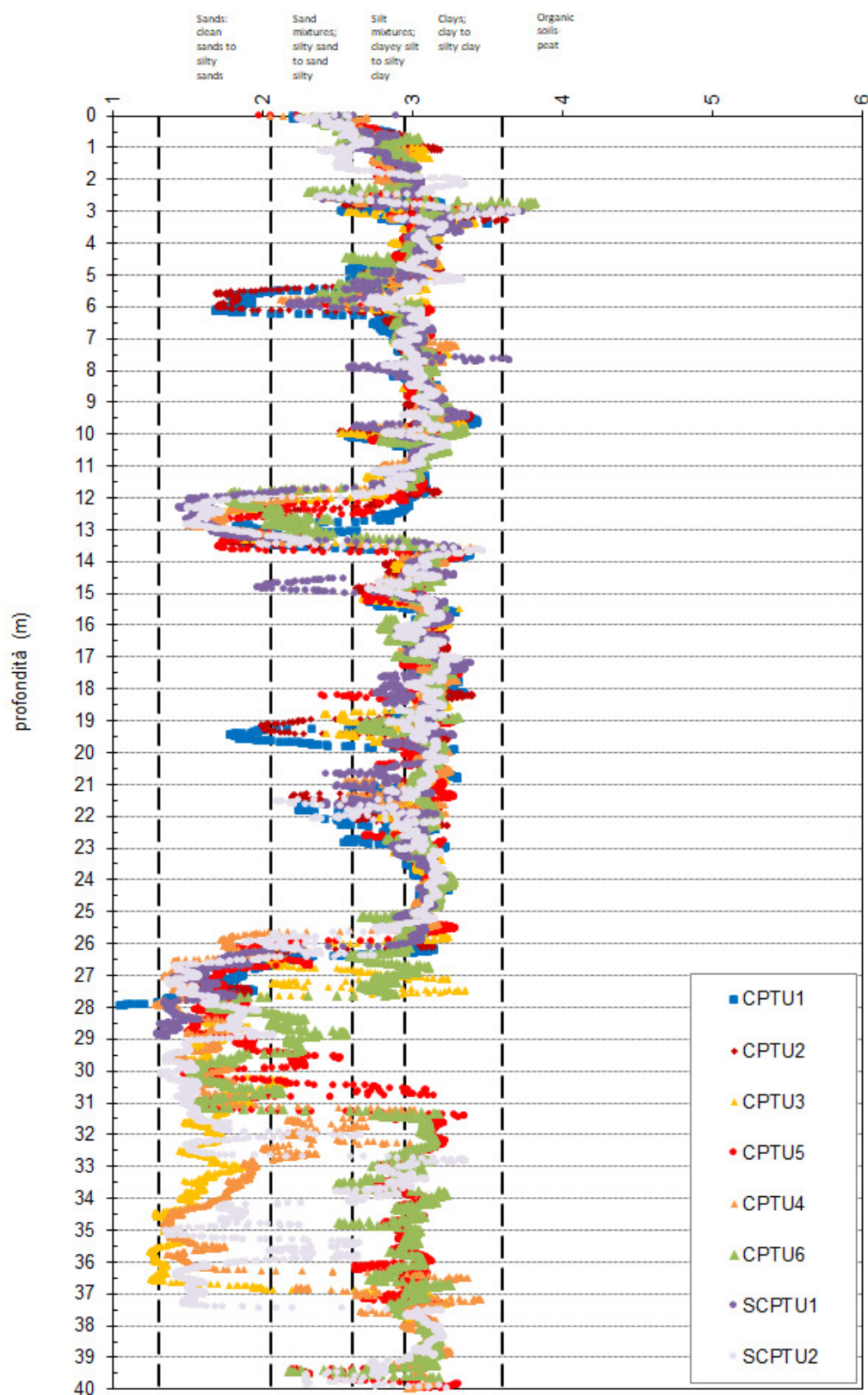


Figura F-2 Indice del tipo di comportamento ricavato con la procedura di Robertson e Wride (1998)

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	23 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F.2.2 Valutazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

F.2.2.1 Terreni a grana grossa

I terreni a grana grossa presenti nei livelli delle unità 1 e 2 appaiono da sciolti a mediamente addensati, così come nei livelli presenti da nell'unità 4; più addensati appaiono i terreni sabbiosi nell'unità 3 e 5.

Considerato che il contenuto d'acqua di tali materiali può essere elevato, prossimo alla saturazione alla luce dei livelli piezometrici dell'area, può attribuirsi ad essi un peso di volume nell'intervallo

$$- \gamma_n = 19 \div 19,5 \text{ kN/m}^3$$

per le unità 3 e 5 e:

$$- \gamma_n = 18,5 \div 19 \text{ kN/m}^3$$

per le altre unità.

In Figura F-3 sono mostrati i valori di densità relativa ricavati dalle prove penetrometriche statiche mediante la correlazione di Jamiolkowski et al. (2001).

Per quanto concerne i valori dei parametri di resistenza a taglio, basandosi sulla correlazione di Mayne (2007) citata al paragrafo F.1.3, si può assumere cautelativamente che vari nell'intervallo:

$$\phi' = 36^\circ - 38^\circ$$

per le unità 3 e 5 e:

$$\phi' = 32^\circ - 34^\circ$$

per le altre unità.

In Figura F-3 sono mostrati i valori dell'angolo di resistenza al taglio ricavati dalle prove penetrometriche statiche mediante la correlazione di Mayne (2007).

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	24 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

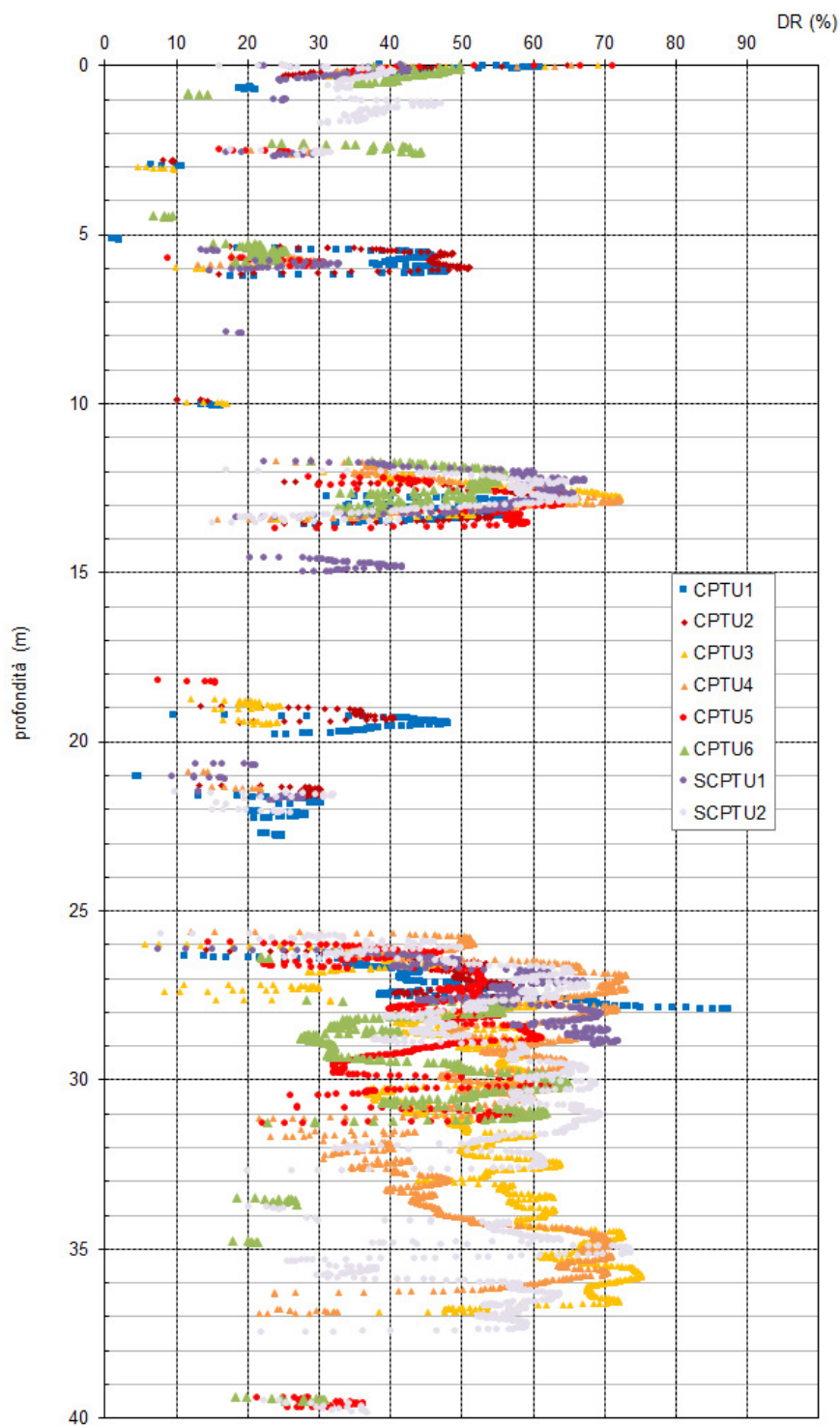


Figura F-3 Valori di densità relativa nei terreni sabbiosi

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	25 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

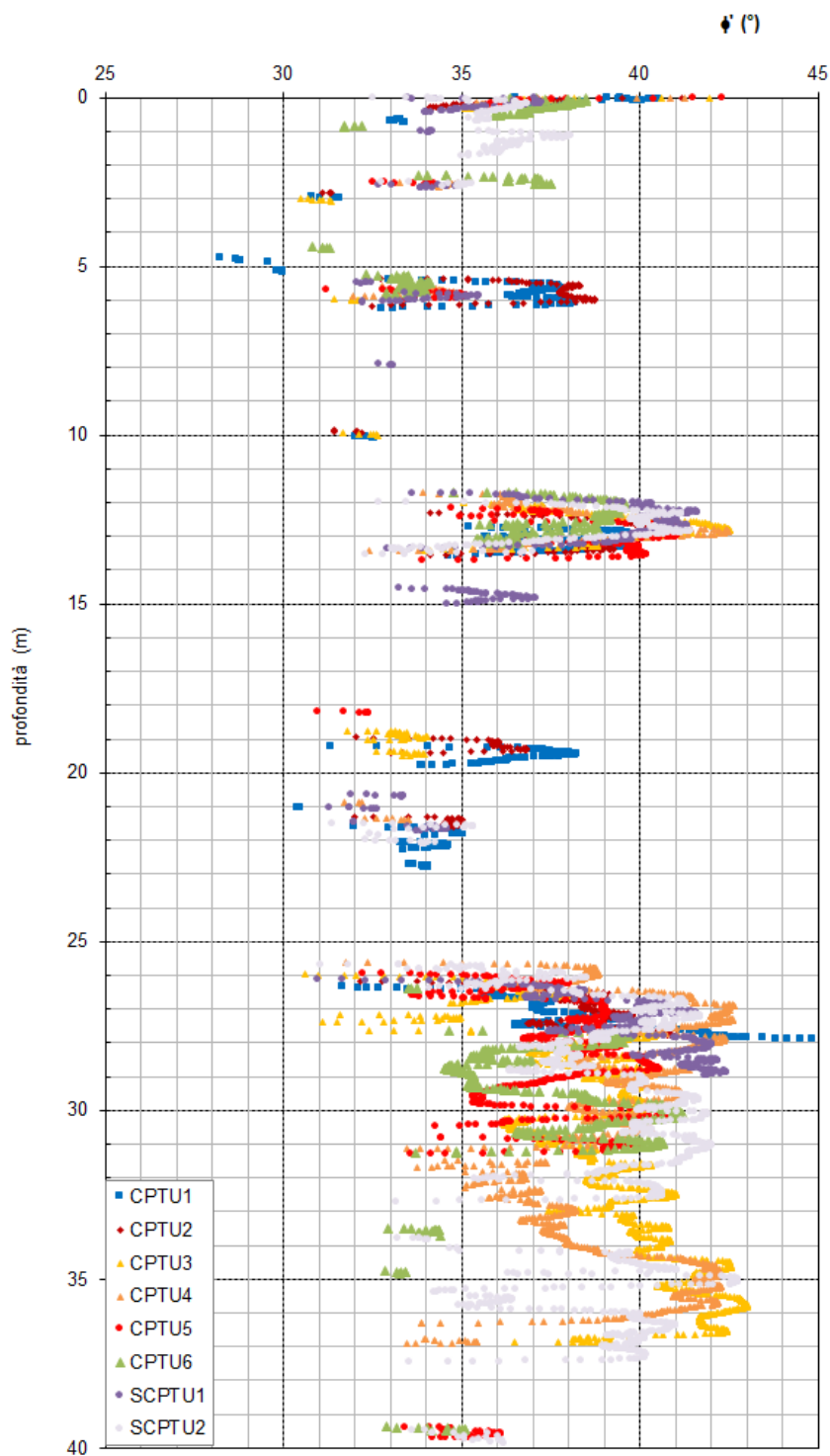


Figura F-4 Valori dell'angolo di resistenza a taglio nei terreni sabbiosi

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	26 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Per quanto riguarda la deformabilità dei materiali, si osserva che:

- i cedimenti di fondazioni superficiali quali ad esempio i plinti dei pozzi del percolato e i bacini di contenimento dei serbatoi di stoccaggio del percolato, sono sostanzialmente governati dalla compressibilità dei materiali a grana fine, date le dimensioni di tali fondazioni rispetto allo spessore delle unità assimilabili a terreni argillosi;
- i cedimenti del nuovo abbancamento, alla luce dell'estensione dell'area di carico e tenuto conto di quanto detto al punto precedente, possono essere modellati con la schematizzazione del cedimento monodimensionale (modello edometrico).

Si riportano alla Figura F-5 seguente i valori del modulo di deformazione operativo ricavati nei livelli / negli strati sabbiosi dalle prove penetrometriche statiche mediante la correlazione di Bowles (1987) citata al par. F.1.4. Per quanto riguarda la deformabilità in condizioni edometriche, si rimanda alla figura mostrata al paragrafo F.2.2.2, che riassume i valori ricavati per tale parametro sia per i materiali a grana fine sia per i materiali a grana grossa.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	27 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

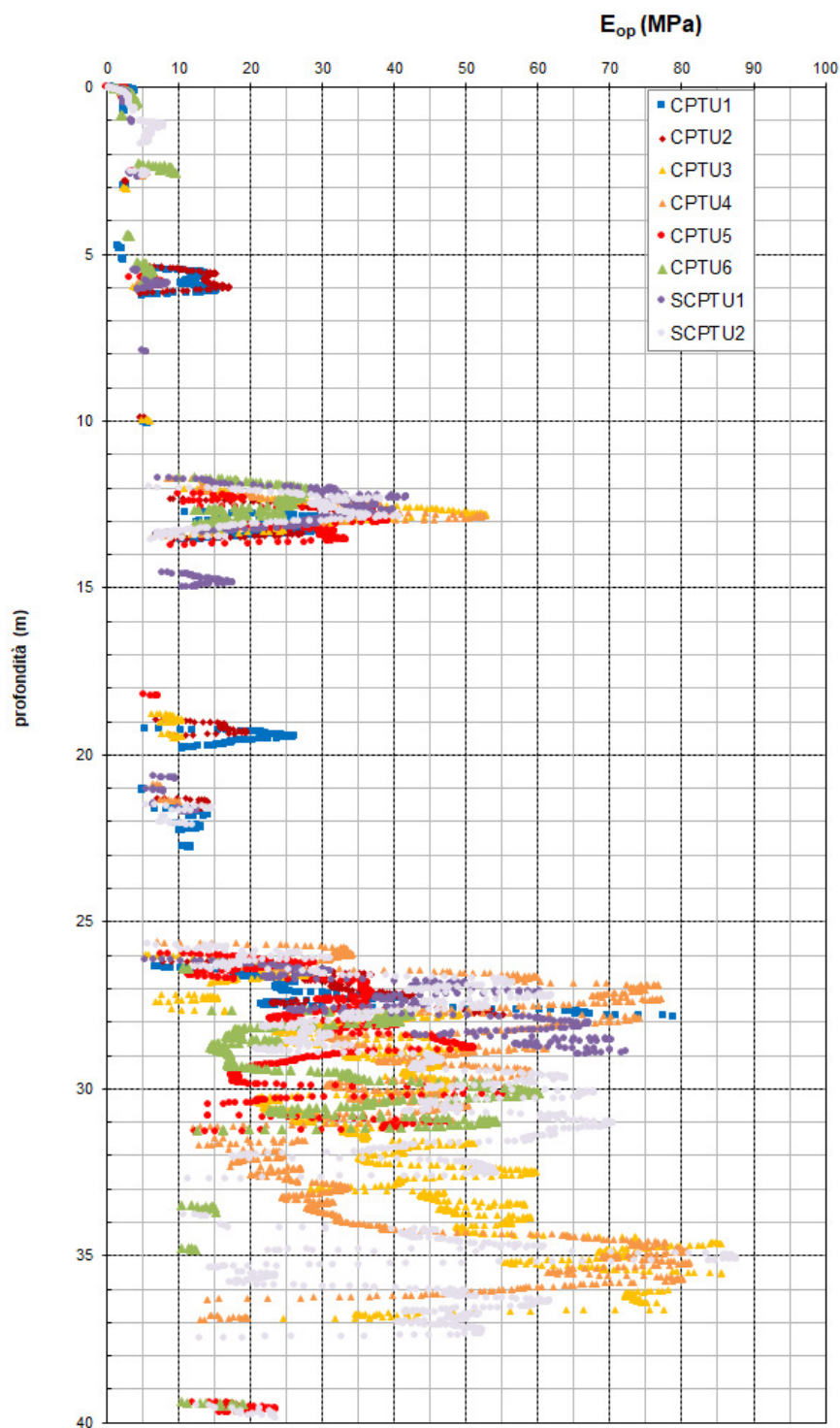


Figura F-5 Valori del modulo di deformazione operativo nei terreni sabbiosi

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	28 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F.2.2.2 Terreni a grana fine

La valutazione dei parametri indice nei materiali fini, che non può essere affidata ai risultati delle prove penetrometriche statiche, può ragionevolmente essere basata sulla caratterizzazione operata per lo stralcio esistente.

L'indice di plasticità ha mostrato un campo di variabilità molto ampio soprattutto negli strati più superficiali, per la presenza di livelli più sabbiosi o, al contrario, più torbosi. In generale, per le valutazioni di interesse, si potrà assumere:

$$IP = 10 \div 30$$

Fatta eccezione per i livelli torbosi, in cui il contenuto d'acqua può superare largamente il 100%, le prove di laboratorio eseguite nell'area della discarica esistente hanno determinato valori del contenuto d'acqua:

$$w = 10 \div 20\%,$$

senza evidenziare una dipendenza dalla profondità di prova.

Sempre con l'eccezione dei livelli torbosi (che presentano valori più bassi, anche inferiori di 10 kN/m³) il peso di volume naturale può essere assunto uguale a:

$$\gamma_n = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

per l'unità 1,

$$\gamma_n = 19,5 \text{ kN/m}^3$$

per le unità 2 e 4, oltre che per gli strati a grana fine nell'unità 5.

Per quanto riguarda il grado di sovraconsolidazione, l'interpretazione delle prove CPTU mostra un profilo decrescente con la profondità, con valori che variano da OCR>20 in prossimità della superficie a valori di OCR compresi tra 1 e 2 nell'unità 4 (Figura F-6). In base alla storia geologica dei depositi indagati, peraltro, è del tutto ragionevole ipotizzare che i valori di sovraconsolidazione così elevati in superficie siano da attribuire a fenomeni di essiccamento o a oscillazioni del livello di falda.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	29 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

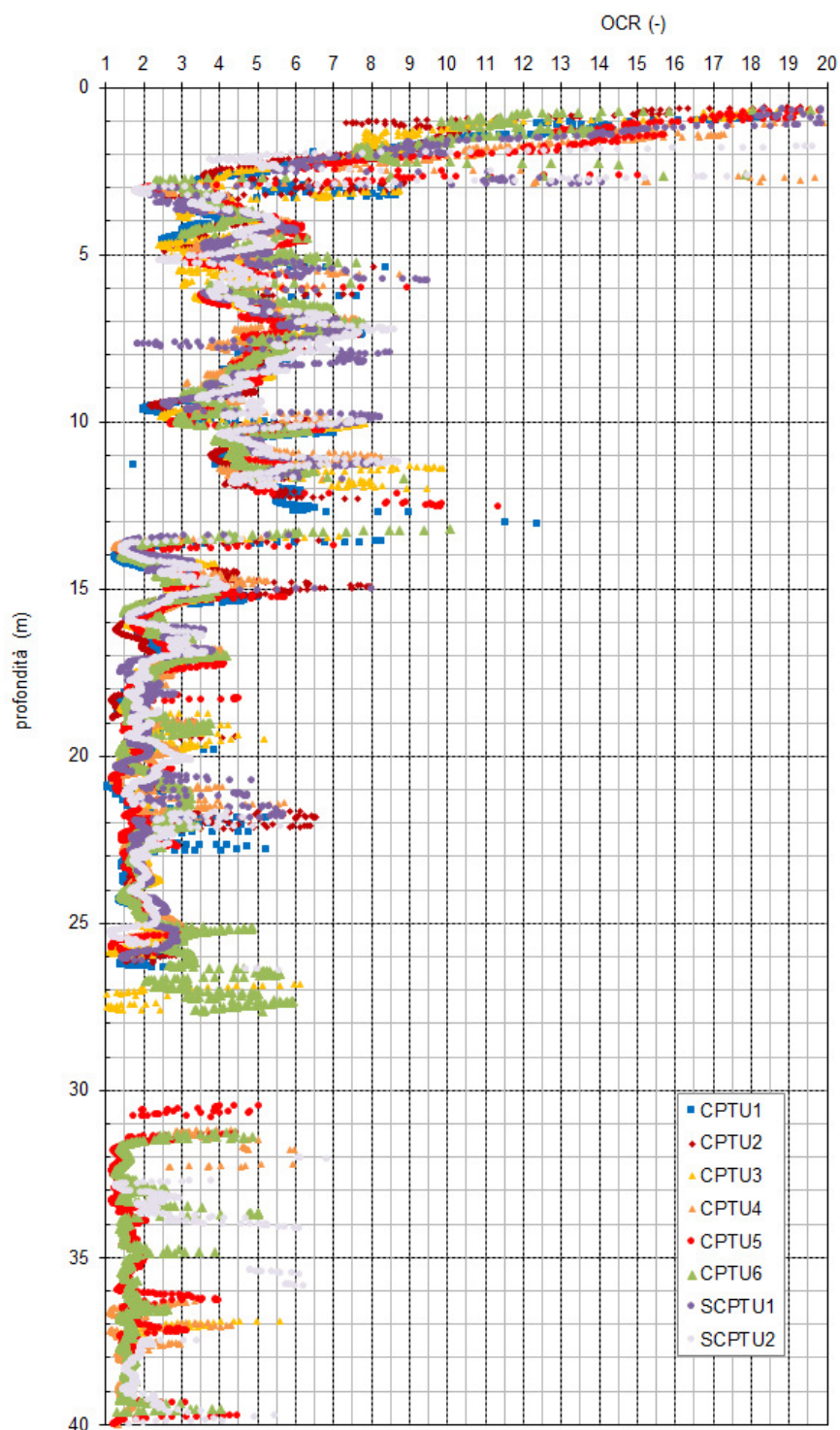


Figura F-6 Variazione del grado di sovraconsolidazione nei terreni a grana fine

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	30 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Gli stati limite di interesse per gli interventi in progetto sono quelli tipici delle fondazioni superficiali, che determinano nei terreni all'interno del volume significativo percorsi tensionali di compressione per carico. Il parametro rappresentativo della resistenza a taglio nei materiali a grana fine è quindi la resistenza a taglio non drenata (c_u), in quanto passando dalle condizioni iniziali (non drenate) a quelle finali (drenate), generalmente si osserva un miglioramento della stabilità dell'insieme opera – terreno.

Il profilo della resistenza a taglio non drenata è mostrato in Figura F-7, dove assieme ai valori di c_u ricavati con prove CPTU ponendo $N_{kt}=15$ (si veda il paragrafo F.1.3), sono rappresentati i profili ricavati con la correlazione di Koutsoftas e Ladd (1985), in cui si è posto $OCR = 4$ nelle unità 2, $OCR = 2$ nell'unità 4 e $OCR = 1,5$ per gli strati a grana fine nell'unità 5. Si ricavano, in tutte le unità rappresentabili come terreni coesivi, valori di c_u variabili con la profondità, tipici dei terreni normalconsolidati o debolmente sovraconsolidati e compresi tra 50 e 110 kPa. La correlazione menzionata è suggerita dagli autori per valutare la “resistenza operativa” in sito da utilizzare per analisi di stabilità in argille non fortemente sovraconsolidate ($OCR < 10$).

Per quanto riguarda la deformabilità, si è già accennato al fatto che i cedimenti del nuovo abbancamento possono essere ragionevolmente valutati mediante il modello edometrico. Per tali valutazioni, il parametro di deformabilità di interesse è il modulo edometrico, ricavabile dalle prove CPTU con le correlazioni introdotte al par. F.1.4.1.

In Figura F-8 è mostrato il profilo del modulo edometrico ottenuto, confrontato con il profilo che può essere assunto per le valutazioni di progetto.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	31 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

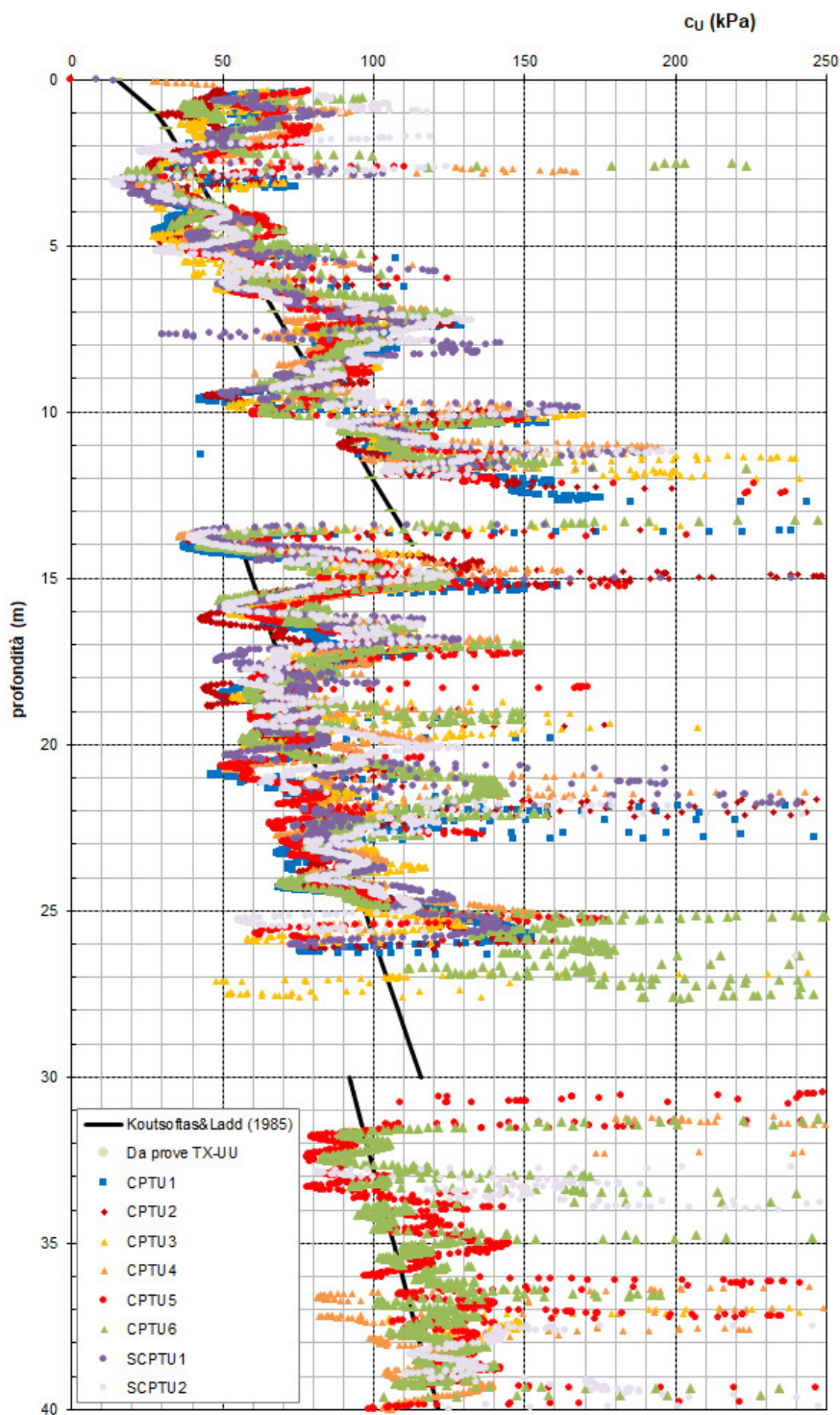


Figura F-7 Profilo della resistenza a taglio non drenata nei terreni a grana fine

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	32 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

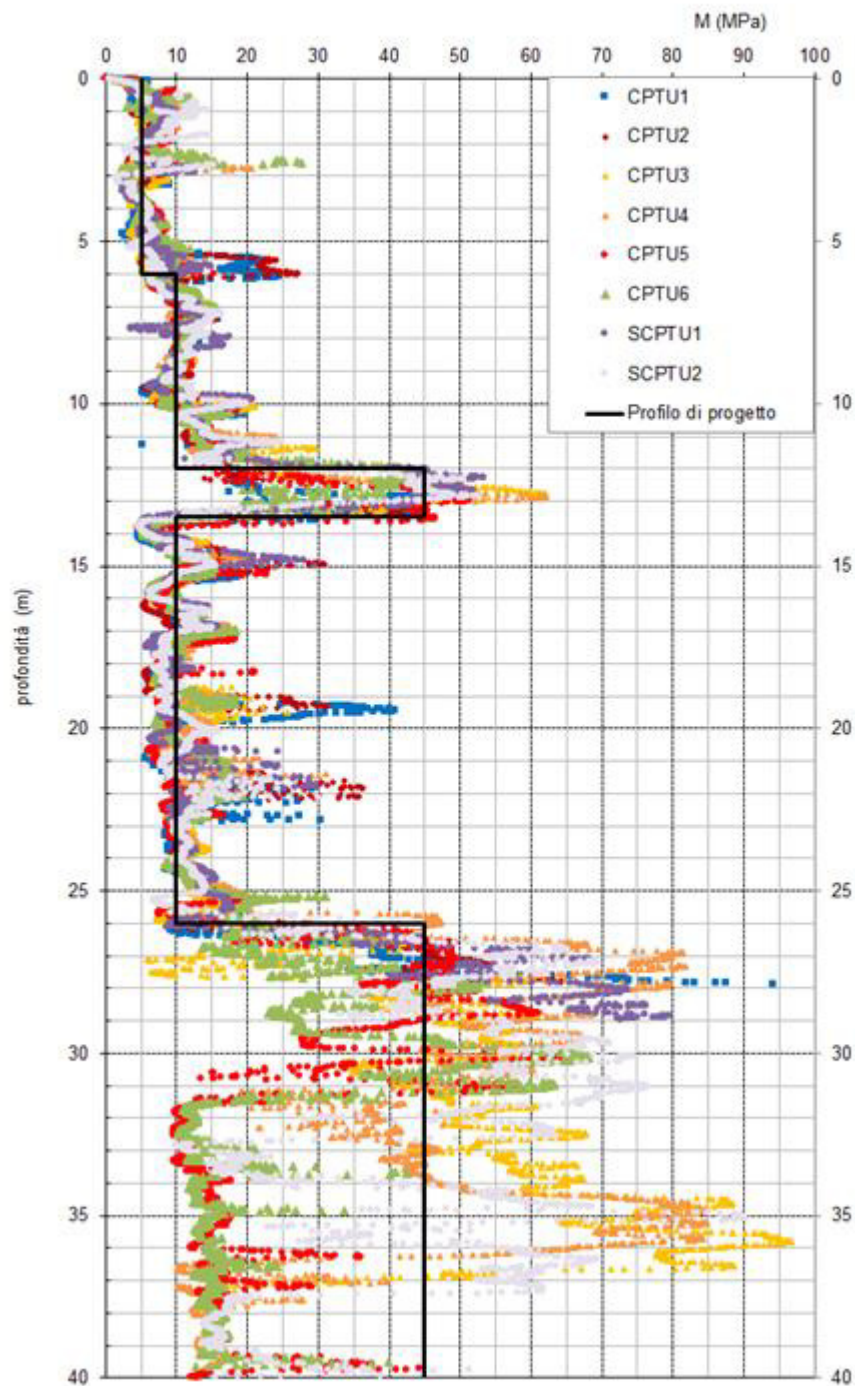


Figura F-8 Profilo del modulo edometrico ricavato dalle prove CPTU

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	33 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F.2.3 Falda di progetto

Come riportato nella Relazione geologica di progetto, la rete di monitoraggio piezometrico presente nel sito individua due livelli piezometrici distinti, uno attinente agli strati a ridotta permeabilità e l'altro all'acquifero confinato, costituito dalle sabbie che si incontrano a profondità >10 m (unità 3).

Il primo livello piezometrico non è rappresentativo di una falda, bensì di strati o livelli saturi presenti negli strati più superficiali, a permeabilità ridotta; le acque che determinano tali piezometrie sono sostanzialmente acque di ritenzione che non sono in comunicazione fra loro e, successivamente alle operazioni di spurgo, la ricarica avviene molto lentamente.

Il secondo livello piezometrico, rappresentativo di una falda, presenta una soggiacenza tipica compresa tra 1,1 e 2 m.

Coerentemente con le assunzioni di progetto dello stralcio esistente, ai fini progettuali si porrà che la soggiacenza della falda sia a 0,5 m.

F.2.4 Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti

Allo stato attuale, le tipologie di rifiuti che saranno conferiti nell'abbancamento in progetto è previsto che siano costituite da:

- rifiuti inertizzati 50%;
- terre da bonifiche e scorie 30%;
- fanghi da trattamento 20%.

La caratterizzazione delle diverse tipologie di materiali può basarsi su alcune prove di laboratorio eseguite per conto di Herambiente S.p.A. o sull'esperienza con materiali assimilabili, conferiti in altri impianti della Società.

Tenuto conto della composizione percentuale attesa, all'abbancamento possono attribuirsi i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici, da impiegare per le analisi di stabilità:

$\gamma = 17-18 \text{ kN/m}^3$ (peso di volume naturale);

$\phi' = 26,1^\circ$ (angolo di resistenza a taglio);

$c' = 10,6$ (coesione efficace).

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	34 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

F.2.5 Modello geotecnico di riferimento

Alla luce degli stati limite da valutare ai fini progettuali (capacità portante di fondazioni superficiali e profonde, stima dei cedimenti, analisi di stabilità), il modello geotecnico di riferimento è sintetizzato nella Tabella F.1 seguente.

Tabella F.1 Stratigrafia e parametri di progetto

Unità	Profondità	γ_{nat} (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kN/m ²)	c_u (kN/m ²)	M (MN/m ²)
1	0 - 6	18,5	-	-	30-60	5
2	6 - 12	19,5	-		60-100	10
3	12 - 13,5	19	37	0	0	45
4	13,5 - 26	19,5	-		55-100	10
5	26 - 40	19,5	37	0	90-120(*)	45

(*) applicabile a strati / livelli a grana fine presenti nell'unità

La soggiacenza della falda è posta a 0,5 m dal p.c.

F.3 VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

Nel calcolo delle fondazioni, l'interazione terreno-struttura può essere modellata in maniera semplificata adottando il ben noto modello di Winkler. Il modello assume che tra la pressione (p) in un punto della superficie e il corrispondente cedimento (w) esiste una proporzionalità diretta esprimibile mediante il coefficiente $k_s = p/w$, che viene comunemente chiamato "coefficiente di sottofondo" o "coefficiente di Winkler" e che, nel modello, diventa una caratteristica del terreno. L'interazione tra fondazione e terreno è quindi ricondotta a quella di una trave (o piastra) che poggia su un letto di molle elastiche, indipendenti tra loro, di rigidezza costante k_s .

Il modello si caratterizza per il fatto che il cedimento resta localizzato al di sotto dell'impronta della fondazione e che il suo valore, una volta che sia assegnato quello di k_s , non dipende dalle dimensioni in pianta della fondazione. Nonostante tali ipotesi non siano realistiche, il modello ha il

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	35 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

pregio di essere molto semplice e di fornire valori di sollecitazioni che sono poco sensibili al variare di k_s in un intervallo molto ampio.

Una stima del coefficiente di sottofondo da impiegare per le valutazioni di progetto, date le caratteristiche del sottosuolo nel sito in esame e per assegnate dimensioni delle fondazioni, può essere basata sulle raccomandazioni di Terzaghi (1943b) relative a terreni coesivi sovraconsolidati. In particolare, in argille caratterizzate da valori di c_u compresi nell'intervallo $50 \div 100 \text{ kN/m}^2$ (intervallo di valori all'interno del volume significativo), si può assumere:

$$k_1 = 20 \text{ N/cm}^3 = 20'000 \text{ kN/m}^3.$$

Poiché tale valore è desunto da prove di carico su piastra, le cui dimensioni standard ($b = 30 \text{ cm}$) sono di un ordine di grandezza inferiori rispetto alle dimensioni delle fondazioni reali (B), occorre riportare tale valore a quello della fondazione reale mediante l'espressione:

$$k_s = k_1 \cdot b / (1,5 \cdot B).$$

In pratica, si potrà considerare:

$$k_s = 4000/B \text{ kN/m}^2$$

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	36 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

G PROGETTAZIONE GEOTECNICA AGLI STATI LIMITE

In accordo alle NTC2018, per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono attribuiti in funzione del tipo di verifica da effettuare. Per quanto concerne le azioni di progetto (E_d) si sottolinea che le norme vigenti precisano che tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche.

Le tabelle seguenti, estratte dalla norma vigente, riportano i diversi coefficienti parziali da adottare nelle combinazioni di interesse progettuale.

Tabella G.1 Coefficienti parziali per le azioni o per gli effetti delle azioni (Tabella 6.2.I delle NTC2018)

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1} .

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	37 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tabella G.2 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tabella 6.2.11 delle NTC2018)

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Per ciascuno stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni nelle combinazioni di carico per gli SLE e C_d è il valore ammissibile dell'effetto delle azioni, che è stabilito in funzione del comportamento dell'opera in progetto e delle eventuali costruzioni che interagiscono con essa.

G.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI STATI LIMITE E METODI DI ANALISI

Ai fini della presente relazione, sono di interesse gli stati limite seguenti:

- stati limite ultimi e di esercizio di fondazioni superficiali;
- stati limite ultimi di opere di materiali sciolti e fronti di scavo;

G.1.1 Stati Limite Ultimi per fondazioni superficiali (SLU-GEO)

Ai sensi delle Norme, gli Stati Limite Ultimi (SLU) di tipo geotecnico (GEO) di interesse per le fondazioni superficiali sono rappresentate da:

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa.

Le verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali qui riportati in Tabella G.3 (in campo statico) e in Tabella G.4 (campo sismico).

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	38 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tabella G.3 Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali
(Tabella 6.4.1 delle Norme tecniche per le costruzioni)

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Per quanto riguarda lo SLV (stato limite per le verifiche di sicurezza in campo sismico), le resistenze possono essere valutate mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica, tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione e dell'eccentricità delle azioni in fondazione. Il corrispondente valore di progetto si ottiene applicando il coefficiente γ_R di Tabella G.4 seguente. Se, nel calcolo del carico limite, si considera esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo, il coefficiente γ_R può essere ridotto a 1.8.

Tabella G.4 Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche (Tabella 7.11.11 delle Norme tecniche per le costruzioni)

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	2.3
Scorrimento	1.1
Resistenza sulle superfici laterali	1.3

L'analisi di Stati Limite Ultimi di fondazioni superficiali può essere condotta con una delle formulazioni convenzionali proposte nella letteratura tecnica (Terzaghi, 1943a; Meyerhof, 1951, 1963; Brinch Hansen, 1970).

Fra queste, nelle valutazioni che qui saranno esposte, è stata utilizzata la formula generale di Brinch Hansen (1970), che, alla luce della stratigrafia del sito, è applicata con riferimento alle tensioni totali (condizioni non drenate):

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q$$

dove:

q_{lim} pressione limite (resistenza caratteristica a capacità portante, riferita all'area della fondazione ridotta);

$B' \cdot L'$ area della fondazione ridotta (area minima per cui il carico risulta centrato);

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	39 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

$B' = B - 2 \cdot e_B$	dimensione ridotta della fondazione (lato minore);
e_B	componente dell'eccentricità della risultante dei carichi nelle direzioni parallela a B;
$L' = L - 2 \cdot e_L$	dimensione ridotta della fondazione (lato maggiore);
e_L	componente dell'eccentricità della risultante dei carichi nelle direzioni parallela a L;
s_c	fattore di forma della fondazione;
d_c	fattore di profondità del piano di appoggio;
i_c	fattore di inclinazione del carico;
b_c	fattore di inclinazione della base della fondazione;
g_c	fattore di inclinazione del piano campagna;
N_c	coefficienti di capacità portante ($N_c = 2 + \pi = 5,14$);
γ	peso di volume del terreno;
$q = \gamma D$	pressione verticale alla quota di imposta della fondazione.

Per la formulazione dei fattori di forma, profondità, inclinazione del carico, della base e del piano campagna e dei coefficienti di capacità portante si rimanda alla trattazione dell'autore.

Se il carico che agisce sulla fondazione non è normale alla base, questa deve essere verificata nei confronti di una rottura per scorrimento alla base. La verifica si esegue controllando che sia soddisfatta la disuguaglianza:

$$H_d \leq R_d + R_{pd},$$

in cui il termine H_d (azione orizzontale di progetto) deve comprendere i valori di progetto di eventuali spinte attive esercitate dal terreno sulla fondazione. La resistenza a scorrimento in condizioni non drenate si ricava dall'espressione seguente:

$$R_d = B \cdot c_{ud} / \gamma_R$$

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	40 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

essendo: B la dimensione della fondazione in direzione parallela alla forza, $c_{ud} = c_{u,k}$ il valore caratteristico della resistenza a taglio non drenata e γ_R il coefficiente parziale per la verifica a scorrimento (Tabella G.4 e Tabella G.5).

G.1.2 Stati Limite Ultimi di opere di materiali sciolti e fronti di scavo

La condizione $E_d \leq R_d$ deve essere verificata secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (coefficienti parziali A2 + M2 + R2), i cui i coefficienti parziali sono indicati in Tabella G.4 e nelle precedenti Tabella G.1 e Tabella G.2.

Tabella G.5 Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche (Tabella 7.11.11 delle Norme tecniche per le costruzioni)

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

In campo sismico, la verifica prevede la combinazione di fattori parziali A1 + M1 + R2, con, in questo caso, $\gamma_R = 1,2$.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	41 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

H VALUTAZIONI DI SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

H.1 VALUTAZIONI DI STATI LIMITE ULTIMI

La valutazione degli stati limite ultimi geotecnici del nuovo abbancamento e delle strutture in progetto è riportata nelle relazioni rispettive (Relazione di stabilità globale e Relazione sismica e delle strutture).

H.2 VALUTAZIONI DI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

La valutazione degli stati limite di esercizio per le opere strutturali, essendo ricavata con analisi di interazione struttura – terreno di fondazione, è riportata nella Relazione sismica e delle strutture.

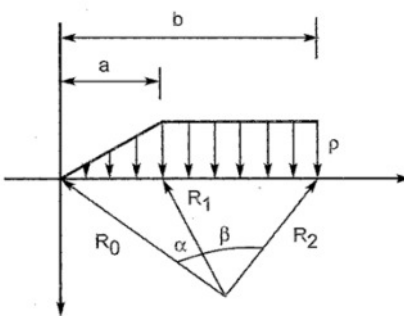
Per quanto riguarda lo stato limite di esercizio del nuovo stralcio, i cedimenti sono calcolati con il modello edometrico a partire dai valori di tensioni indotte nell'ipotesi di semispazio elastico omogeneo ed isotropo. Tale ipotesi consente di ricavare le tensioni indotte nel sottosuolo in forma analitica chiusa; come già accennato, per gli scopi della presente il modello edometrico costituisce un'approssimazione accettabile della condizione reale, data la dimensione dell'area di carico.

Il modello per valutare le tensioni indotte è sintetizzato nello schema e nelle formule riportate in Figura H-1. La procedura di calcolo prevede di suddividere il sottosuolo in strati di spessore assegnato, di calcolare nel baricentro di ciascuno strato l'incremento tensionale $\Delta\sigma_{zi}$ e, da questo, il cedimento s_i mediante l'espressione:

$$s_i = \Delta\sigma_{zi} / M_i$$

Il cedimento complessivo, s , è dato dalla somma dei cedimenti di tutti gli strati in cui è stato diviso il dominio di calcolo. Il calcolo si arresta quando il rapporto tra l'incremento tensionale e la tensione media nello strato è inferiore all'1%.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	42 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



$$\Delta\sigma_z = \frac{p}{\pi} \left[\beta + \frac{x\alpha}{a} - \frac{z}{R_2^2} (x-b) \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{p}{\pi} \left[\beta + \frac{x\alpha}{a} + \frac{z}{R_2^2} (x-b) + \frac{2z}{a} \log \frac{R_1}{R_0} \right]$$

$$\Delta\sigma_y = v(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_z)$$

Figura H-1 Formulazione analitica per il calcolo dell'incremento tensionale

Con la procedura descritta è stato simulato il cedimento determinato nella sezione trasversale mediana nelle fasi costruttive e di esercizio significative, considerato che l'abbancamento avviene progressivamente per settori.

In particolare, il cedimento è stato calcolato al termine delle fasi seguenti:

- costruzione iniziale dell'argine e del fondo in argilla;
- costruzione dell'argine;
- coltivazione completa di un settore;
- abbancamento completato;
- posa della copertura.

I risultati ottenuti sono sintetizzati, in forma tabellare e grafica, nella Figura H-2. Come si vede, il cedimento finale massimo è molto rilevante, dell'ordine di 1,9 m. Tuttavia, i cedimenti differenziali, di cui si è tenuto conto nella valutazione delle pendenze da assegnare in fase costruttiva al fondo, sono dell'ordine di circa 30 cm tra il punto più alto e il punto più basso del fondo del settore di coltivazione.

Si aggiungono le considerazioni seguenti:

- i cedimenti calcolati si possono ritenere rappresentativi del contributo al cedimento dovuto alla consolidazione, che nei terreni coesivi normalmente o debolmente

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	43 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

sovracconsolidati costituisce la parte più rilevante ai fini progettuali. Il cedimento primario, che avviene durante la fase di carico, si può ritenere compreso nel cedimento calcolato, alla luce delle ipotesi ragionevolmente cautelative adottate nel calcolo;

- il cedimento secondario, che non dipende dal carico applicato ma solo dallo spessore dello strato compressibile e dal tempo, non è rilevante per le opere in progetto;
- i cedimenti si sviluppano con un certo ritardo rispetto all'applicazione del carico, legato al tempo con cui avviene il processo di consolidazione, e lentamente. Si ritiene quindi che i cedimenti differenziali possano essere assorbiti dai materiali che costituiscono la barriera senza provocarne la rottura, tenuto conto della loro rispettiva deformabilità.

PREDISPOSIZIONE FONDO	dist. (x)	-4,00	0,00	4,00	8,00	73,50	139,00	204,50	270,00	274,00	278,00	282,00
	ced. (cm)	-6,20	-8,47	-13,09	-17,71	-25,41	-25,86	-25,41	-17,71	-13,09	-8,47	-6,20
ARGINE	dist. (x)	-10,00	0,00	10,00	20,00	22,06	24,12	26,17	28,23	38,23	48,23	58,23
	ced. (cm)	-6,96	-13,59	-33,44	-51,55	-52,86	-53,23	-52,86	-51,55	-33,44	-13,59	-6,96
COLTIVAZIONE LOTTO	dist. (x)	-18,50	0,00	18,50	37,00	53,25	69,50	85,75	102,00	122,50	143,00	163,50
	ced. (cm)	-12,20	-28,03	-84,85	-141,20	-154,67	-157,54	-155,15	-142,82	-84,86	-26,33	-10,83
ABBANDONO	dist. (x)	-23,02	0,00	23,02	46,04	92,52	139,00	185,48	231,96	254,98	278,00	301,02
	ced. (cm)	-10,19	-25,72	-86,91	-148,07	-168,26	-170,69	-168,26	-148,07	-86,91	-25,72	-10,19
FINALE	dist. (x)	-25,27	0,00	25,27	50,54	94,77	139,00	183,23	227,46	252,73	278,00	303,27
	ced. (cm)	-9,92	-26,55	-95,37	-164,14	-184,52	-187,12	-184,52	-164,14	-95,37	-26,55	-9,92

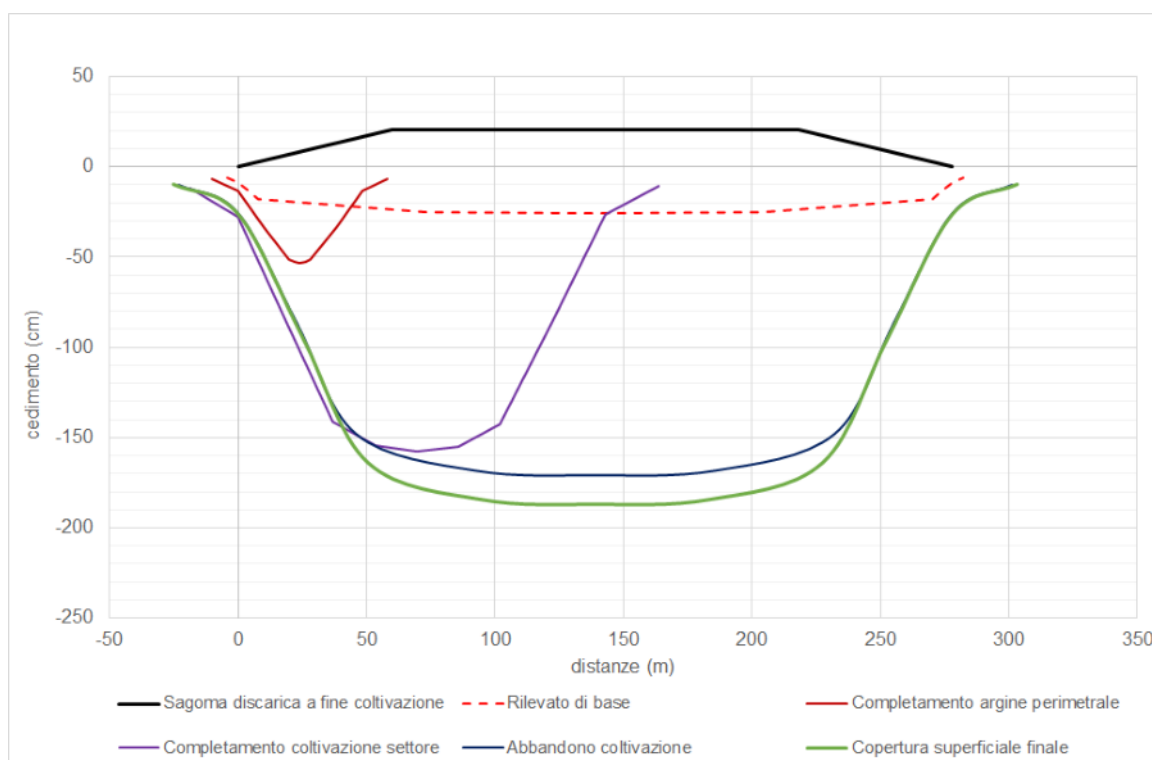


Figura H-2 Cedimenti calcolati nelle fasi costruttive più significative

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	44 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

H.3 VALUTAZIONI DI STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Poiché fino a profondità di 15 m sono presenti strati o livelli sabbiosi che in linea di principio sono da considerare saturi, si procede con la verifica di suscettibilità alla liquefazione. D'altro canto, occorre evidenziare che la verifica a liquefazione è puntuale e che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi localmente senza comportare necessariamente il collasso o la perdita di funzionalità delle strutture che interagiscono con il terreno (Lai et al., 2009). Un'indicazione più generale della potenziale incidenza del fenomeno può ottenersi attraverso l'indice di potenziale liquefazione (LPI). I risultati ottenuti con l'analisi di suscettibilità alla liquefazione saranno perciò utilizzati per determinare l'indice LPI, sul quale si baserà la valutazione finale della rilevanza di tale fenomeno per le opere in progetto.

H.3.1 *Metodologia di calcolo*

La suscettibilità alla liquefazione è valutata con metodologia storico – empirica (par. 7.11.3.4.3 delle NTC2018), secondo la procedura originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985).

La procedura richiede di confrontare, nel sottosuolo del sito, lo sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) con la resistenza normalizzata al taglio ciclico (CRR) così definiti:

$$CSR = \tau_{media} / \sigma'_{v0} = \text{rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \tau_l / \sigma'_{v0} = \text{rapporto di resistenza ciclica}$$

Nel caso di superficie pianeggiante (qual è quello in esame), lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato, lo sforzo di taglio ciclico indotto dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) è approssimato da un valore efficace dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco a_{max} mediante la formulazione seguente:

$$CSR = \tau_{media} / \sigma'_{v0} = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) \cdot r_d$$

in cui:

a_{max} accelerazione di picco al sito

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	45 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

g	accelerazione di gravità
τ_{media}	valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico
σ_{v0}	tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali
σ'_{v0}	tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni efficaci
r_d	coefficiente di riduzione dello sforzo di taglio ciclico in funzione della profondità da piano campagna, che può essere calcolato come indicato in Youd et al., 2001): $r_d = 1.0 - 0.00765 \cdot z$ a profondità $z \leq 9.15$ m da p.c. $r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z$ a profondità $9.15 \leq z \leq 23$ m da p.c.

Il rapporto di resistenza ciclica, CRR, può essere stimato sia a partire dai risultati delle prove SPT sia a partire dai risultati delle prove CPTU. Avendo a disposizione i risultati della prova CPTU, le correlazioni con il valore di CRR sono basate sui valori normalizzati della resistenza alla penetrazione, q_{c1N} , che viene espresso da (Robertson e Wride, 1998):

$$q_{c1N} = C_Q \cdot (q_c / p_a)$$

in cui q_c è la resistenza misurata nel corso della prova e C_Q è il fattore di normalizzazione, dato da:

$$C_Q = (p_a / \sigma'_{v0})^n \leq 1.7$$

e all'esponente n possono essere attribuiti i valori seguenti (Olsen, 1997):

$n = 0.5$ (sabbie pulite);

$n = 1.0$ (terreni argillosi);

$0.5 < n < 1.0$ (limi e limi sabbiosi).

In questo caso, il confronto tra i valori di CRR calcolati ed i corrispondenti valori di q_{c1N} misurati nei siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato con valori di Magnitudo $M = 7.5$ è mostrato in Figura H-3.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	46 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

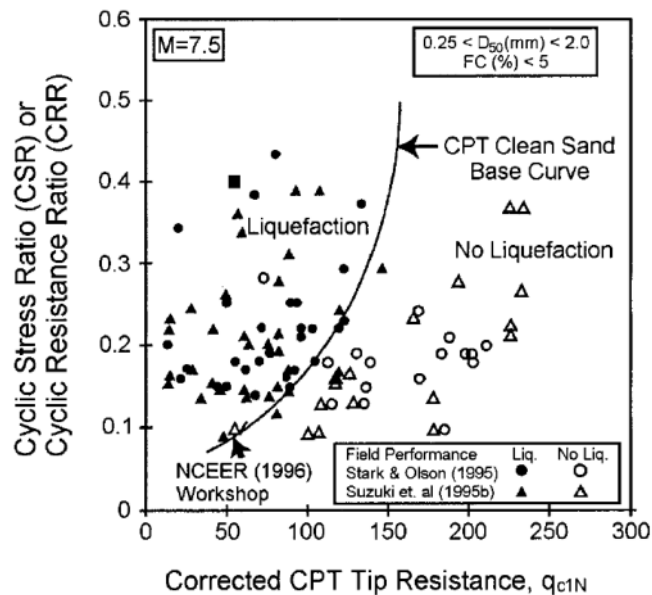


Figura H-3 Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e q_{c1N} per il sisma di riferimento di Magnitudo $M = 7.5$ (da Youd et al., 2001)

La procedura per stimare il valore di CRR richiede la valutazione dell'indice di comportamento del terreno I_c già introdotto al par. F.2.1 ed espresso dall'equazione:

$$I_c = [(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2]^{0.5}$$

dove:

$$Q = [(q_c - \sigma_{v0})/p_a] \cdot C_Q;$$

$$F = [f_s / (q_c - \sigma_{v0})] \cdot 100 (\%);$$

f_s = attrito laterale misurato nel corso della prova CPTU.

La valutazione di I_c è effettuata mediante i passaggi iterativi seguenti:

1. si assume un valore di primo tentativo $n = 1.0$ per calcolare C_Q e I_c . Se $I_c > 2.6$, il terreno viene classificato come argilla e come tale è non liquefacibile; se $I_c \leq 2.6$, si passa al punto 2;
2. si calcolano C_Q e I_c ponendo $n = 0.5$; se $I_c \leq 2.6$, il valore ottenuto è usato per valutare CRR. Se $I_c > 2.6$, si passa al punto 3;

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	47 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

3. si calcolano C_Q e I_C con un esponente $n = 0.7$ intermedio tra i due valori usati ai punti precedenti e il valore di I_C ottenuto è usato per valutare CRR.

Una volta calcolato I_C , il valore di resistenza alla punta normalizzato viene corretto per tenere conto del contenuto di fine:

$$(q_{c1N})_{CS} = K_C \cdot q_{c1N},$$

dove:

$$K_C = 1.0 \quad \text{se } I_C \leq 1.64$$

$$K_C = -0.403 \cdot I_C^4 + 5.581 \cdot I_C^3 - 21.63 \cdot I_C^2 + 33.75 \cdot I_C - 17.88 \quad \text{se } I_C > 1.64$$

Sulla base dei dati mostrati in Figura H-3, è possibile a questo punto valutare il CRR mediante le espressioni:

$$CRR_{7.5} = 0.833 \cdot [(q_{c1N})_{CS} / 1000] + 0.05 \quad \text{se } (q_{c1N})_{CS} < 50$$

$$CRR_{7.5} = 93 \cdot [(q_{c1N})_{CS} / 1000]^3 + 0.08 \quad \text{se } 50 \leq (q_{c1N})_{CS} < 160$$

H.3.2 Stima del coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione

H.3.2.1 Espressione del coefficiente di sicurezza

Il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione (FSL) si ottiene a partire dai valori di $CRR_{7.5}$, calcolati come descritto in precedenza con riferimento ad un terremoto di Magnitudo 7.5, mediante l'espressione:

$$FSL = (CRR_{7.5} / CSR) \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

dove:

MSF (Magnitude Scaling Factor) è un fattore di scala per ricondurre il rapporto tra tensione e resistenza valutato alla Magnitudo del terremoto caratteristico per il sito in studio; il fattore di scala può essere stimato con la formulazione proposta in Youd et al. (2001):

$$M_{SF} = 10^{2.24} / M_w^{2.56}$$

mentre K_σ tiene conto che la resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento (Hynes e Olsen, 1999). K_σ può esprimersi con (Youd et al., 2001):

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	48 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

$$K_{\sigma} = (\sigma'_{v0} / p_a)^{(f-1)} \quad \text{se } \sigma'_{v0} > p_a$$

$$K_{\sigma} = 1 \quad \text{se } \sigma'_{v0} \leq p_a$$

f = fattore che dipende dalla densità relativa del materiale (Tabella H.1).

Tabella H.1 Variazione del parametro f con la densità relativa

f	D _R (%)
0.8	≤ 40
0.8-0.005·(D _R -40)	40 ≤ D _R ≤ 80
0.6	D _R > 80

H.3.2.2 Dati in ingresso per la stima di CSR e CRR

Per la stima di CSR si è fatto riferimento al valore di a_{\max} ricavato per il sito data la vita di riferimento delle opere in progetto (si veda la Relazione sismica e di calcolo delle strutture):

$$a_{\max} = S \cdot a_g = 0.26 \cdot g$$

Il terremoto di riferimento da considerare per calcolare il MSF è ricavato mediante analisi di disaggregazione (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). Di seguito si riportano le schermate ottenute dal sito dell'INGV per il tempo di ritorno del terremoto più prossimo a quello di progetto ($T_R = 712$ anni) fra quelli per cui è possibile condurre l'analisi (Figura H-4).

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	49 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

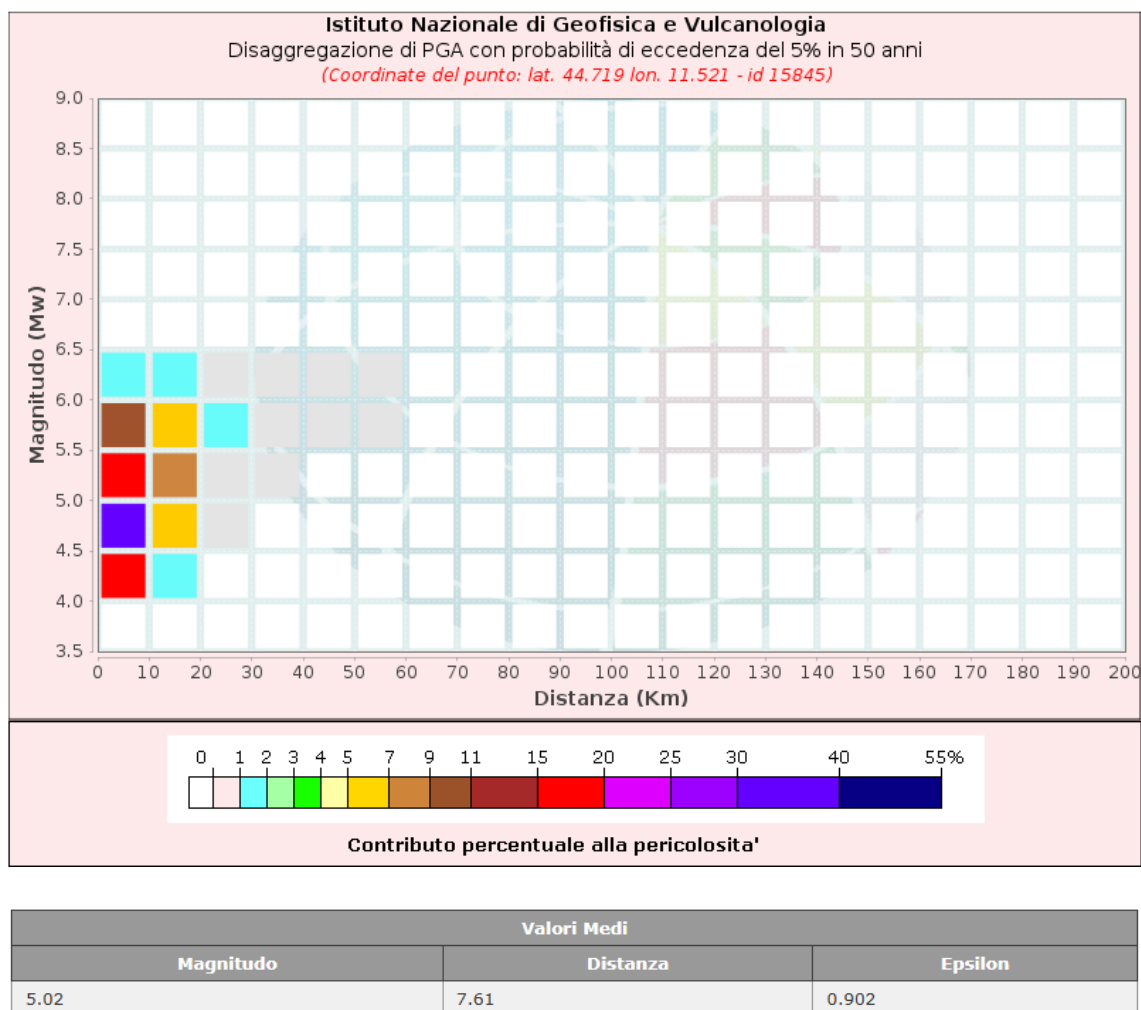


Figura H-4 Risultato dell'analisi di disaggregazione

Il valore ottenuto per il sito e per le condizioni di progetto è:

$M_d = 5.02$,

di cui si ricava:

$MSL = 2.79$.

H.3.3 Valutazione dei risultati

Le NTC2018 non forniscono indicazioni in merito al valore minimo del fattore di sicurezza da assumere nei confronti della liquefazione, ma affermano che "L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista".

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	50 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Un'indicazione per valutare l'adeguatezza del margine di sicurezza può ricavarsi dall'Eurocodice 8 (UNI EN 1998-5), che considera un dato terreno suscettibile alla liquefazione quando lo sforzo di taglio generato dal terremoto ad una data profondità supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato, a quella stessa profondità, la liquefazione durante terremoti storici. Al fine di concludere che un terreno è non liquefacibile ad una data profondità, l'indicazione dell'Eurocodice equivale ad ottenere con le analisi, a quella profondità, un fattore di sicurezza $FSL \geq 1.25$.

I risultati delle analisi effettuate per il sito in oggetto sono riportati nella Figura H-5. Si riscontra che per alcune verticali indagate e per alcune profondità, il valore del fattore di sicurezza è inferiore all'unità.

Come già anticipato, tuttavia, la verifica condotta è puntuale, e il fenomeno della liquefazione, ancorché in linea di principio possibile per fattori di sicurezza inferiori all'unità, può manifestarsi localmente senza che necessariamente questo comporti il collasso o la perdita di funzionalità delle strutture che interagiscono con il terreno.

In tale ottica, si ritiene più significativo valutare l'indice di potenziale liquefazione (LPI, Iwasaki et al., 1978), che si ottiene dall'espressione:

$$LPI = \int F(z) \cdot W(z) \cdot dz$$

in cui l'integrale è esteso dal p.c. alla profondità critica entro la quale si ritengono significativi gli effetti della liquefazione.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	51 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

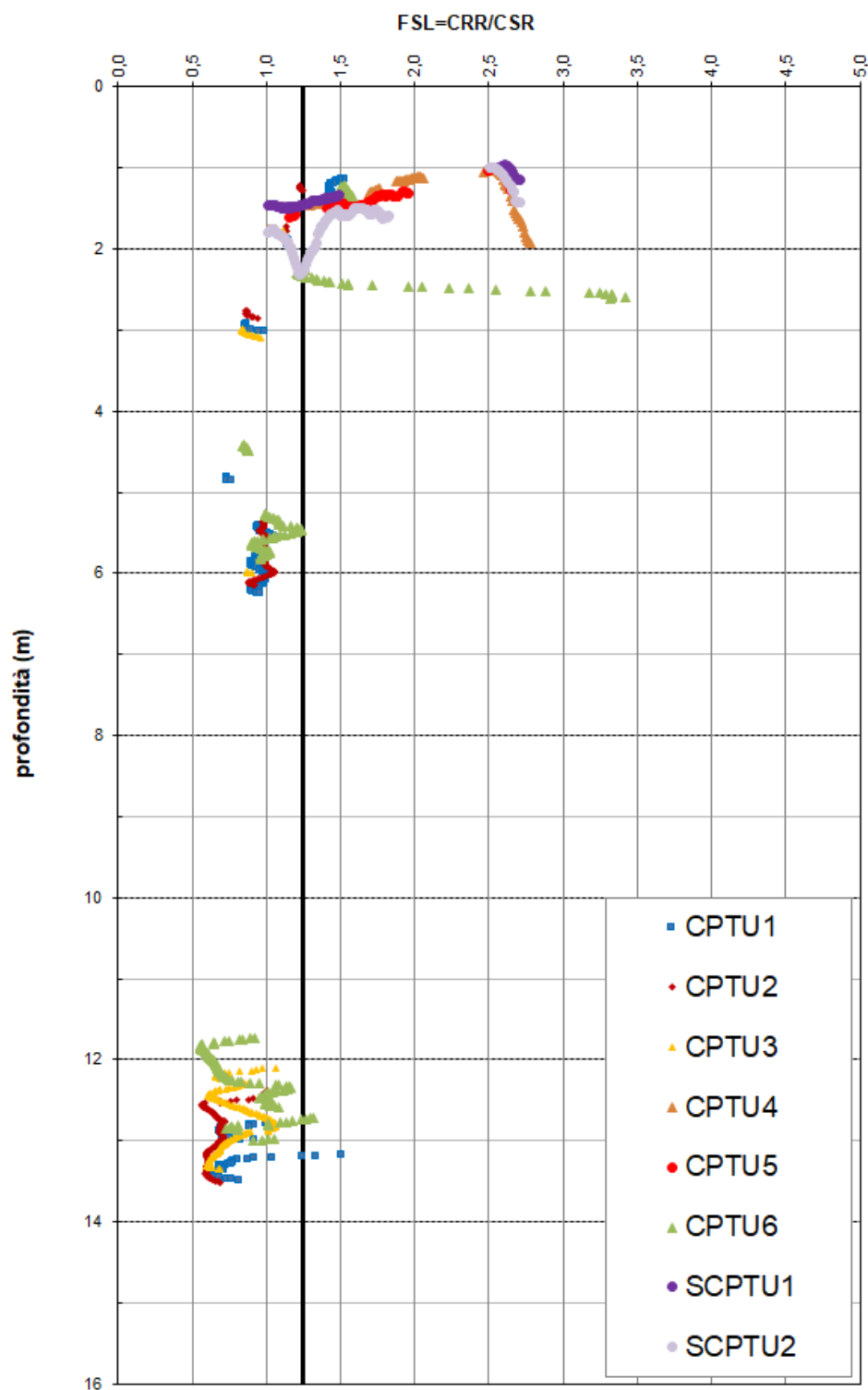


Figura H-5 Valori di FSL ottenuti con le prove CPTU

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	52 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A partire dai valori di FSL già calcolati si è quindi valutato l'indice di potenziale liquefazione nelle tre verticali indagate mediante le prove CPTU. Nell'espressione di LPI compaiono la funzione $F(z)$, che nei calcoli qui presentati ha la forma funzionale suggerita da Somnez (2003) e adottata in Facciorusso e Vannucchi (2009):

$$\begin{aligned} F(z) &= 0 && \text{per } FSL > 1,4; \\ F(z) &= 2 \cdot 10^6 \cdot e^{-18,427 \cdot FSL} && \text{per } 0,95 < FSL \leq 1,4 \\ F(z) &= 1 - FSL && \text{per } FSL \leq 0,95. \end{aligned}$$

e una funzione di pesi che tiene conto della profondità dello strato liquefacibile:

$$W(z) = 10 - z/2.$$

I risultati dei calcoli sono riassunti nella Tabella H.2. I valori ottenuti sono indicativi di una bassa pericolosità (al più, nel caso della SCPTU1, moderata) alla liquefazione secondo la classificazione proposta in Somnez (2003) (Tabella H.3).

Tabella H.2 Valori di LPI calcolati nelle tre verticali indagate con prove CPTU

Verticale	LPI
CPTU1	0,91
CPTU2	1,58
CPTU3	1,18
CPTU4	1,64
CPTU5	0,99
CPTU6	1,00
SCPTU1	2,64
SCPTU2	1,90

Tabella H.3 Classi di pericolosità di liquefazione (da Somnez, 2003)

LPI	Pericolosità di liquefazione
LPI = 0	Nulla
$0 < \text{LPI} \leq 2$	Bassa
$2 < \text{LPI} \leq 5$	Moderata
$5 < \text{LPI} \leq 15$	Alta
$\text{LPI} \geq 15$	Molto alta

I CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI FINALI

Le indagini hanno evidenziato come, fino alle profondità indagate, la stratigrafia del sito sia formata da strati superficiali argillosi e limosi, che determinano cedimenti rilevanti che si sviluppano gradualmente nel tempo con una velocità ridotta rispetto a quella con cui viene applicato il carico.

Poiché le opere saranno realizzate in elevazione rispetto al piano campagna, gli scavi da eseguire sono ridotti essenzialmente allo scotico e quindi molto superficiali (nell'ordine di 0,5 m, fatta eccezione che per realizzare il bacino di laminazione delle acque meteoriche, dove si arriverà a circa 3 m) e possono essere realizzati come scavi di sbancamento generale, senza necessità di ricorrere ad opere di sostegno. A tale riguardo, si raccomanda di prestare attenzione affinché sul fondo dello scotico non siano presenti sostanze vegetali / terreni organici, che nel caso dovranno essere rimossi completamente.

Nonostante non sia previsto che gli scavi interferiscano con la falda, occorre tuttavia considerare che, in particolare se eseguiti in periodi preceduti da eventi meteorici rilevanti per intensità o persistenza, gli strati superficiali potrebbero risultare prossimi alla saturazione; allo stesso modo, in occasione di eventi meteorici rilevanti per intensità o persistenza, la bassa permeabilità del terreno superficiale potrebbe determinare la formazione di una lama d'acqua sul fondo dello scavo. Pertanto, si ritiene conveniente realizzare come prima opera il bacino di laminazione, da collegare con un fosso a debole pendenza all'area in scavo in modo da favorire l'allontanamento delle acque meteoriche durante i lavori. All'occorrenza, per rendere più rapido il drenaggio in fase di cantiere, potrebbe rendersi necessario l'aggottamento dell'acqua accumulata sul fondo, che potrà essere rilanciata al più vicino tra i fossi già presenti lungo la SP12 o lungo la via San Francesco.

Il materiale di scotico dovrà essere sostituito con materiale che abbia una capacità drenante elevata o media, quindi con terre ghiaiose – argillose appartenenti ai gruppi A₁, A₃, A₂₋₄ o A₂₋₅ della classificazione ex UNI 10006, in modo da favorire la dissipazione delle sovrappressioni generate in fase costruttiva e di abbancamento. Al di sopra dello strato di sostituzione dello scotico, potrà essere utilizzato materiale proveniente dallo scavo del bacino, fatto salvo che non siano presenti frazioni organiche o torbose e che, nel caso in cui si tratti di terre limose e argillose, il contenuto d'acqua sia tale da renderne possibile una buona compattazione.

DS 03 BO SM 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica	00	30/04/2025	55 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

ALLEGATO 1

GRAFICI DI SINTESI DELLE PROVE CPTU

DS 03 BO VA 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica – Allegato 1	00	30/04/2025	56 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

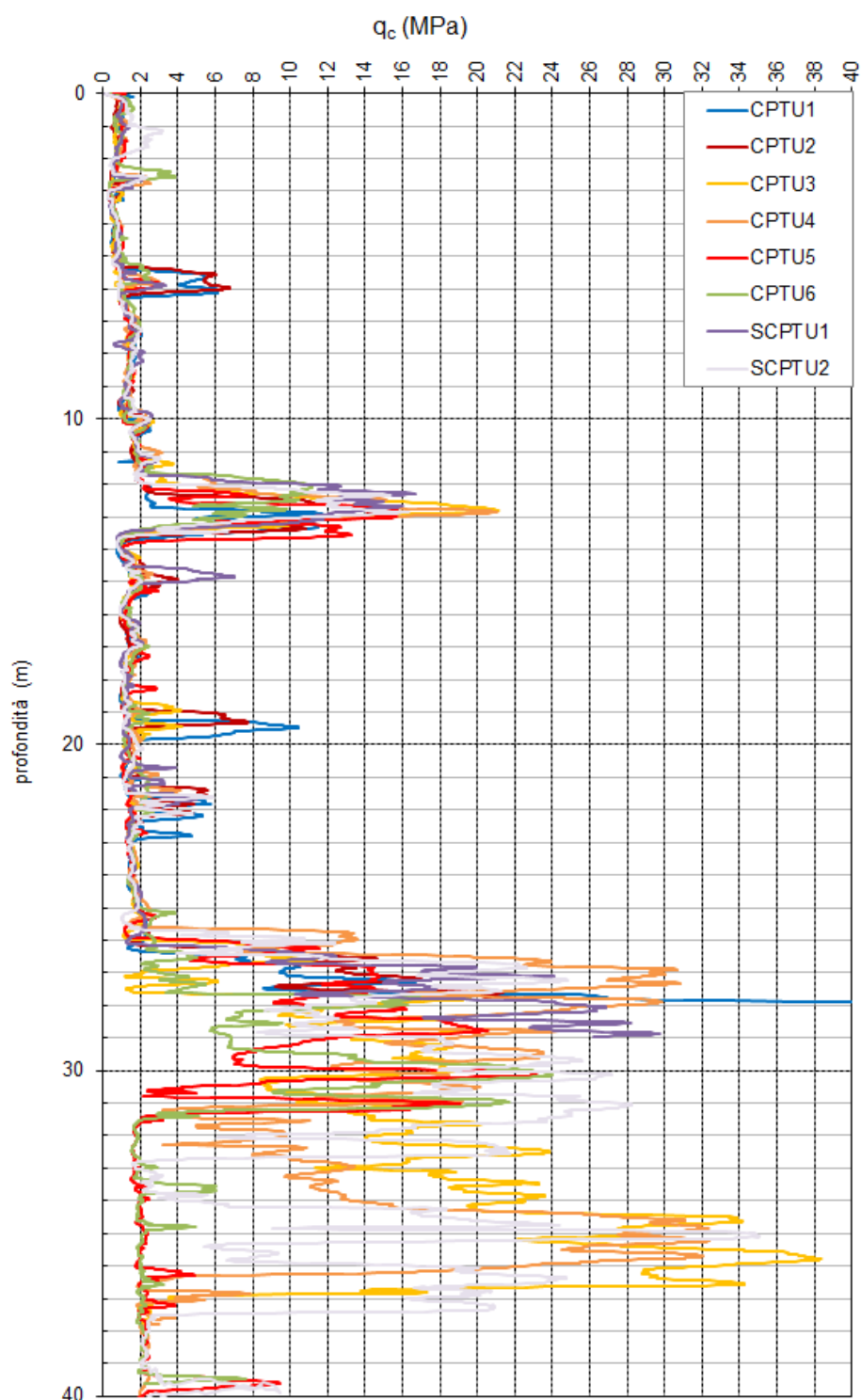


Figura 1 – Resistenza alla penetrazione registrata lungo le verticali indagate

DS 03 BO VA 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica – Allegato 1	00	30/04/2025	57 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

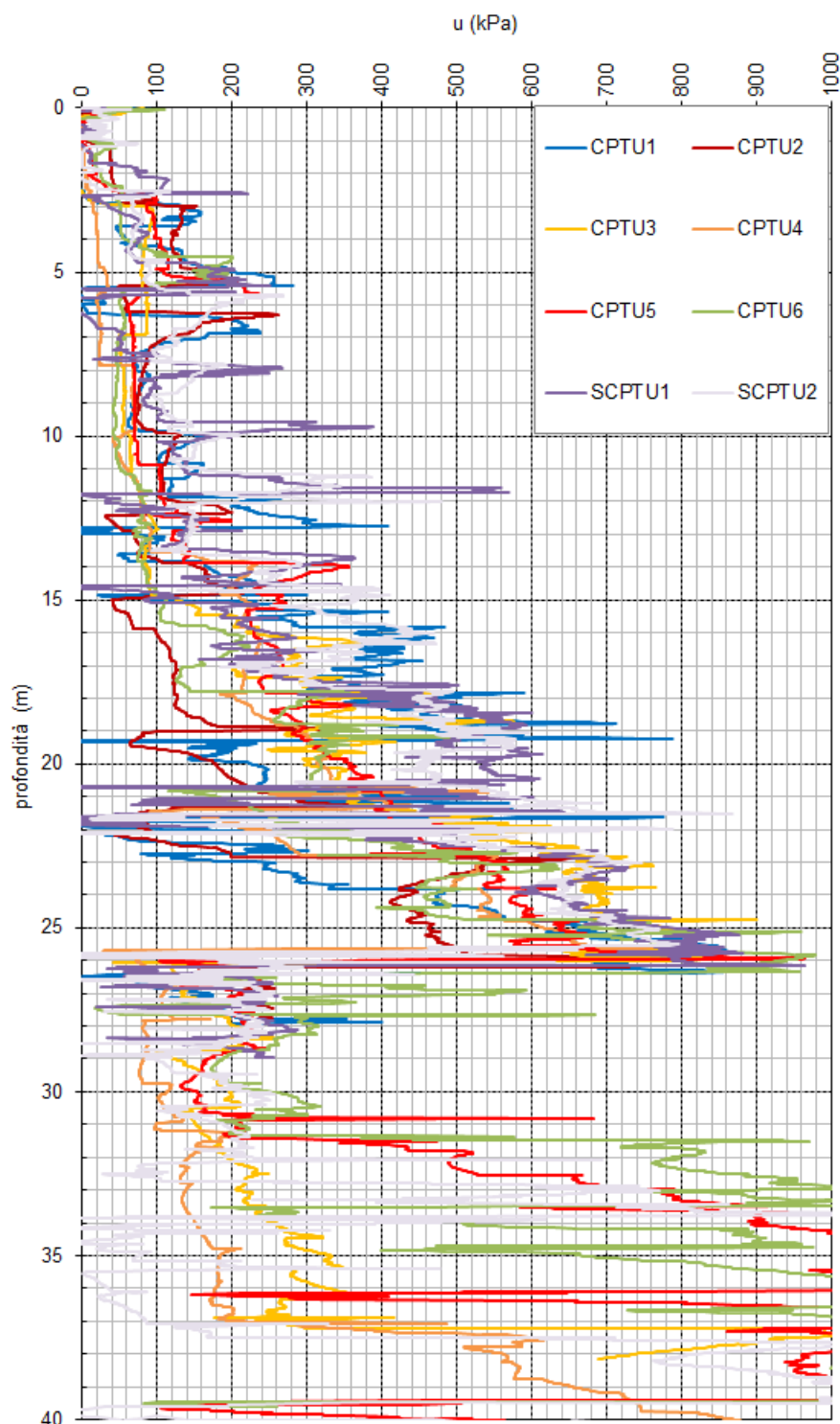


Figura 2 – Pressioni interstiziali registrate lungo le verticali indagate

DS 03 BO VA 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica – Allegato 1	00	30/04/2025	58 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

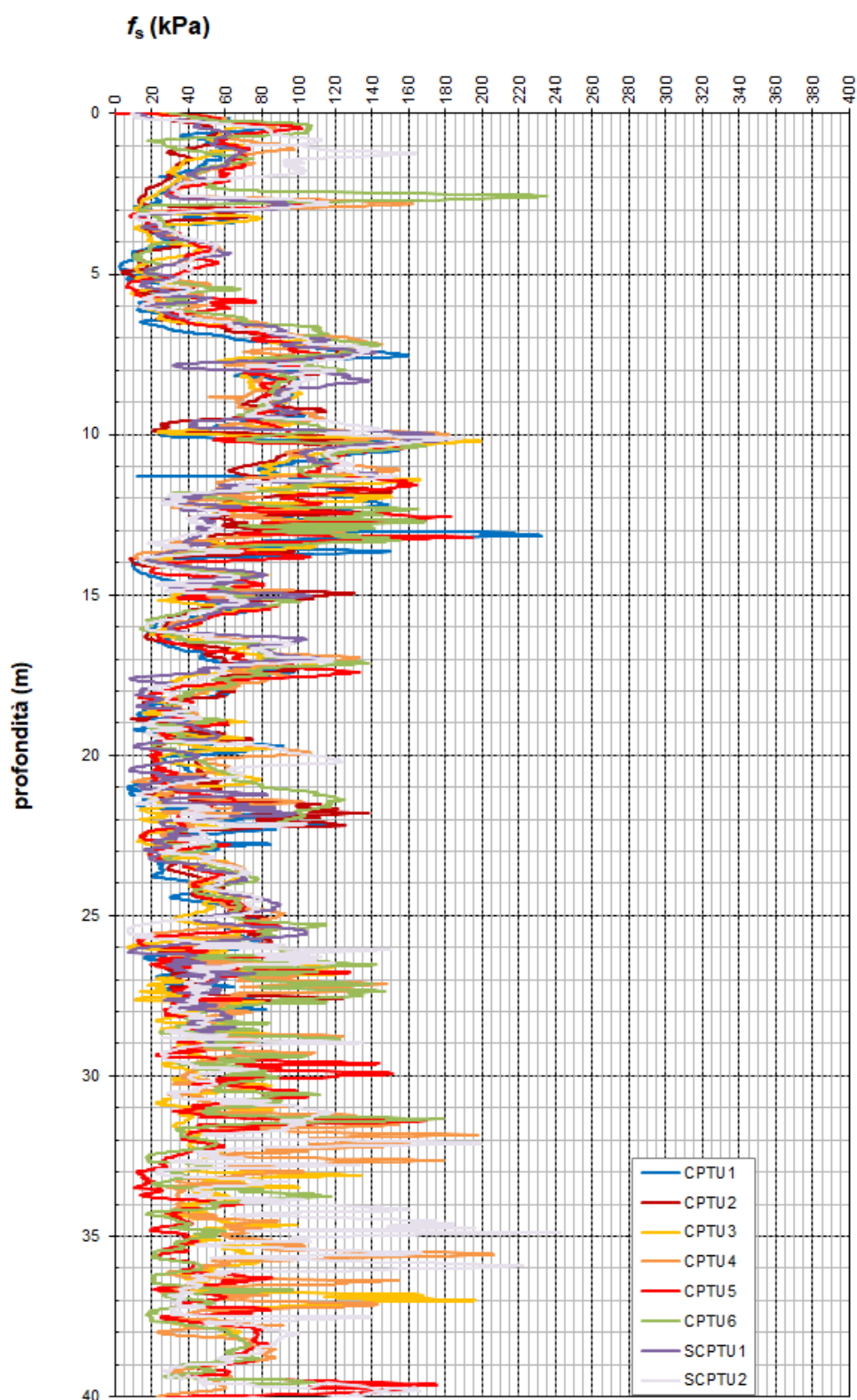


Figura 3 – Attrito laterale registrato lungo le verticali indagate

DS 03 BO VA 01 D1 RG 03.00	Relazione Geotecnica – Allegato 1	00	30/04/2025	59 di 59
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

ALLEGATO 2

Report sulle prove di laboratorio

ANALISI DI LABORATORIO DI GEOTECNICA

Al fine di determinare le caratteristiche litostratigrafiche del sito, nel corso delle perforazioni a carotaggio continuo sono stati prelevati **N.18 CAMPIONI** rappresentativi delle varie unità geologiche incontrate. Di seguito vengono riportati i campioni prelevati con profondità e opportune sigle:

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITÀ	SIGLA
S1	C1	-1.60 ÷ -2.10 m da p.c.	C1 S1
	DC1	-5.80 ÷ -6.20 m da p.c.	DC1 S1
	C2	-8.00 ÷ -8.60 m da p.c.	C2 S1
	DC2	-13.20 ÷ -13.50 m da p.c.	DC2 S1
	C3	-18.20 ÷ -18.80 m da p.c.	C3 S1
	DC3	-29.00 ÷ -29.40 m da p.c.	DC3 S1
S2	C1	-4.80 ÷ -5.30 m da p.c.	C1 S2
	DC1	-5.80 ÷ -6.30 m da p.c.	DC1 S2
	C2	-10.00 ÷ -10.50 m da p.c.	C2 S2
	DC2	-12.80 ÷ -13.50 m da p.c.	DC2 S2
	C3	-15.00 ÷ -15.60 m da p.c.	C3 S2
	DC3	-28.00 ÷ -29.00 m da p.c.	DC3 S2
S3	C1	-4.00 ÷ -4.50 m da p.c.	C1 S3
	DC1	-5.00 ÷ -6.00 m da p.c.	DC1 S3
	C2	-9.10 ÷ -9.60 m da p.c.	C2 S3
	DC2	-13.00 ÷ -13.50 m da p.c.	DC2 S3
	C3	-22.50 ÷ -23.10 m da p.c.	C3 S3
	DC3	-28.00 ÷ -29.00 m da p.c.	DC3 S3

Campioni prelevati dai sondaggi a carotaggio continuo

Sui campioni prelevati, allo scopo di valutare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione dell'area oggetto di studi, sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio di geotecnica:

- ❖ **PROVA EDOMETRICA** Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14
- ❖ **PROVA DI TAGLIO DIRETTO** Norma AGI(1999), ASTM D3080-03
- ❖ **ANALISI GRANULOMETRICA** Norma AGI (1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98
- ❖ **LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG** (ASTM D 4318-00 e ASTM D 4943-02)
- ❖ **LIMITE DI RITIRO** (ASTM D 427-04);
- ❖ **PROVA TRIASSIALE TXUU** NORMA A.G.I 1999; ASTM D2850 -15
- ❖ **PROVA TRIASSIALE TXCIU** NORMA A.G.I 1999; ASTM D4767-15

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITÀ (M)	EDOM	CD	GRAN	LIM	UU	VOL	CIU
S1	C1	-1.60 ÷ -2.10 m da p.c.	✓	-	✓	✓	✓	-	-
	DC1	-5.80 ÷ -6.20 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
	C2	-8.00 ÷ -8.60 m da p.c.	✓	-	✓	✓	✓	-	-
	DC2	-13.20 ÷ -13.50 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
	C3	-18.20 ÷ -18.80 m da p.c.	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
	DC3	-29.00 ÷ -29.40 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
S2	C1	-4.80 ÷ -5.30 m da p.c.	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
	DC1	-5.80 ÷ -6.30 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
	C2	-10.00 ÷ -10.50 m da p.c.	✓	-	✓	✓	✓	-	✓
	DC2	-12.80 ÷ -13.50 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
	C3	-15.00 ÷ -15.60 m da p.c.	✓	-	✓	✓	✓	-	-
	DC3	-28.00 ÷ -29.00 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
S3	C1	-4.00 ÷ -4.50 m da p.c.	✓	-	✓	✓	✓	-	-
	DC1	-5.00 ÷ -6.00 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
	C2	-9.10 ÷ -9.60 m da p.c.	✓	-	✓	✓	✓	-	-
	DC2	-13.00 ÷ -13.50 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-
	C3	-22.50 ÷ -23.10 m da p.c.	✓	-	✓	✓	✓	-	✓
	DC3	-28.00 ÷ -29.00 m da p.c.	-	-	✓	-	-	-	-

PROVA EDOMETRICA (NORMA AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14)

La prova edometrica consiste nell'applicare una pressione verticale ad un provino cilindrico di terreno in situazione di espansione laterale impedita, in modo da permettere il drenaggio dell'acqua nella sola direzione verticale attraverso due pietre. Dall'istante di applicazione della pressione verticale vengono misurati i cedimenti verticali che ne conseguono. Poiché i granuli della parte solida del campione e l'acqua che ne occupa gli spazi interstiziali si possono ritenere incomprimibili, la variazione di volume registrata durante la fase di compressione è dovuta esclusivamente all'espulsione dell'acqua intergranulare ovvero alla riduzione dei pori. Nell'ambito della stessa prova e sullo stesso provino, si ripetono più fasi di compressione con pressioni che aumentano in maniera geometrica, lasciando ciascun carico per il tempo necessario affinché i cedimenti del provino si stabilizzino.

In questo modo si conducono più gradini di carico e, per ciascuno di essi, è possibile determinare una curva di consolidazione edometrica, ossia la curva cedimenti-tempo. Dall'analisi di questa curva, condotta secondo quanto previsto dalle teorie della consolidazione (Casagrande e Taylor), è possibile ricavare parametri che esprimono la velocità di consolidazione, ottenere l'entità dei cedimenti e determinare le caratteristiche di compressibilità di un suolo. I valori di cedimento ottenuti per ciascun gradino di carico sono inoltre utili per tracciare il diagramma dell'indice dei pori in funzione della pressione, dal quale si possono inoltre dedurre il coefficiente di compressione e la pressione di consolidazione.

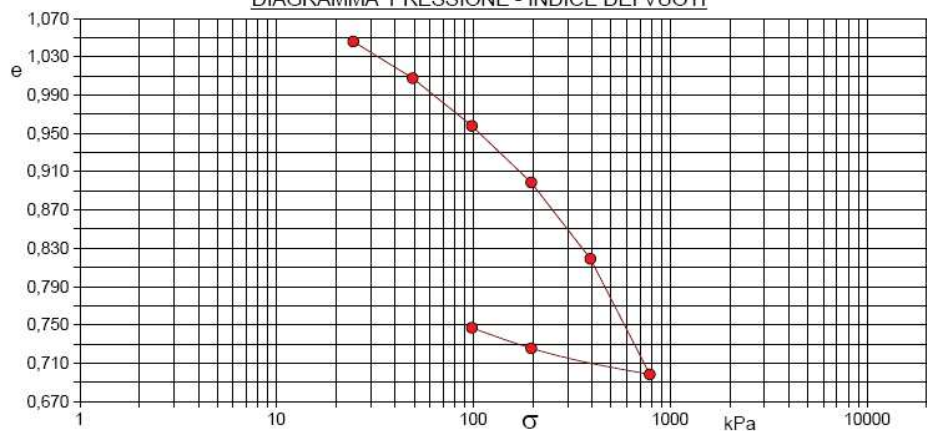
I dati ottenuti dalla prova edometrica sono di estrema importanza per ipotizzare il comportamento di un terreno sottoposto al carico di una fondazione o in qualsiasi situazione di sollecitazione di tipo edometrico.

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18,09	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	1,05
Umidità (%)	38,3	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	51,14
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	20,08	Saturazione (%)	99,8

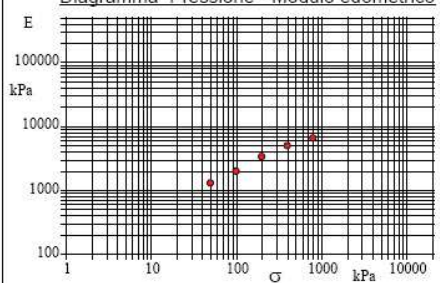
C1S1

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	0,8	1,046		
49,0	38,1	1,008	0,127	1315
98,1	86,8	0,958	0,166	2014
196,1	144,5	0,899	0,196	3399
392,3	222,4	0,819	0,265	5036
784,5	340,3	0,698	0,401	6654
196,1	313,7	0,726	0,045	
98,1	292,8	0,747	0,071	

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

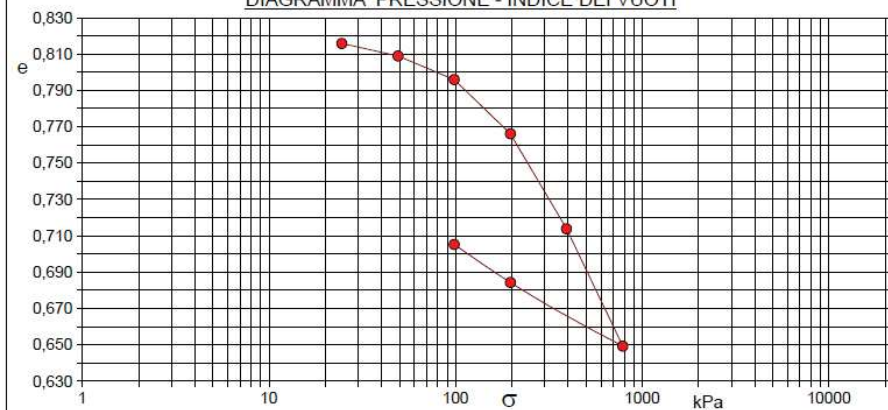


Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,42	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,82
Umidità (%)	31,8	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	44,95
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	17,65	Saturazione (%)	100,0

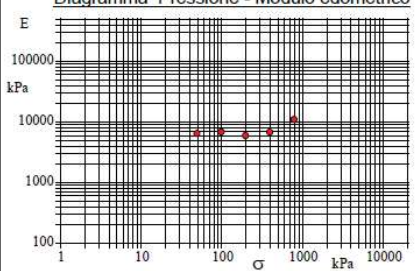
C2S1

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,5	0,8	0,816				
49,0	2,9	0,809	0,023	6468		
98,1	17,6	0,796	0,043	6853		
196,1	41,8	0,766	0,099	5970		
392,3	113,1	0,714	0,174	6815		
784,5	184,2	0,649	0,215	11034		
196,1	145,6	0,684	0,058			
98,1	122,6	0,705	0,069			

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

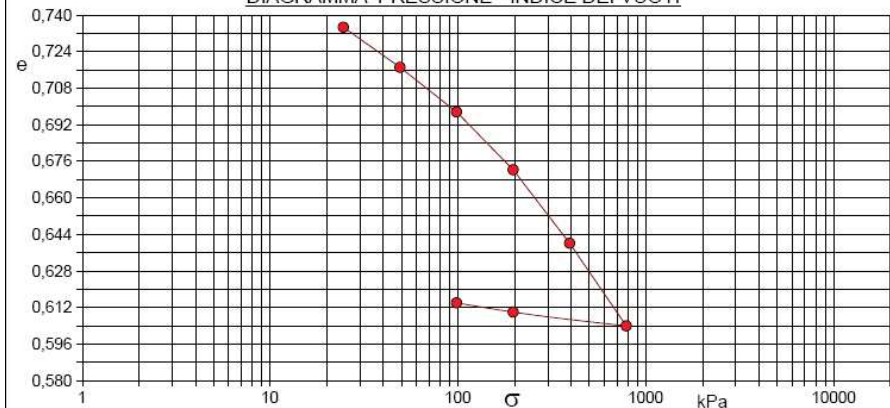


Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18,16	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,94
Umidità (%)	31,8	Volume provino (cm³)	72,00	Porosità (%)	48,55
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	34,95	Saturazione (%)	92,0

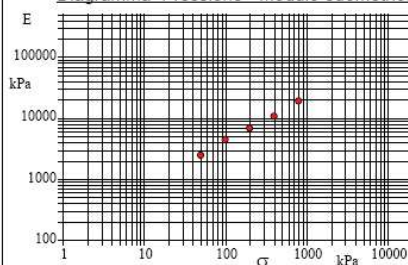
C3S1

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	67,6	0,735		
49,0	87,2	0,717	0,058	2507
98,1	108,9	0,698	0,065	4519
196,1	137,1	0,672	0,084	6955
392,3	172,9	0,640	0,107	10957
784,5	213,2	0,604	0,120	19467
196,1	206,5	0,610	0,010	
98,1	202,0	0,614	0,013	

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

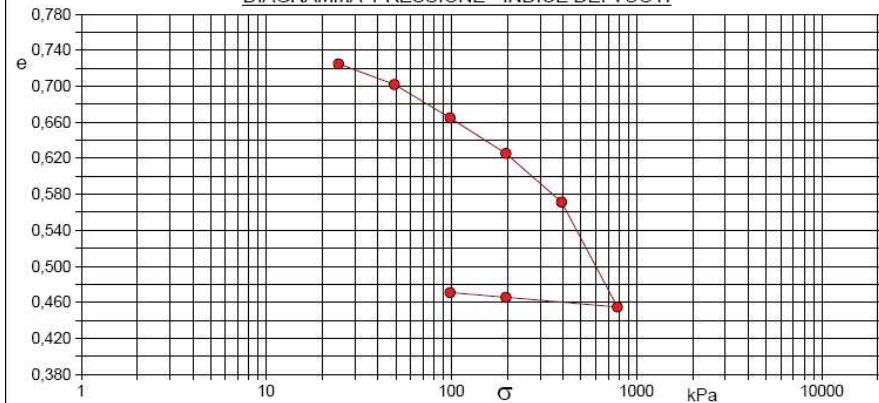


Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,66	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,78
Umidità (%)	30,9	Volume provino (cm³)	72,00	Porosità (%)	43,90
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	31,61	Saturazione (%)	100,0

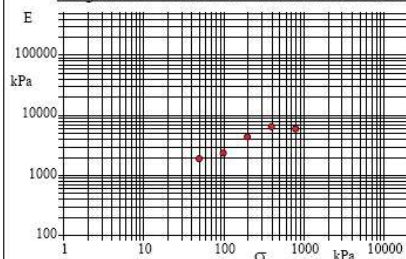
C1S2

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



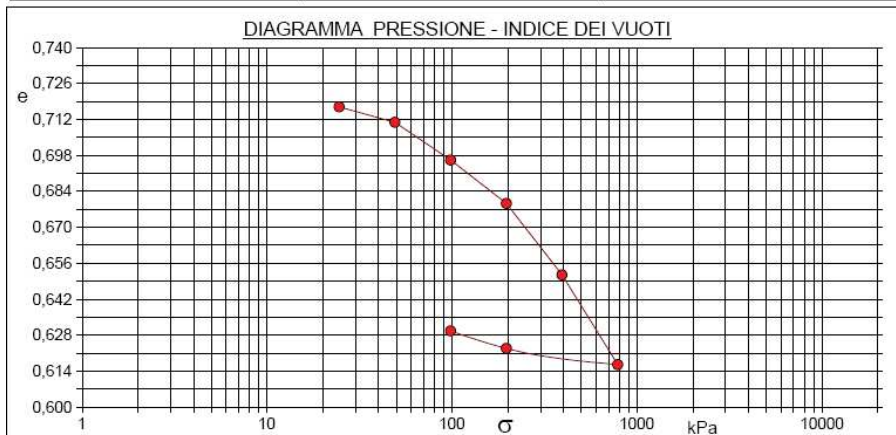
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	65,0	0,725		
49,0	90,7	0,702	0,076	1908
98,1	132,2	0,665	0,123	2363
196,1	176,7	0,625	0,132	4407
392,3	237,1	0,571	0,179	6494
784,5	367,9	0,455	0,387	5998
196,1	355,8	0,466	0,018	
98,1	349,9	0,471	0,017	

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

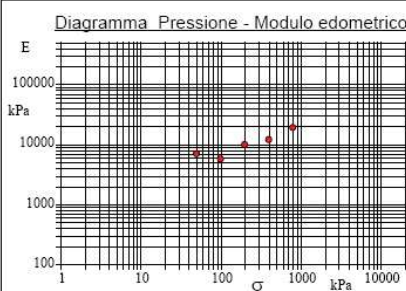


Peso di volume (kN/m³)	19,05	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,74
Umidità (%)	23,8	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,53
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,86	Saturazione (%)	87,7

C2S2



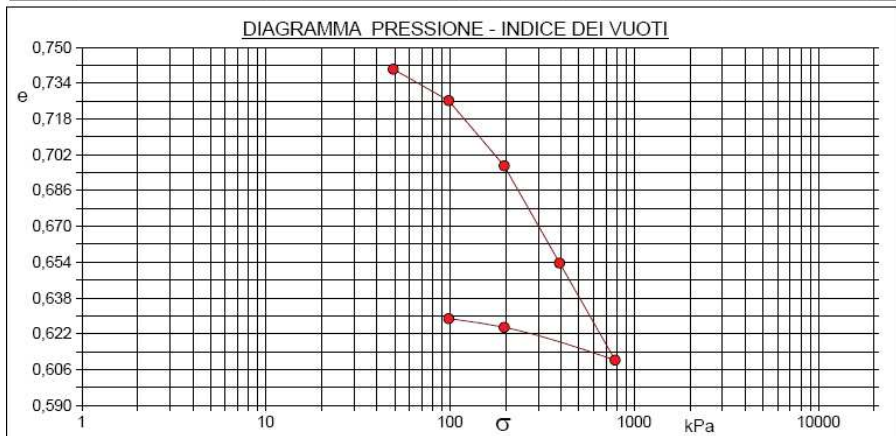
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	26,5	0,717		
49,0	33,4	0,711	0,020	7120
98,1	51,5	0,696	0,049	5813
196,1	73,4	0,679	0,056	10112
392,3	101,7	0,651	0,092	12270
784,5	141,8	0,617	0,116	19538
196,1	134,6	0,623	0,010	
98,1	126,8	0,630	0,023	



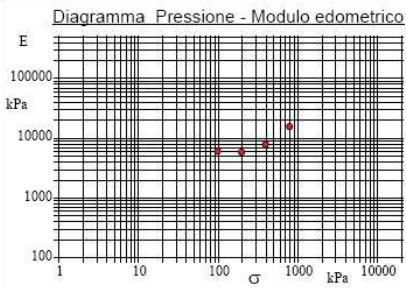
Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,12	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,74
Umidità (%)	24,5	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,66
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,91	Saturazione (%)	90,1

C3S2

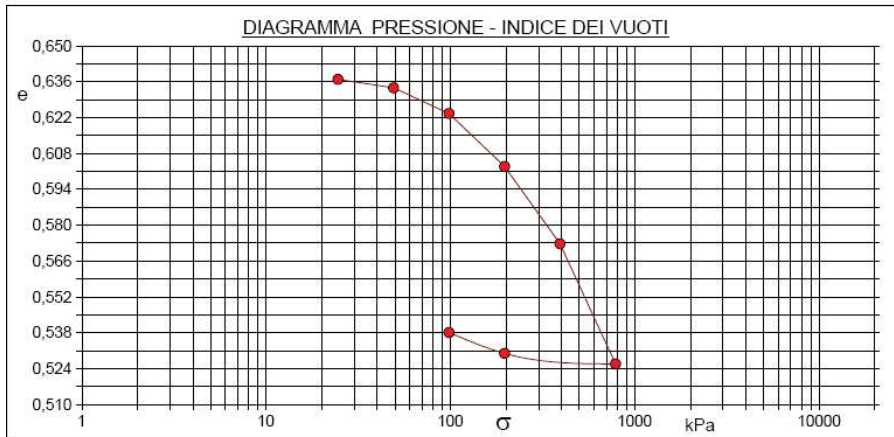


Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
49,0	4,2	0,740		
98,1	20,3	0,726	0,047	6091
196,1	53,7	0,697	0,097	5872
392,3	103,5	0,654	0,144	7877
784,5	142,9	0,610	0,144	15759
196,1	136,5	0,625	0,010	
98,1	132,0	0,629	0,013	

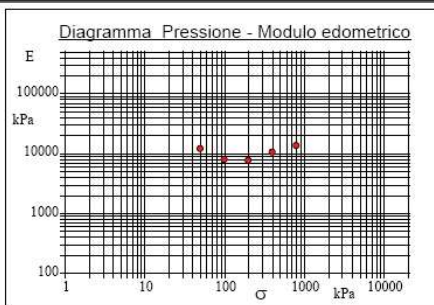


Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m ³)	20,27	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,65
Umidità (%)	24,7	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	39,27
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm ³)	15,42	Saturazione (%)	100,0

C1S3

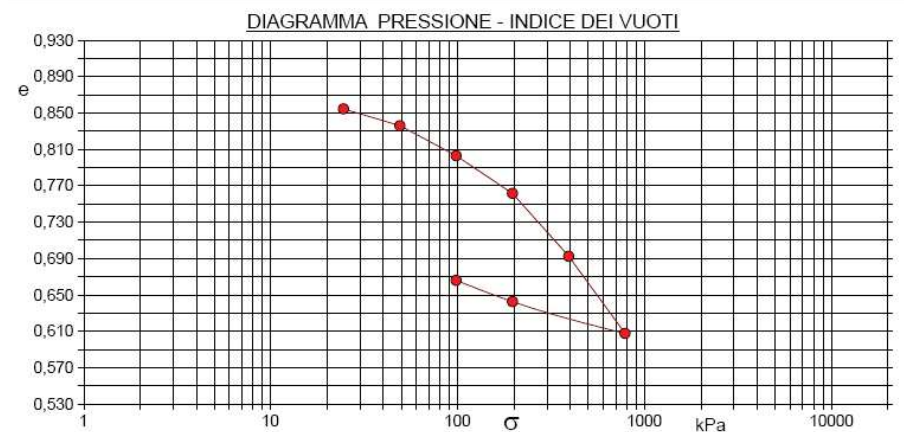


Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	11,9	0,637		
49,0	15,9	0,634	0,011	12258
98,1	28,1	0,624	0,033	8038
196,1	53,2	0,603	0,069	7814
392,3	89,8	0,573	0,100	10718
784,5	146,8	0,526	0,156	13764
196,1	141,8	0,530	0,007	
98,1	131,9	0,538	0,027	

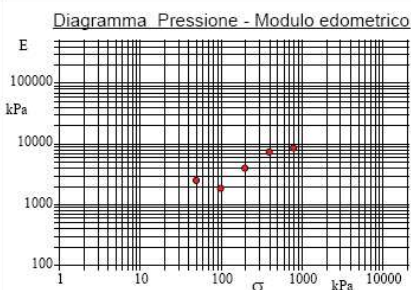


Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,12	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,74
Umidità (%)	24,5	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,66
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,91	Saturazione (%)	90,1

C2S3

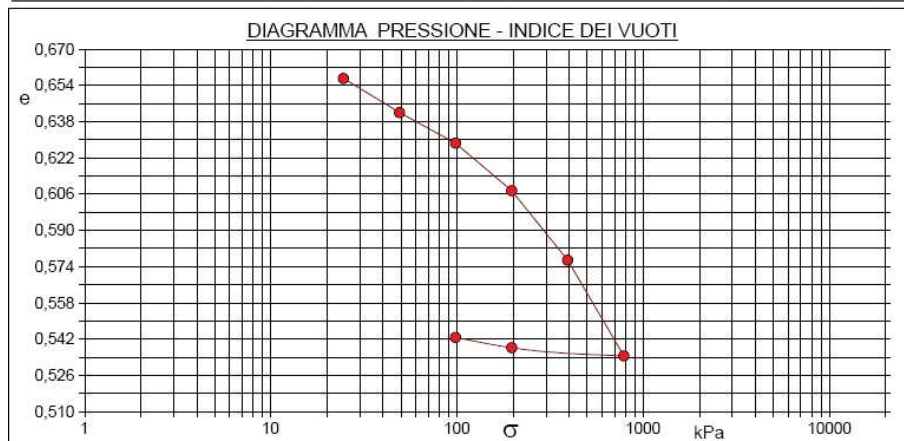


Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	7,1	0,855		
49,0	26,6	0,836	0,061	2514
98,1	79,1	0,803	0,110	1866
196,1	128,1	0,762	0,138	4008
392,3	181,2	0,692	0,230	7383
784,5	272,4	0,608	0,282	8602
196,1	234,8	0,643	0,058	
98,1	209,7	0,666	0,078	

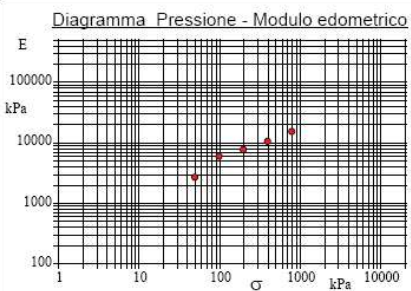


Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,25	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,73
Umidità (%)	24,7	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,34
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,79	Saturazione (%)	91,7

C3S3



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	6,6	0,657		
49,0	24,7	0,642	0,050	2709
98,1	41,0	0,628	0,045	6016
196,1	66,2	0,608	0,070	7783
392,3	103,1	0,577	0,102	10631
784,5	153,9	0,535	0,140	15444
196,1	149,6	0,538	0,006	
98,1	144,1	0,543	0,015	



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (NORMA AGI(1999), ASTM D3080-03)

Al fine di calcolare l'angolo di attrito interno e la coesione efficace del sottosuolo indagato, i campioni di terreno indisturbati e i campioni semi-disturbati sono stati sottoposti ad una prova di resistenza al taglio in scatola di Casagrande. In particolare per ogni campione è stata effettuata una prova consolidata-drenata (prova lenta CD). Si tratta di una prova in cui una consolidazione sostanzialmente completa alla pressione di confinamento è seguita da uno sforzo assiale (di taglio) addizionale, applicato in modo tale che anche un suolo saturo a bassa permeabilità possa adattarsi completamente (interamente consolidato) alle sollecitazioni dovute agli sforzi addizionali, assiali e di taglio.

Dal campione di terreno prelevato sono stati ottenuti 3 provini, successivamente consolidati con carichi assiali diversi riportati sui certificati posti in allegato.

Dopo che ogni provino ha raggiunto il consolidamento costante sotto lo sforzo assiale prestabilito, viene trasferito sull'apparecchiatura per le prove di taglio. Il provino è posto all'interno di due telai orizzontali, che possono scorrere uno rispetto all'altro, e le sollecitazioni applicate sono costituite dal carico assiale N e dalla forza di taglio T . Per queste prove è stata impostata nell'apparecchiatura una velocità di avanzamento $v = 0.003$ mm/min.

Nel corso della prova vengono misurati gli spostamenti tra i due telai orizzontali; questi permettono di calcolare solo la deformazione media del provino che, essendo all'interno di un telaio rigido, presenta uno stato di deformazione non uniforme. Di solito i risultati delle prove vengono utilizzati per determinare i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci, noti la resistenza al taglio disponibile e la tensione efficace normale al piano di scorrimento. È però importante tenere presente il fatto che l'apparecchiatura non consente di controllare le condizioni di drenaggio né di misurare la pressione interstiziale, di conseguenza la prova deve essere condotta in maniera tale da garantire "a priori" le condizioni di drenaggio, per questo è importante adottare una velocità di avanzamento adeguata alla tipologia di terreno da analizzare. I risultati delle prove sono stati rappresentati in un diagramma avente in ordinate lo sforzo di taglio alla rottura ed in ascisse la tensione normale alla superficie di scorrimento. Una volta tracciata la retta che congiunge i tre punti all'interno del diagramma, si possono ricavare l'angolo d'attrito, che corrisponde alla pendenza della stessa retta rispetto all'orizzontale, e la coesione, che corrisponde al valore dell'intersezione della suddetta retta con l'asse delle ordinate.

Obiettivo di questa prova è determinare le caratteristiche di resistenza a taglio di un terreno in condizioni drenate, mediante interpretazione della relazione $\tau:\sigma'$ nel piano di Mohr.

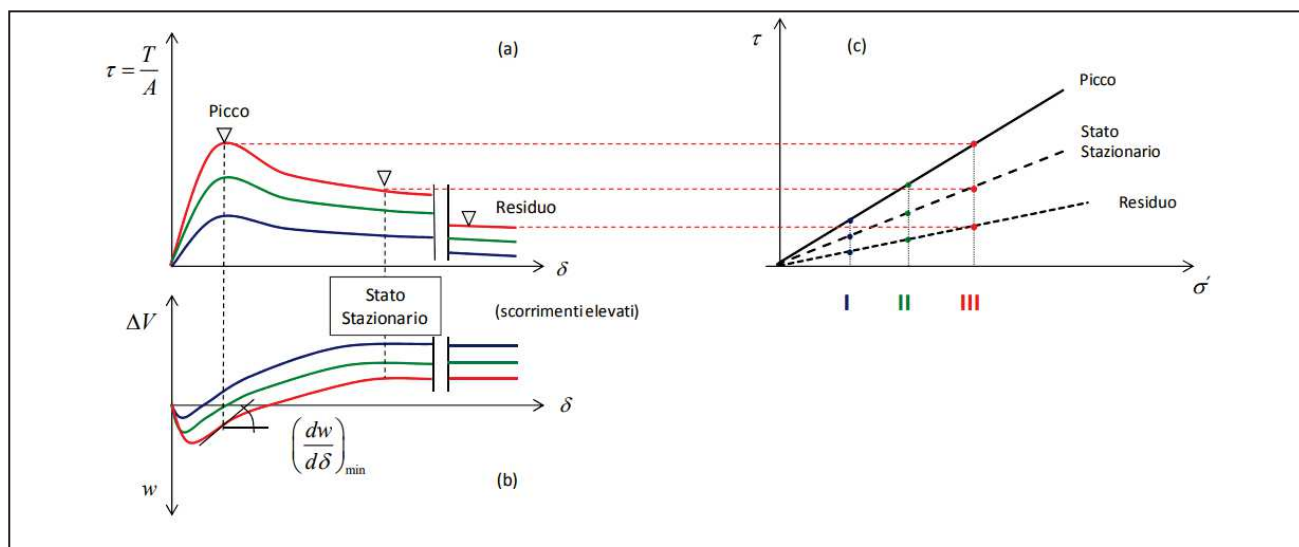
Gli strumenti sperimentali convenzionalmente adoperati allo scopo sono l'attrezzatura di taglio diretto piano (la c.d. 'scatola di Casagrande' e quella di taglio anulare (apparecchio di Bromhead). Quest'ultima presenta, rispetto alla prima, il vantaggio di permettere una distribuzione più uniforme delle tensioni tangenziali, e di consentire una più agevole determinazione della resistenza residua; è però meno diffusa nella pratica

sperimentale, a seguito della maggiore complessità operativa e per la difficoltosa preparazione dei provini. Una prova completa viene eseguita su almeno tre provini consolidati a tensioni σ'_v diverse. I provini adoperati sono in genere prismatici a sezione quadrata (ma talora anche cilindrici) e devono soddisfare requisiti dimensionali simili a quelli delle prove edometriche.

Per ciascun provino, sono in linea di principio determinabili tre distinti valori della tensione tangenziale di rottura τ_f :

- la resistenza di picco τ_p (corrispondente al valore massimo τ_{max});
- la resistenza di stato stazionario τ_{cv} (corrispondente alle condizioni di stazionarietà di w , cioè 'a volume costante');
- la resistenza residua τ_r (corrispondente a scorrimenti δ elevati).

Riportando le relative coppie di valori (σ', τ) sul piano di Mohr, sono di conseguenza determinabili tre diversi involuipi ed altrettante coppie di parametri di resistenza a rottura. Risulta in genere $\phi'_p > \phi'_{cv} > \phi'_r$, nonché $c'_{cv} \approx c'_r = 0$.



Risultati di una prova di taglio in termini di relazioni tensione-scorrimento (a), cedimento- scorrimento (b) e tensioni limite nel piano di Mohr (c).

Di seguito si riportano i valori ottenuti:

TAGLIO DIRETTO CD			
CAMPIONE	QUOTA (M)	COESIONE EFFICACE (kPa)	ANGOLO DI ATTRITO (°)
C3S1	18.20 – 18.70	2.5	23.6
C1S2	4.80 – 5.30	3.6	24.0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (Norma AGI (1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98)

La seguente tipologia di indagine permette di determinare la distribuzione delle dimensioni delle particelle che compongono un campione di terreno e di stabilire le percentuali in peso delle varie frazioni che rientrano entro limiti prefissati (frazioni granulometriche).

I metodi utilizzati per ottenere le varie frazioni granulometriche sono principalmente due: la setacciatura e l'aerometria. L'analisi granulometrica mediante setacci con caratteristiche standardizzate è limitata alla frazione grossolana di un terreno, cioè alla percentuale trattenuta dal setaccio di luce 0.075 mm; lo strumento consiste in una serie di setacci incolonnati uno sopra l'altro, in modo tale che la luce delle maglie diminuisca dall'alto verso il basso. Per il materiale passante al setaccio inferiore, ovvero quello con luce più piccola (0.075 mm), si ricorre all'analisi per sedimentazione o aerometria. Quest'ultima tecnica viene effettuata se la parte di terreno con diametro inferiore a 0.075 mm è presente in percentuale superiore al 10%. La prova si basa sulla legge di Stokes, che permette di calcolare la velocità di sedimentazione di una particella sferica di cui si conosca il peso specifico, in un fluido di densità, viscosità e temperatura note. Il campione da analizzare viene prima di tutto trattato con acqua ossigenata, per eliminare il materiale organico, e con acido cloridrico, per disciogliere il carbonato di calcio; dopodiché viene inserito in una soluzione di acqua bidistillata ed esametafosfato di sodio al fine di evitare il processo di flocculazione, che accelererebbe la sedimentazione rendendo così inadeguata l'applicazione della Legge di Stokes. Dopo aver agitato il tutto, si può dare inizio alla prova. Ad intervalli di tempo stabiliti in base alla temperatura della soluzione, si prelevano dei campioni di terreno ad una certa profondità e, dopo averli essiccati, per ognuno di essi si calcola il peso: alla fine di un intervallo di tempo "t", le particelle con velocità di sedimentazione maggiore di "h/t" si troveranno a profondità maggiori di "h", mentre quelle con velocità minore di "h/t", dopo il tempo "t" si troveranno ad una profondità minore di "h", di conseguenza, queste ultime, alla profondità "h" avranno ancora la loro concentrazione originale. Prelevato il primo campione, si lascia trascorrere un periodo di tempo "t2", dopodiché si preleva il secondo campione, sempre alla profondità "h": quest'ultimo campione conterrà un residuo minore del precedente di una quantità uguale al peso del materiale con velocità di sedimentazione intermedia alle due scelte ("h/t" e "h/t2"). I risultati sono stati diagrammati in scala semilogaritmica, riportando in ascissa il diametro delle particelle e in ordinata le percentuali in peso delle particelle.

CAMPIONE	PROFONDITÀ	-1.60 m ÷ 2.10 m da p.c.		
C1S1	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	68.3 %	30.6%	1.1 %	0.0 %
	Denominazione AGI: ARGILLA CON LIMO			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-8.00 m ÷ 8.60 m da p.c.		
C2S1	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	63.5 %	27.5%	9.0 %	0.0 %
	Denominazione AGI: ARGILLA CON LIMO DEBOLMENTE SABBIOSA			

CAMPIONE	PROFONDITÀ	-18.20 m ÷ 18.70 m da p.c.		
C3S1	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	58.4 %	38.3 %	3.3 %	0.0 %
	Denominazione AGI: ARGILLA CON LIMO SABBIOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-4.80 m ÷ 5.30 m da p.c.		
C1S2	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	47.0 %	29.7%	23.2 %	0.1 %
	Denominazione AGI: ARGILLA CON LIMO SABBIOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-10.00 m ÷ 10.50 m da p.c.		
C2S2	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	80.7 %	14.2%	4.2 %	0.9 %
	Denominazione AGI: ARGILLA LIMOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-15.00 m ÷ 15.60 m da p.c.		
C3S2	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	54.6 %	30.3%	15.1 %	0.0 %
	Denominazione AGI: ARGILLA SABBIOSA CON LIMO			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-4.00 m ÷ 4.50 m da p.c.		
C1S3	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	50.1 %	30.2%	19.5%	0.2 %
	Denominazione AGI: ARGILLA CON LIMO SABBIOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-9.10 m ÷ 9.60 m da p.c.		
C2S3	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	63.1 %	32.4%	3.7 %	0.8 %
	Denominazione AGI: ARGILLA CON LIMO			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-3.00 m ÷ 3.34 m da p.c.		
C3S3	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	30.9 %	43.4%	25.5 %	0.2 %
	Denominazione AGI: LIMO CON ARGILLA E SABBIA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-5.80 m ÷ 6.20 m da p.c.		
DC1S1	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	11.1 %	11.2%	77.7 %	0.0 %
	Denominazione AGI: SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA- ARGILLOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-13.20 m ÷ 13.50 m da p.c.		
DC2S1	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	7.4 %	6.9%	85.7 %	0.0 %
	Denominazione AGI: SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSA-LIMOSA			

CAMPIONE	PROFONDITÀ	-29.00 m ÷ 29.40 m da p.c.		
DC3S1	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	7.2 %	6.6%	86.2 %	0.0 %
	Denominazione AGI: SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSA-LIMOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-5.80 m ÷ 6.30 m da p.c.		
DC1S2	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	10.9 %	6.0%	83.1 %	0.0 %
	Denominazione AGI: SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSA-LIMOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-12.80 m ÷ 13.50 m da p.c.		
DC2S2	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	9.2 %	7.2%	83.6 %	0.0 %
	Denominazione AGI: SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSA-LIMOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-28.00 m ÷ 29.00 m da p.c.		
DC3S3	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	8.5 %	6.7%	84.8 %	0.0 %
	Denominazione AGI: SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSA-LIMOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-5.00 m ÷ 6.00 m da p.c.		
DC1S3	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	19.2 %	23.9%	56.5 %	0.4 %
	Denominazione AGI: SABBIA LIMOSA ARGILLOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-13.00 m ÷ 13.50 m da p.c.		
DC2S3	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	12.0 %	7.1%	80.9 %	0.0 %
	Denominazione AGI: LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSA-LIMOSA			
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-28.00 m ÷ 29.00 m da p.c.		
DC3S3	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	17.8 %	14.4%	67.8 %	0.0 %
	Denominazione AGI: SABBIA ARGILLOSA DEBOLMENTE LIMOSA			

LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG (ASTM D 4318-00 E ASTM D 4943-02)

I limiti di Atterberg definiscono i contenuti di acqua dei campioni determinati in laboratorio, con procedure standardizzate che rappresentano adeguatamente i passaggi critici di comportamento del terreno al variare del contenuto d'acqua. Il campione passa dallo stato solido a semisolido a quello plastico e infine a quello liquido. A queste variazioni continue di stato possiamo abbinare una variazione della risposta deformazionale del terreno. Il contenuto d'acqua che separa il passaggio dal semisolido al plastico è detto limite plastico WP, quello dallo stato plastico al liquido è detto limite liquido WL e quello dalla fase solida a semisolido è detto limite di ritiro WR.

La differenza tra il limite liquido WL e il limite plastico WP è detto indice di plasticità IP e indica il campo di contenuto d'acqua nel quale il terreno è allo stato plastico.

Inoltre è stato determinato il limite di ritiro Ws che viene individuato nel passaggio tra lo stato semisolido e lo stato solido.

CAMPIONE	PROFONDITÀ	WL (%)	WP (%)	Ws (%)	IP (%)	Ic	CLASSIFICAZIONE USCS
C1S1	1.60 - 2.10 m da p.c.	80.3	47.1	12.3	33.2	1.75	Limi inorganici o Argille e limi organici ad alta plasticità
C2S1	2.50-3.00 m da p.c.	74.3	32.3	10.0	42.0	1.94	Argille inorganiche ad alta plasticità
C3S1	18.20-18.80 m da p.c.	72.5	38.3	11.9	34.2	1.82	Limi inorganici o Argille e limi organici ad alta plasticità
C1S2	4.80-5.30 m da p.c.	58.2	28.9	10.1	29.3	1.77	Argille inorganiche ad alta plasticità
C2S2	10.00-10.50 m da p.c.	80.9	51.7	10.6	29.2	1.80	Limi inorganici o Argille e limi organici ad alta plasticità
C3S2	15.00-15.60 m da p.c.	62.0	34.3	9.5	27.7	1.84	Limi inorganici o Argille e limi organici ad alta plasticità
C1S3	4.00-4.50 m da p.c.	60.7	33.6	12.8	27.1	1.69	Limi inorganici o Argille e limi organici ad alta plasticità
C2S3	9.10-9.60 m da p.c.	80.0	50.5	11.2	29.5	1.78	Limi inorganici o Argille e limi organici ad alta plasticità
C3S3	22.50-23.10 m da p.c.	49.0	31.0	11.9	18.0	1.82	Limi inorganici o Argille e limi organici a media plasticità

PROVA TRIASSIALE TXUU

La prova triassiale è una prova di laboratorio che consente di simulare gli stati tensionali e riprodurre le condizioni di drenaggio del terreno. La prova triassiale viene eseguita su tre provini di forma cilindrica, campionati accuratamente e provenienti da un campione indisturbato di terreno (qualità di prelievo Q5). Il campione viene prelevato a pressione in fustella in acciaio e sigillato con paraffina al fine di preservare quanto più possibile le condizioni in situ. I provini di terreno di forma cilindrica vengono avvolti da una membrana impermeabile e posti all'interno della cella triassiale, successivamente verrà introdotta dell'acqua alla quale verrà applicata una pressione prestabilita e differente per ogni cella. Nell'apparecchiatura triassiale, nel caso di prove CU e CD, è presente un tubicino di drenaggio (posizionato nella parte superiore del provino e collegato al setto poroso basale) che consente di:

- applicare all'acqua che riempie i pori del terreno la pressione interstiziale (u) desiderata;
- controllare l'acqua in entrata (aumento del volume d'acqua nei pori) e in uscita nel provino (espulsione d'acqua, riduzione di volume dei pori)

Attraverso un altro tubo dell'apparecchiatura connesso al provino è possibile calcolare la pressione interstiziale del campione. Nel caso di prove UU il drenaggio all'interno del provino è impedito. Ogni tipologia di prova ha metodologie, procedure, tempi, risultati e costi differenti. In questa tipologia di prova viene impedito il drenaggio sia nella prima fase che in quella di applicazione del carico verticale.

CAMPIONE	QUOTA (M)	COESIONE EFFICACE (kPa)
C1S1	1.60 - 2.10	4
C2S1	8.00 - 8.60	10
C3S1	18.20 - 18.80	3
C1S2	4.80 - 5.30	4
C2S2	10.20 - 10.80	11
C3S2	15.00 - 15.60	7
C1S3	4.00 - 4.50	7
C2S3	9.10 - 9.60	7
C3S2	22.50 - 23.10	10



**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA CIU
NORMA A.G.I 1999; ASTM D4767-15**

Per l'esecuzione della prova triassiale consolidata non drenata CIU sono stati confezionati tre provini cilindrici. Ciascun provino è stato inserito nella cella triassiale, e la prova è stata condotta attraverso le fasi di saturazione, consolidazione e rottura.

Nel certificato sono state riportate le caratteristiche di ciascun provino e la velocità di deformazione. Sono stati inoltre forniti il diagramma tensione totale-deformazione e la tabella di dettaglio dei dati acquisiti.

CAMPIONE	QUOTA	COESIONE EFFICACE (KPA)	ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (°)
C2S2	10.20 – 10.80 m da p.c.	9.0	23.6
		COESIONE NON DRENATA CU (KPA)	ANGOLO DI ATTRITO (°)
		12.0	22.5
CAMPIONE	QUOTA	COESIONE EFFICACE (KPA)	ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (°)
C3S3	22.50 – 23.10	7.0	25.3
		COESIONE NON DRENATA CU (KPA)	ANGOLO DI ATTRITO (°)
		12.0	23.5

CAMPIONI INDISTURBATI

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuevo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: info@provepenetrometriche.com www.provepenetrometriche.com	35.00			
<u>DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE</u> <i>ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)</i> RAPPORTO DI PROVA N. P06009		Pagina 1/1			
Committente: Geo Group srl Località: Galliera (BO) Cantiere: Discarica Hera Data apertura e descrizione: 05/05/25 Data emissione rapporto: 15/05/2025 Sondaggio n. 1 Campione: I1 Profondità di prelievo: 1.60 – 2.10 Qualità campione: Q5 Dimensioni campione: L = 50 cm					
Prof. di prelievo - Alto: 1.60 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite
	1.60 _____	0.8	0.2	Argilla con limo, grigio nocciola (5Y 4/2 Olive Gray), consistente, umido.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU
		1.3	0.4		
	2.10 _____	1.1	0.5		
Prof. di prelievo - Basso: 2.10 m					
Note:					
Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; APE: aperture e descrizione; UMD: umidità; PDV: peso di volume; PSP: peso specifico; LLP: limite liquido e plastico; LLR: limite di ritiro; GRA: granulometria; CLS: classificazione; PRM: permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); EDO: edometria; TCU: triassiale CIU; TCD: triassiale CID; TUU: triassiale UU; ELL: Espansione laterale libera; TGD: taglio diretto; TGR: taglio residuo; PRT: proctor (ST standard; MD: modificata).					

RAPPORTO DI PROVA N°: P06011 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 1.60 - 2.10

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

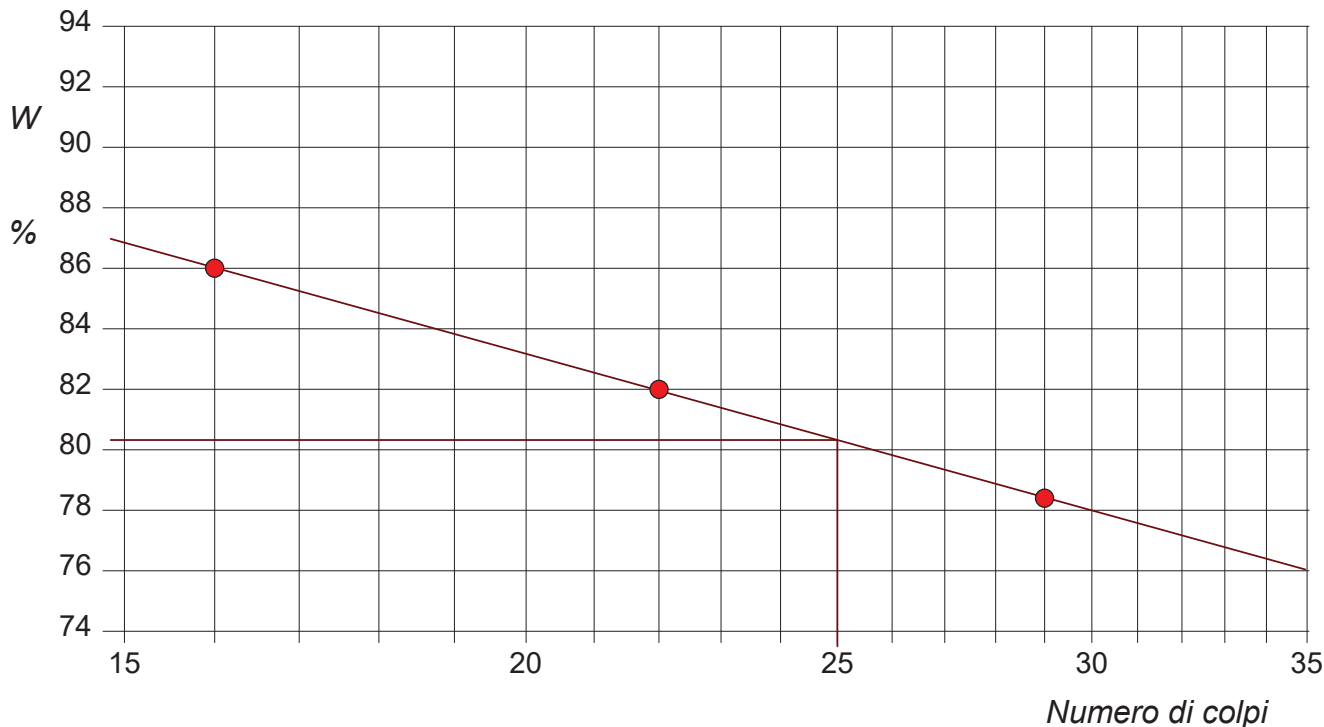
Limite di liquidità 80,3 %

Limite di plasticità 47,1 %

Indice di plasticità 33,2 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	16	22	29			Umidità (%)	50,0	44,2
Umidità (%)	86,0	82,0	78,4			Umidità media	47,1	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: P06011 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

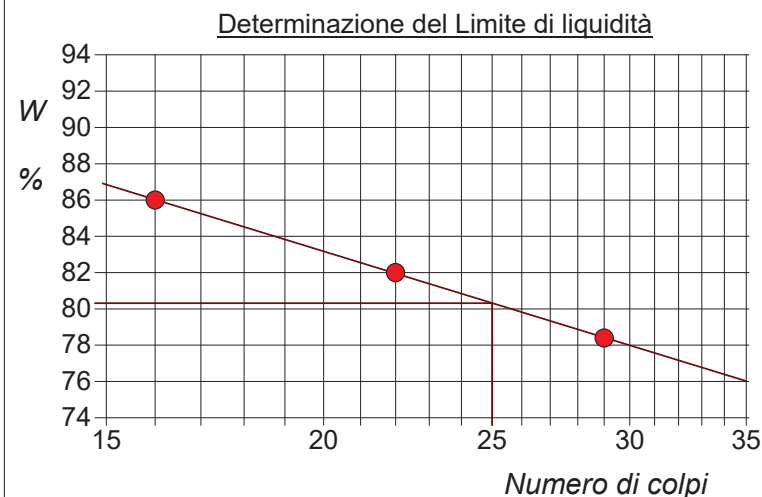
CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 1.60 - 2.10

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	80,3	%
Limite di plasticità	47,1	%
Indice di plasticità	33,2	%
Indice di consistenza	1,27	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici

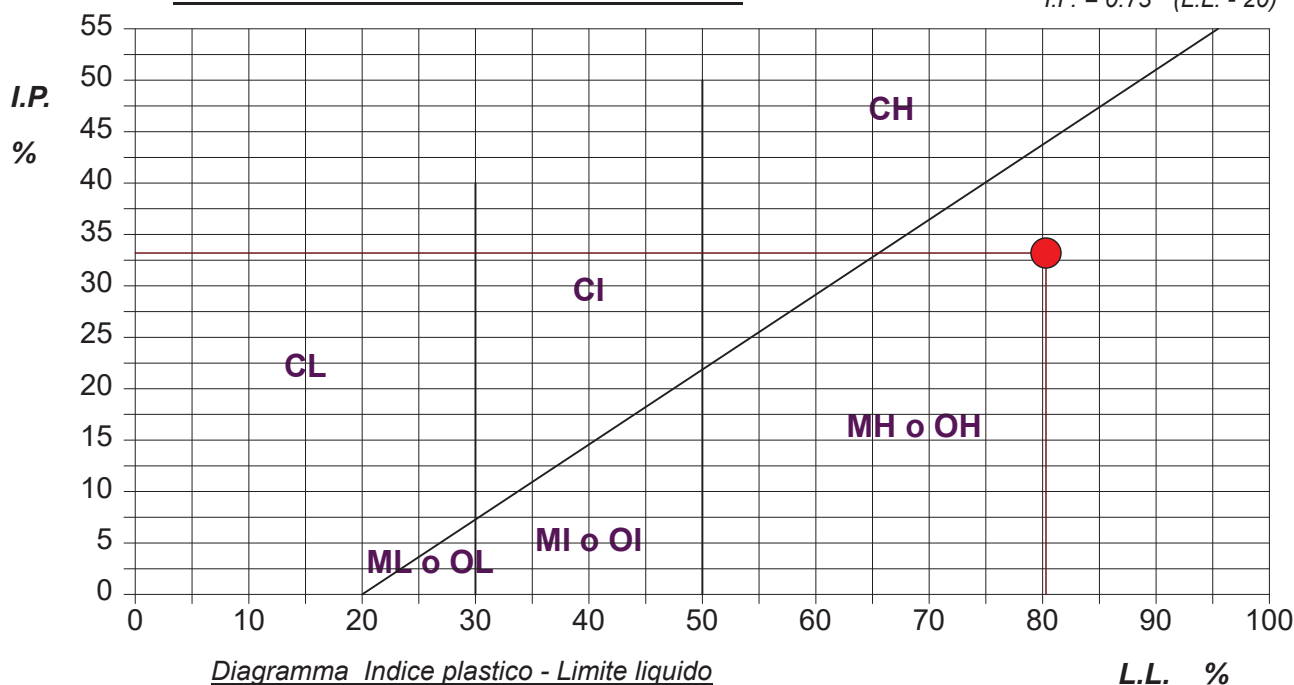
I - Media plasticità

O - Argille e limi organici

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06011	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 06/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 07/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: I1 PROFONDITA': m 1.60 - 2.10

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 100 %

Limite di ritiro = 12,3 %

Coefficiente di ritiro = 1,75

Ritiro di volume = 51,55

Ritiro lineare = 12,94

RAPPORTO DI PROVA N°: P06010 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

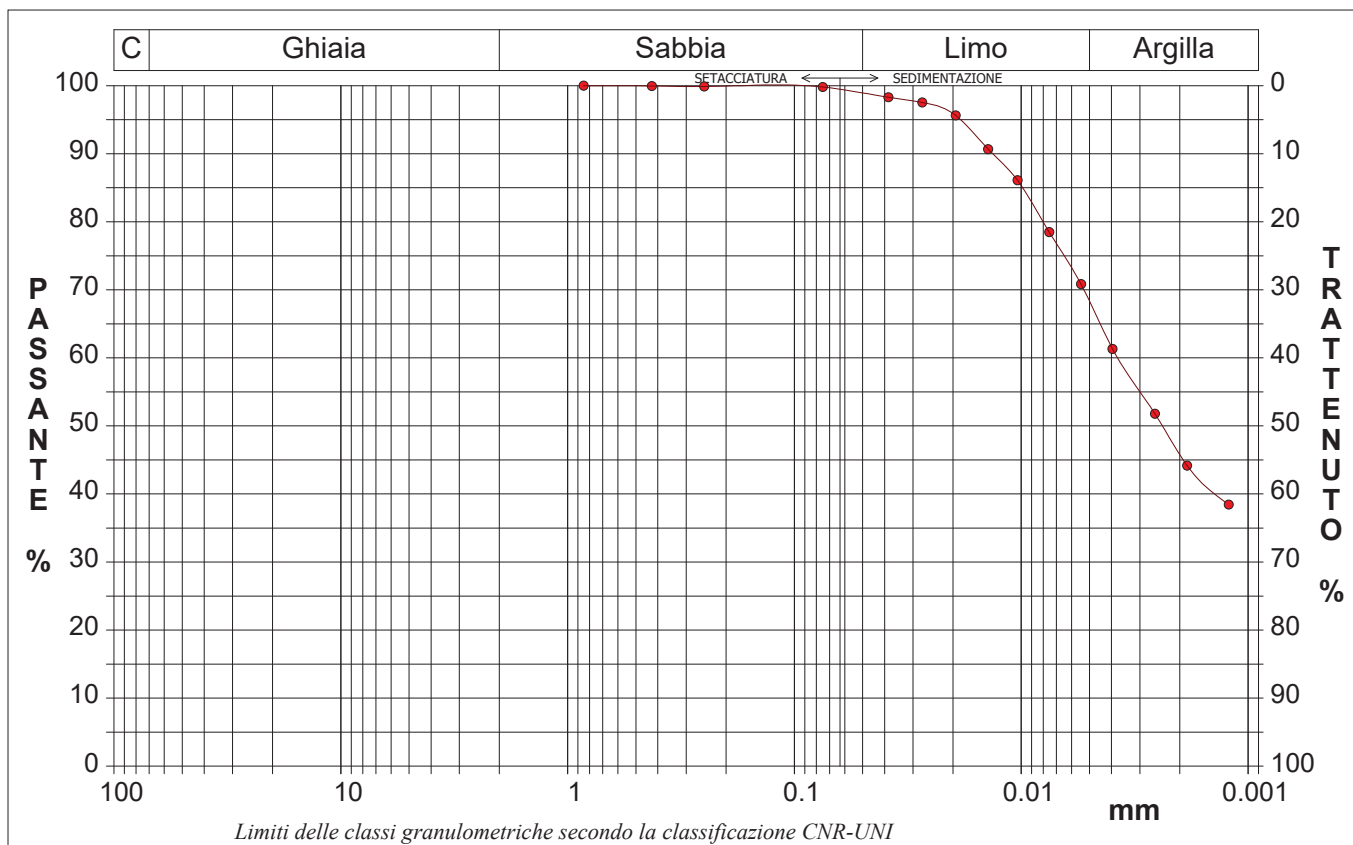
CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 1.60 - 2.10

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	1,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D30	---	mm
Limo	30,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,8 %	D50	0,00238	mm
Argilla	68,3 %			D60	0,00373	mm
				D90	0,01339	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0273	97,54	0,0054	70,85				
0,4250	99,95	0,0195	95,63	0,0040	61,31				
0,2500	99,88	0,0140	90,68	0,0026	51,78				
0,0750	99,81	0,0104	86,10	0,0019	44,16			Setacci	3
0,0385	98,30	0,0075	78,47	0,0012	38,44			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06012	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 05/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 14/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 1.60 - 2.10	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	3,3			0,10	50,6			0,10	100,3			0,10	160,6		
0,25	3,3			0,25	52,5			0,25	103,2			0,25	164,5		
0,40	4,6			0,40	53,7			0,40	104,9			0,40	167,0		
0,50	5,3			0,50	53,7			0,50	104,9			0,50	167,0		
1,00	7,3			1,00	56,2			1,00	108,6			1,00	171,9		
2,00	10,2			2,00	59,4			2,00	113,0			2,00	178,6		
4,00	14,1			4,00	63,5			4,00	119,0			4,00	187,4		
8,00	19,0			8,00	68,6			8,00	126,4			8,00	196,8		
15,00	23,9			15,00	73,3			15,00	133,7			15,00	203,9		
30,00	28,5			30,00	77,4			30,00	138,8			30,00	210,0		
60,00	32,5			60,00	80,3			60,00	140,4			60,00	213,5		
120,00	34,0			120,00	82,0			120,00	141,4			120,00	215,6		
240,00	35,1			240,00	83,3			240,00	142,2			240,00	217,6		
480,00	36,2			480,00	84,6			480,00	142,8			480,00	219,3		
960,00	37,2			960,00	85,6			960,00	143,5			960,00	220,9		
1440,00	38,1			1440,00	86,8			1440,00	144,5			1440,00	222,4		

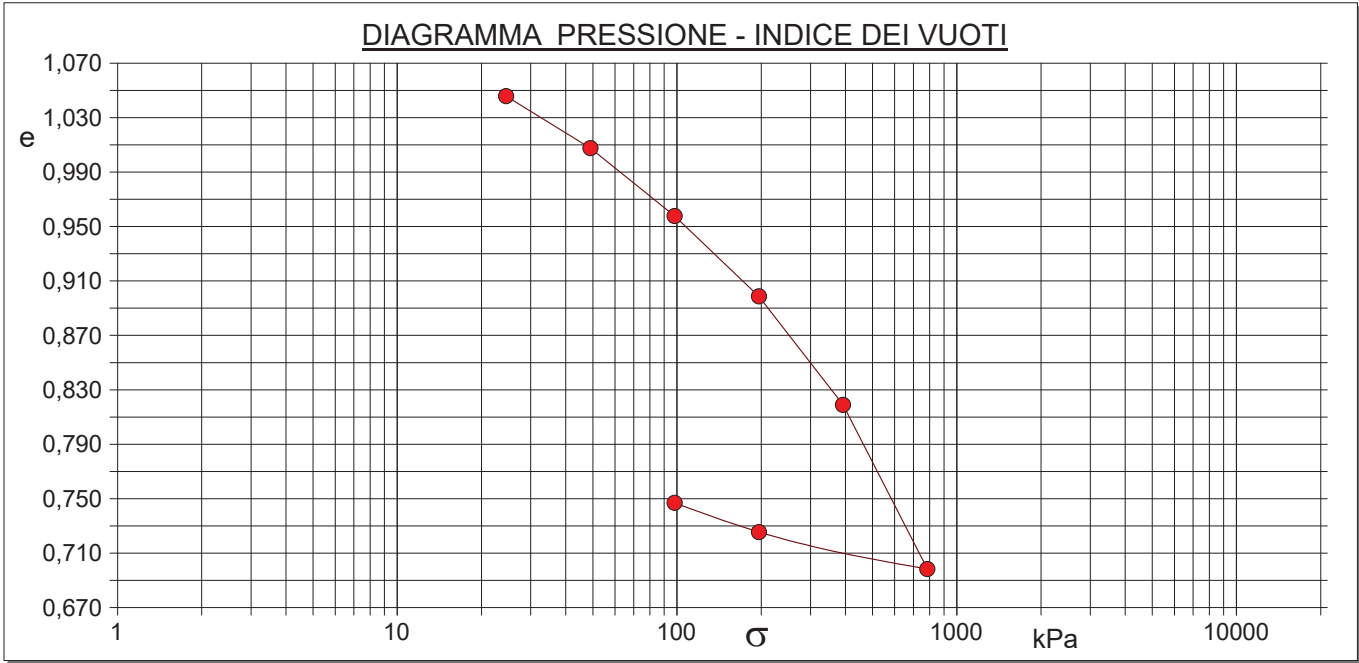
Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	241,6	2880,00	339,6												
0,25	245,3	3600,00	340,3												
0,40	248,1														
0,50	248,1														
1,00	254,6														
2,00	263,9														
4,00	276,6														
8,00	293,2														
15,00	307,9														
30,00	319,1														
60,00	325,0														
120,00	328,7														
240,00	331,5														
480,00	333,8														
960,00	335,8														
1440,00	337,8														
1800,00	338,3														

COMMITTENTE: Geo Group srl				
RIFERIMENTO: Galliera (BO)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: I1		PROFONDITA': m 1.60 - 2.10

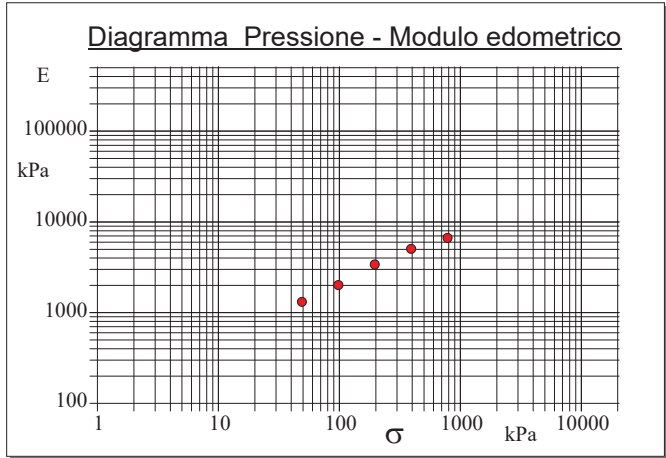
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	18,09	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	1,05
Umidità (%)	38,3	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	51,14
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	20,08	Saturazione (%)	99,8



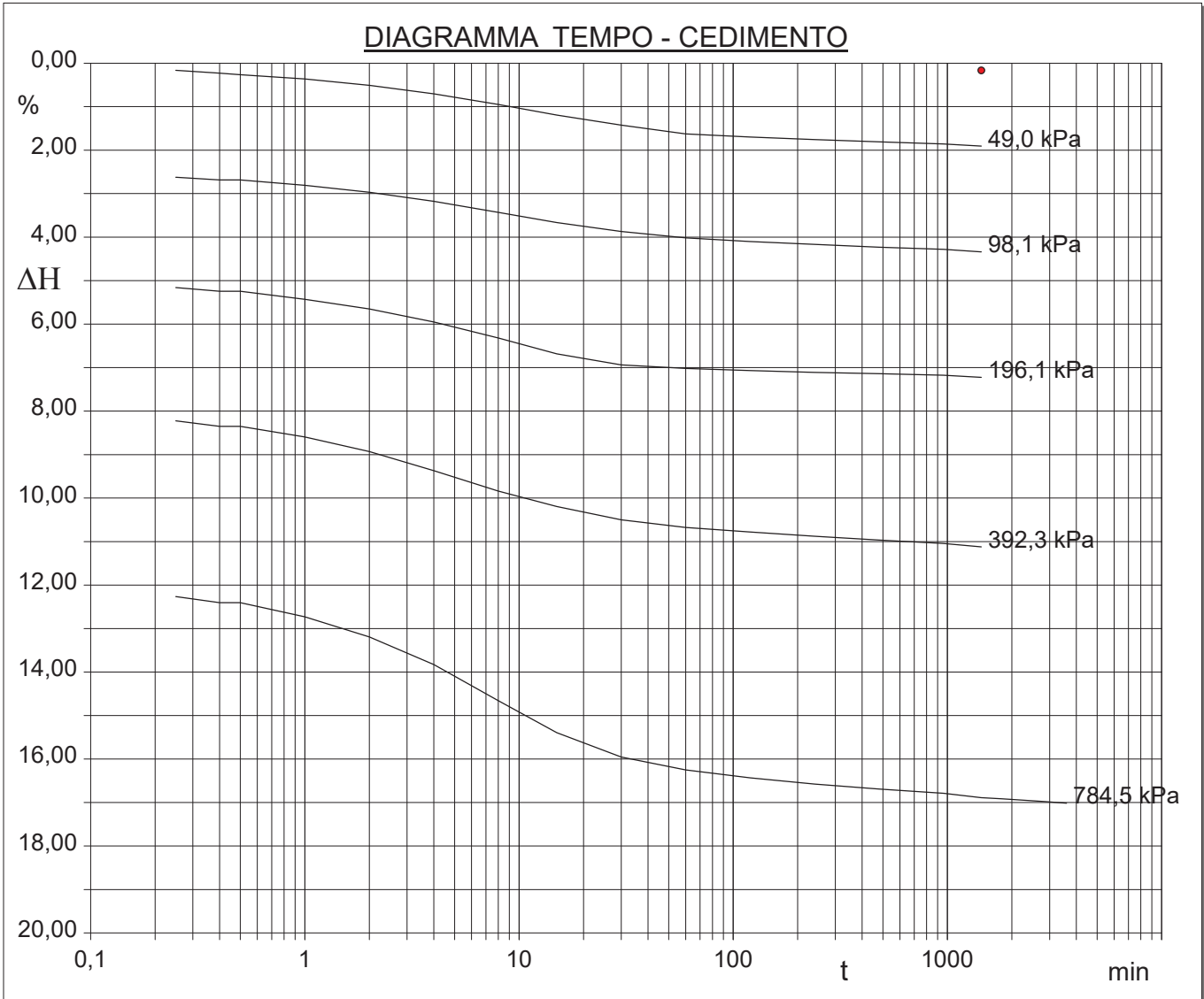
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	0,8	1,046		
49,0	38,1	1,008	0,127	1315
98,1	86,8	0,958	0,166	2014
196,1	144,5	0,899	0,196	3399
392,3	222,4	0,819	0,265	5036
784,5	340,3	0,698	0,401	6654
196,1	313,7	0,726	0,045	
98,1	292,8	0,747	0,071	



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 1.60 - 2.10

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14



RAPPORTO DI PROVA N°: P06013	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 16/05/25	Inizio analisi: 13/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 15/05/25
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 1.60 - 2.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa
0,13	0,17	2,0		0,13	0,17	1,4		0,13	0,17	2,2	
0,33	0,43	2,4		0,39	0,52	1,8		0,33	0,43	2,7	
0,53	0,69	2,8		0,59	0,78	2,1		0,53	0,69	3,3	
0,73	0,96	3,3		0,79	1,04	2,3		0,73	0,96	3,6	
0,93	1,22	3,8		1,00	1,32	2,5		0,93	1,22	3,9	
1,13	1,49	4,0		1,21	1,59	2,6		1,13	1,49	4,2	
1,34	1,76	4,3		1,41	1,85	2,7		1,34	1,76	4,5	
1,54	2,02	4,6		1,60	2,11	2,8		1,54	2,02	4,7	
1,73	2,28	4,8		1,80	2,36	3,0		1,73	2,28	5,0	
1,99	2,62	5,0		1,99	2,62	3,2		1,99	2,62	5,3	
2,25	2,96	5,1		2,18	2,87	3,4		2,25	2,96	5,5	
2,38	3,13	5,2		2,37	3,12	3,5		2,38	3,13	5,7	
2,51	3,30	5,2		2,57	3,38	3,6		2,51	3,30	5,8	
2,71	3,57	5,4		2,77	3,65	3,7		2,71	3,57	5,9	
2,91	3,83	5,5		2,97	3,91	3,9		2,91	3,83	5,9	
3,12	4,10	5,6		3,18	4,18	4,0		3,12	4,10	6,0	
3,32	4,37	5,6		3,38	4,45	4,0		3,32	4,37	6,0	
3,52	4,63	5,7		3,59	4,72	4,1		3,52	4,63	6,1	
3,72	4,89	5,7		3,79	4,99	4,2		3,72	4,89	6,2	
3,93	5,17	5,8		4,00	5,26	4,2		3,93	5,17	6,1	
4,13	5,44	5,8		4,20	5,53	4,3		4,13	5,44	6,1	
4,33	5,70	5,8		4,40	5,79	4,4		4,33	5,70	6,1	
4,53	5,96	5,7		4,59	6,04	4,5		4,53	5,96	6,1	
4,72	6,22	5,7		4,79	6,30	4,5		4,72	6,22	6,1	
4,92	6,47	5,8		4,98	6,56	4,6		4,92	6,47	6,1	
5,18	6,81	5,8		5,18	6,81	4,6		5,18	6,81	6,1	
5,44	7,15	5,8		5,37	7,07	4,7		5,44	7,15	6,1	
5,83	7,66	5,8		5,76	7,58	4,7		5,83	7,66	6,3	
6,22	8,18	5,8		6,15	8,09	4,8		6,22	8,18	6,3	
6,62	8,71	5,8		6,55	8,62	4,9		6,62	8,71	6,2	
7,02	9,23	5,8		6,95	9,14	5,0		7,02	9,23	6,2	
7,41	9,75	5,8		7,35	9,67	5,0		7,41	9,75	6,3	
7,81	10,27	5,8		7,74	10,18	5,1		7,81	10,27	6,2	
8,20	10,78	5,8		8,13	10,70	5,1		8,20	10,78	6,2	
8,60	11,31	5,8		8,52	11,21	5,1		8,60	11,31	6,2	
8,99	11,83	5,7		8,92	11,74	5,1		8,99	11,83	6,2	
9,38	12,35	5,7		9,32	12,26	5,1		9,38	12,35	6,1	
9,78	12,87	5,7		9,72	12,78	5,1		9,78	12,87	6,1	
10,19	13,40	5,7		10,18	13,40	5,2		10,19	13,40	6,1	
10,58	13,92	5,7		10,64	14,00	5,2		10,58	13,92	6,2	
10,97	14,43	5,7		11,03	14,52	5,2		10,97	14,43	6,1	
11,36	14,94	5,7		11,41	15,01	5,2		11,36	14,94	6,1	
11,78	15,49	5,6		11,78	15,50	5,2		11,78	15,49	6,0	
12,16	16,00	5,6		12,16	16,00	5,2		12,16	16,00	5,9	
12,64	16,63	5,6		12,59	16,57	5,2		12,64	16,63	5,9	
13,02	17,14	5,6		13,02	17,13	5,2		13,02	17,14	5,8	
13,42	17,66	5,6		13,42	17,65	5,3		13,42	17,66	5,7	
13,81	18,17	5,5		13,81	18,17	5,3		13,81	18,17	5,7	
14,18	18,66	5,5		14,18	18,66	5,2		14,18	18,66	5,6	
14,64	19,27	5,4		14,60	19,21	5,2		14,64	19,27	5,6	
15,02	19,76	5,4		15,02	19,76	5,2		15,02	19,76	5,5	
15,39	20,26	5,4		15,40	20,26	5,2		15,39	20,26	5,5	
15,78	20,76	5,4		15,78	20,76	5,2		15,78	20,76	5,3	
16,26	21,39	5,4		16,21	21,32	5,2		16,26	21,39	5,2	
16,63	21,88	5,4		16,63	21,88	5,2		16,63	21,88	5,0	
17,00	22,37	5,2		17,00	22,37	5,1		17,00	22,37	5,0	
17,37	22,86	5,2		17,42	22,92	5,0		17,37	22,86	4,8	
17,85	23,49	5,2		17,85	23,49	5,0		17,85	23,49	4,8	

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.



Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Diagramma Pressione interstiziale - Deformazione

Y-axis: Δu (kPa)
X-axis: δ (%)

TENSIONI TOTALI

Y-axis: τ (kPa)
X-axis: σ' (kPa)

	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuevo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: info@provepenetrometriche.com www.provepenetrometriche.com	35.00			
<u>DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE</u> <i>ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)</i> RAPPORTO DI PROVA N. P06014		Pagina 1/1			
Committente: Geo Group srl Località: Galliera (BO) Cantiere: Discarica Hera Data apertura e descrizione: 28/04/25 Data emissione rapporto: 15/05/2025 Sondaggio n. 1 Campione: I2 Profondità di prelievo: 8.00 – 8.60 m Qualità campione: Q5 Dimensioni campione: L = 60 cm					
Prof. di prelievo - Alto: 8.00 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite
	8.00 ____	2.0	0.9	Argilla con limo, grigio nocciola (5Y 4/2 Olive Gray), consistente, umido.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU
		2.2	1.1		
		2.1	1.0		
8.60 ____					
Prof. di prelievo - Basso: 8.60 m					
Note:					
Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; APE: aperture e descrizione; UMD: umidità; PDV: peso di volume; PSP: peso specifico; LLP: limite liquido e plastico; LLR: limite di ritiro; GRA: granulometria; CLS: classificazione; PRM: permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); EDO: edometria; TCU: triassiale CIU; TCD: triassiale CID; TUU: triassiale UU; ELL: Espansione laterale libera; TGD: taglio diretto; TGR: taglio residuo; PRT: proctor (ST standard; MD: modificata).					

RAPPORTO DI PROVA N°: P06016 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 8.00 - 8.60

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

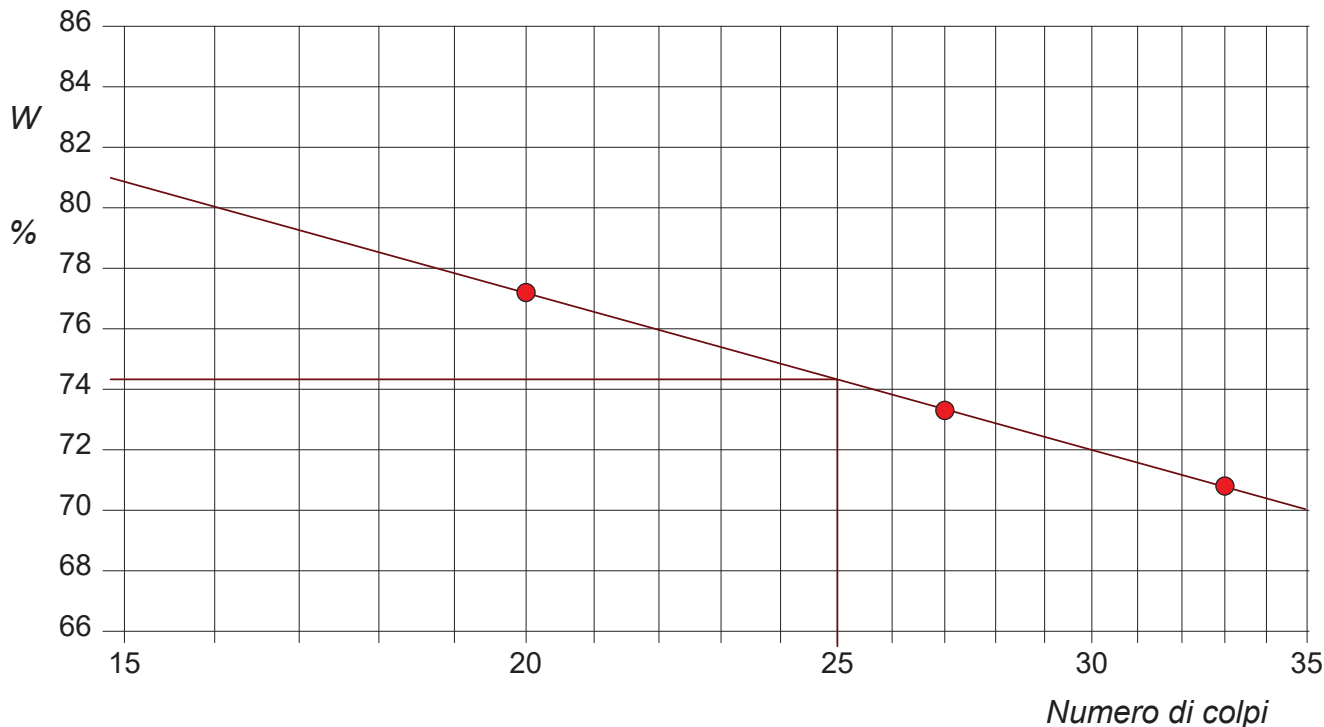
Limite di liquidità 74,3 %

Limite di plasticità 32,3 %

Indice di plasticità 42,0 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	20	27	33			Umidità (%)	33,6	31,0
Umidità (%)	77,2	73,3	70,8			Umidità media	32,3	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: **P06016** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 8.00 - 8.60

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	74,3	%
Limite di plasticità	32,3	%
Indice di plasticità	42,0	%
Indice di consistenza	1,03	
Passante al set. n° 40	NO	

C - Argille inorganiche

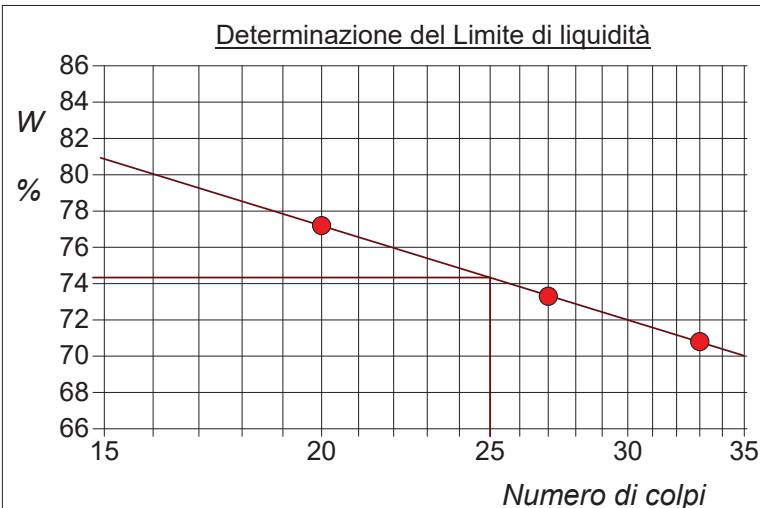
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

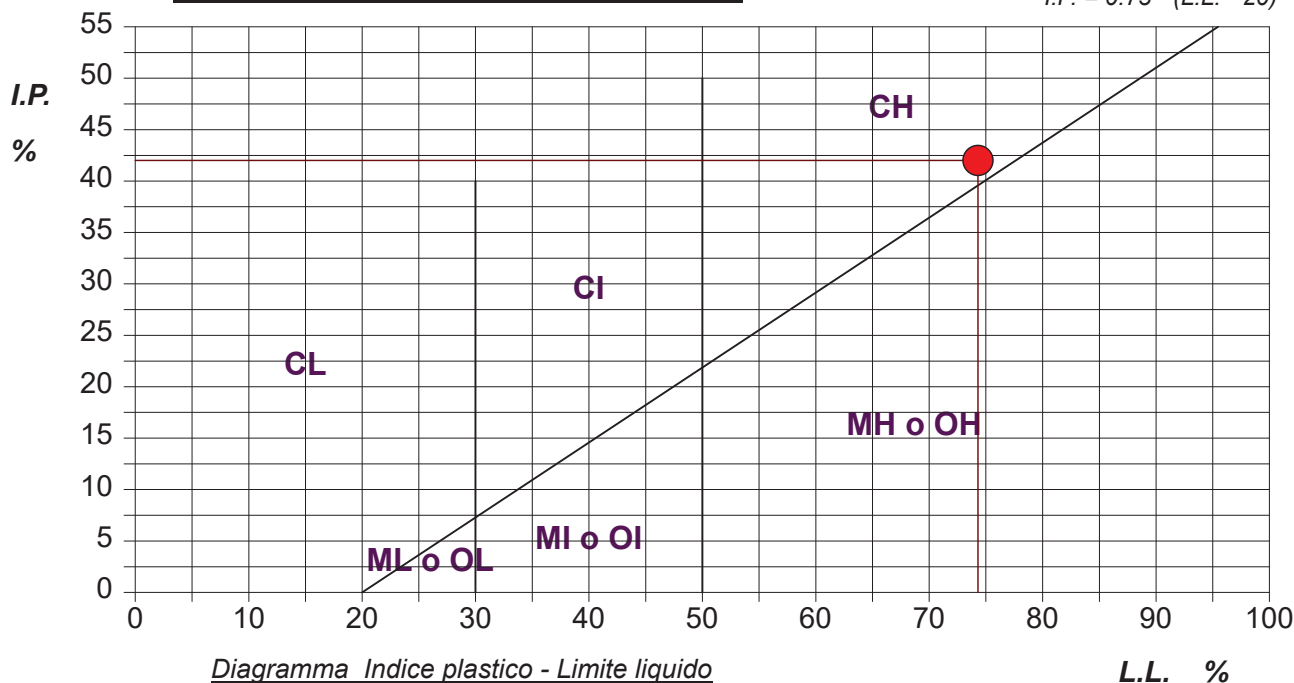
I - Media plasticità

H - Alta plasticità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06016	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 06/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 07/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 8.00 - 8.60

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 99 %

Limite di ritiro = 10,0 %
Coefficiente di ritiro = 1,94
Ritiro di volume = 63,59
Ritiro lineare = 15,13

RAPPORTO DI PROVA N°: P06015 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

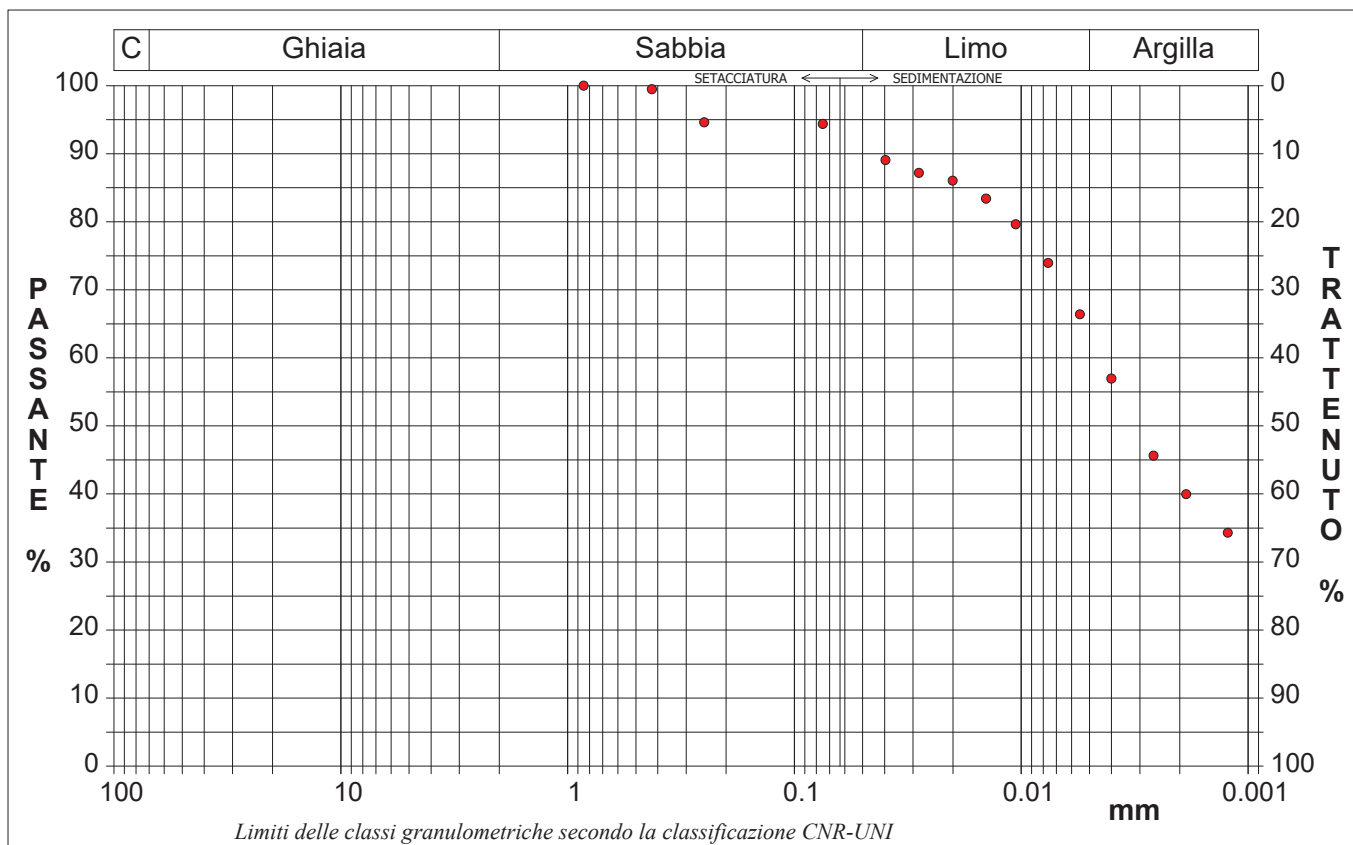
CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 8.00 - 8.60

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	9,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,4 %	D30	---	mm
Limo	27,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,4 %	D50	0,00308	mm
Argilla	63,5 %			D60	0,00444	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	
				D90	0,04436	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0282	87,19	0,0055	66,41				
0,4250	99,50	0,0200	86,05	0,0040	56,96				
0,2500	94,61	0,0143	83,41	0,0026	45,63				
0,0750	94,37	0,0106	79,63	0,0019	39,97			Setacci	3
0,0397	89,07	0,0076	73,96	0,0012	34,30			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06017	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 28/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m 8.00 - 8.60	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	0,8			0,10	2,9			0,10	8,9			0,10	47,8	2880,00	112,4
0,25	2,0			0,25	4,8			0,25	17,9			0,25	66,1	3600,00	113,1
0,40	2,3			0,40	5,3			0,40	19,5			0,40	66,1		
0,50	2,3			0,50	5,6			0,50	19,5			0,50	67,4		
1,00	2,6			1,00	6,1			1,00	21,3			1,00	69,2		
2,00	3,2			2,00	7,1			2,00	23,0			2,00	72,3		
4,00	3,8			4,00	7,9			4,00	25,0			4,00	76,3		
8,00	4,4			8,00	9,4			8,00	27,4			8,00	81,4		
15,00	4,7			15,00	10,2			15,00	30,1			15,00	87,1		
30,00	5,3			30,00	11,2			30,00	33,2			30,00	94,0		
60,00	5,3			60,00	12,2			60,00	35,8			60,00	99,5		
120,00	5,7			120,00	13,5			120,00	37,6			120,00	103,2		
240,00	6,3			240,00	15,1			240,00	38,9			240,00	105,7		
480,00	6,9			480,00	16,1			480,00	40,0			480,00	107,7		
960,00	7,2			960,00	17,6			960,00	40,9			960,00	109,4		
1440,00	2,9							1440,00	41,4			1440,00	110,6		
								1800,00	41,8			1800,00	111,2		

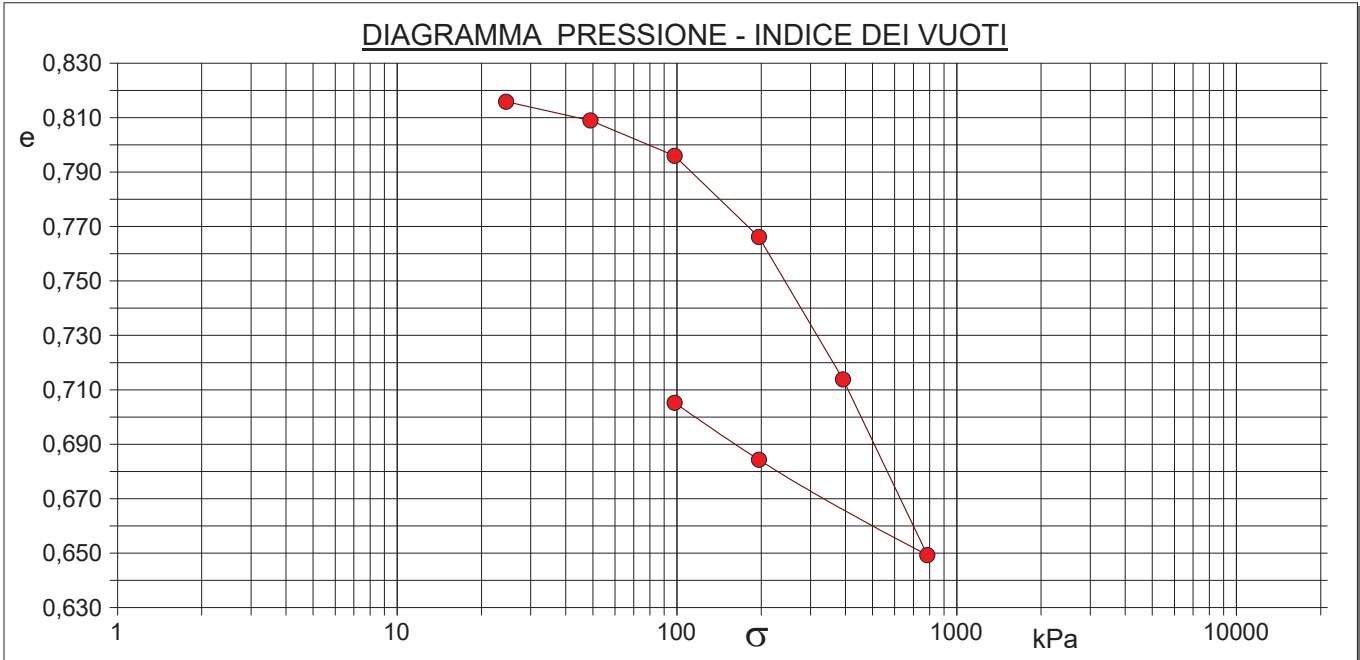
Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	113,1														
0,25	131,5														
0,40	131,5														
0,50	133,1														
1,00	136,1														
2,00	140,5														
4,00	145,8														
8,00	153,1														
15,00	160,8														
30,00	168,8														
60,00	174,6														
120,00	178,2														
240,00	180,5														
480,00	182,5														
960,00	184,2														

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m	8.00 - 8.60

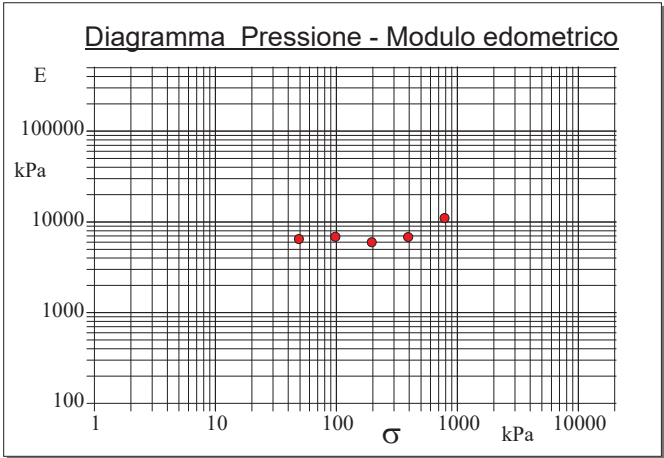
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,42	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,82
Umidità (%)	31,8	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	44,95
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	17,65	Saturazione (%)	100,0



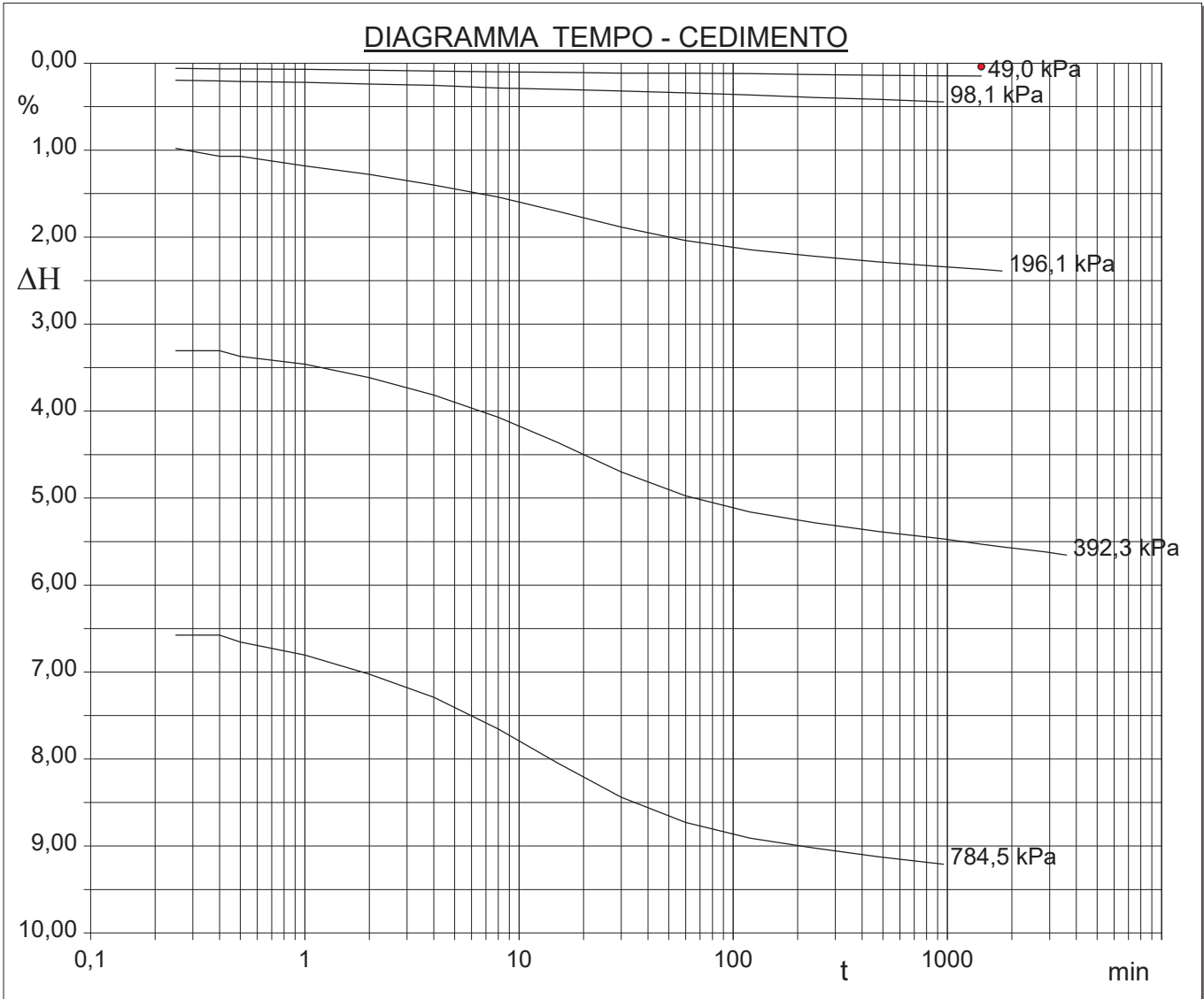
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,5	0,8	0,816				
49,0	2,9	0,809	0,023	6468		
98,1	17,6	0,796	0,043	6853		
196,1	41,8	0,766	0,099	5970		
392,3	113,1	0,714	0,174	6815		
784,5	184,2	0,649	0,215	11034		
196,1	145,6	0,684	0,058			
98,1	122,6	0,705	0,069			



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m 8.00 - 8.60

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14



RAPPORTO DI PROVA N°: P06018	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 07/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 8.00 - 8.60

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,13	0,17	2,6		0,13	0,17	7,2		0,13	0,17	6,7	
0,39	0,52	3,9		0,33	0,43	8,0		0,39	0,52	7,8	
0,53	0,69	4,6		0,53	0,69	8,8		0,53	0,69	8,5	
0,79	1,04	5,0		0,73	0,96	9,2		0,79	1,04	9,3	
0,93	1,22	5,8		0,93	1,22	9,5		0,93	1,22	10,0	
1,21	1,59	6,2		1,13	1,49	9,8		1,21	1,59	10,4	
1,34	1,76	6,5		1,34	1,76	10,1		1,34	1,76	11,2	
1,60	2,11	7,0		1,54	2,02	10,8		1,60	2,11	11,5	
1,73	2,28	7,2		1,73	2,28	11,4		1,73	2,28	11,7	
1,99	2,62	7,6		1,99	2,62	11,7		1,99	2,62	12,0	
2,25	2,96	8,3		2,25	2,96	11,9		2,25	2,96	12,3	
2,37	3,12	8,5		2,38	3,13	12,3		2,37	3,12	12,6	
2,51	3,30	8,7		2,51	3,30	12,6		2,51	3,30	13,1	
2,77	3,65	9,0		2,71	3,57	12,9		2,77	3,65	13,4	
2,91	3,83	9,4		2,91	3,83	13,3		2,91	3,83	13,6	
3,18	4,18	9,6		3,12	4,10	13,5		3,18	4,18	13,8	
3,32	4,37	10,0		3,32	4,37	13,8		3,32	4,37	14,1	
3,59	4,72	10,1		3,52	4,63	14,0		3,59	4,72	14,2	
3,72	4,89	10,3		3,72	4,89	14,2		3,72	4,89	14,7	
4,00	5,26	10,4		3,93	5,17	14,5		4,00	5,26	14,8	
4,13	5,44	10,5		4,13	5,44	14,7		4,13	5,44	14,9	
4,40	5,79	10,7		4,33	5,70	14,8		4,40	5,79	15,0	
4,53	5,96	10,8		4,53	5,96	14,8		4,53	5,96	15,1	
4,79	6,30	11,2		4,72	6,22	14,9		4,79	6,30	15,3	
4,92	6,47	11,4		4,92	6,47	15,1		4,92	6,47	15,3	
5,18	6,81	11,7		5,18	6,81	15,1		5,18	6,81	15,4	
5,44	7,15	12,0		5,44	7,15	15,2		5,44	7,15	15,5	
5,83	7,66	12,4		5,83	7,66	15,4		5,83	7,66	15,6	
6,22	8,18	12,7		6,22	8,18	15,6		6,22	8,18	15,9	
6,62	8,71	12,9		6,62	8,71	15,8		6,62	8,71	16,1	
7,02	9,23	12,9		7,02	9,23	16,1		7,02	9,23	16,4	
7,41	9,75	13,1		7,41	9,75	16,4		7,41	9,75	16,5	
7,81	10,27	13,7		7,81	10,27	16,3		7,81	10,27	16,5	
8,20	10,78	14,1		8,20	10,78	16,3		8,20	10,78	16,6	
8,60	11,31	14,5		8,60	11,31	16,5		8,60	11,31	16,6	
8,99	11,83	14,6		8,99	11,83	16,8		8,99	11,83	16,7	
9,38	12,35	14,5		9,38	12,35	17,0		9,38	12,35	16,9	
9,78	12,87	14,5		9,78	12,87	17,1		9,78	12,87	17,0	
10,19	13,40	14,5		10,19	13,40	17,1		10,19	13,40	17,1	
10,58	13,92	14,6		10,58	13,92	17,0		10,58	13,92	17,1	
10,97	14,43	15,2		10,97	14,43	16,9		10,97	14,43	17,2	
11,36	14,94	15,4		11,36	14,94	16,8		11,36	14,94	17,1	
11,78	15,49	15,6		11,78	15,49	16,9		11,78	15,49	17,1	
12,16	16,00	15,5		12,16	16,00	17,0		12,16	16,00	17,2	
12,64	16,63	15,4		12,64	16,63	16,8		12,64	16,63	17,3	
13,02	17,14	15,2		13,02	17,14	16,7		13,02	17,14	17,4	
13,42	17,66	15,2		13,42	17,66	16,8		13,42	17,66	17,4	
13,81	18,17	15,5		13,81	18,17	16,8		13,81	18,17	17,3	
14,18	18,66	15,7		14,18	18,66	16,9		14,18	18,66	17,3	
14,64	19,27	16,2		14,64	19,27	16,9		14,64	19,27	17,1	
15,02	19,76	16,3		15,02	19,76	17,0		15,02	19,76	17,2	
15,39	20,26	16,2		15,39	20,26	17,0		15,39	20,26	17,4	
15,78	20,76	16,1		15,78	20,76	17,0		15,78	20,76	17,4	
16,26	21,39	15,7		16,26	21,39	17,0		16,26	21,39	17,4	
16,63	21,88	15,8		16,63	21,88	17,0		16,63	21,88	17,4	
17,00	22,37	16,1		17,00	22,37	16,8		17,00	22,37	17,3	
17,37	22,86	16,2		17,37	22,86	16,7		17,37	22,86	17,2	
17,85	23,49	16,4		17,85	23,49	16,8		17,85	23,49	17,2	

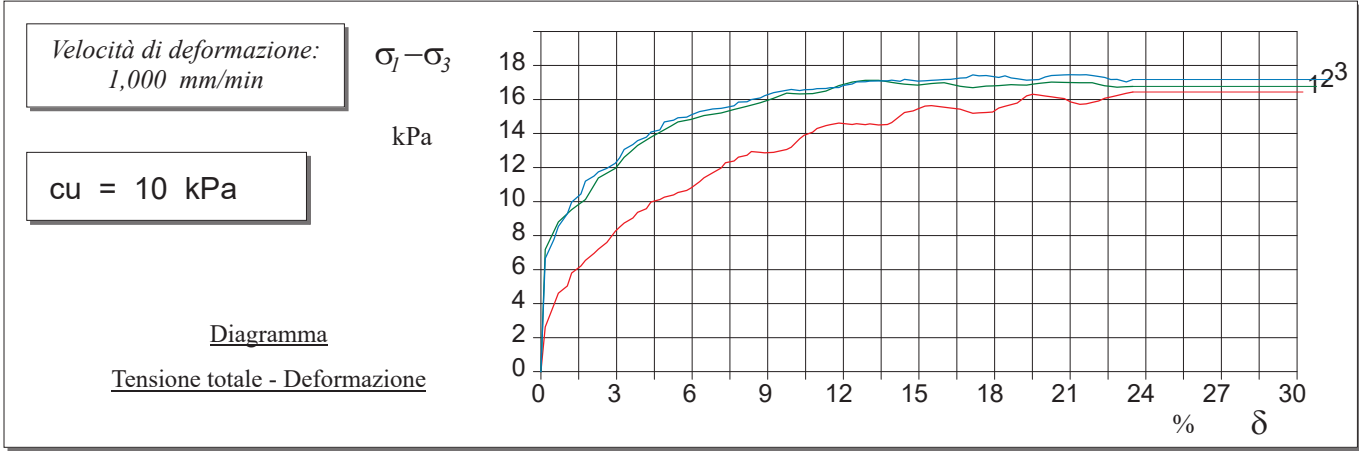
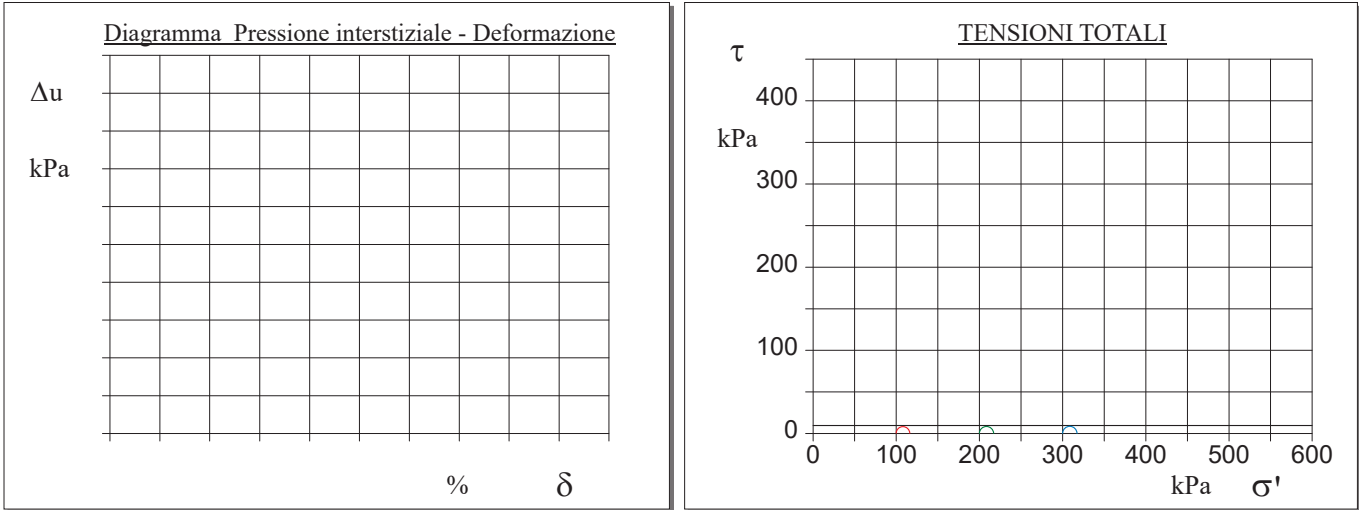
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m	8.00 - 8.60

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ _l -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_l + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_l - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	19,7	2,73	30,1	100,0	100	0	100	23,5	16	108	8
2	7,60	3,81	19,8	2,73	32,2	100,0	200	0	200	13,4	17	209	9
3	7,60	3,81	19,8	2,73	31,1	100,0	300	0	300	21,0	17	309	9

H _o φ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione	σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ _l σ ₃ - Tensioni totali
--	--	---	--



DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P06063

Pagina 1/1

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Galliera (BO)**

Cantiere: **Discarica Hera**

Data apertura e descrizione: **29/04/25**

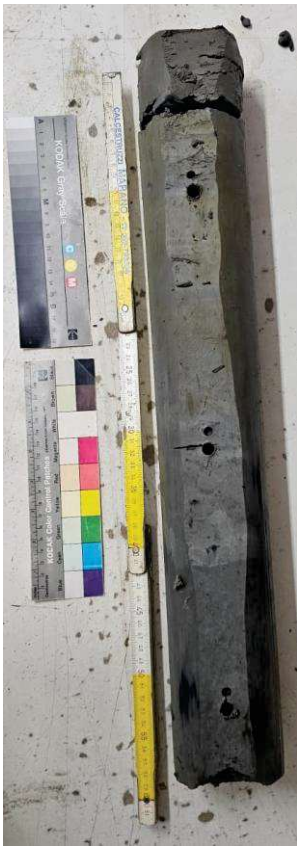
Data emissione rapporto: **15/05/2025**

Sondaggio n. **1** Campione: **I3**

Profondità di prelievo: **18.20 – 8.80 m**

Qualità campione: **Q5**

Dimensioni campione: L = **60 cm**

Prof. di prelievo - Alto: 18.20 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite
	18.20			Argilla limosa, grigio nocciola (5Y 4/2 Olive Gray), consistente, umido.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU, TGD
		1.5	0.5		
		1.2	0.5		
		1.5	0.7		
Prof. di prelievo - Basso: 18.80 m	18.80				

Note:

Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; **APE:** aperture e descrizione; **UMD:** umidità; **PDV:** peso di volume; **PSP:** peso specifico; **LLP:** limite liquido e plastico; **LLR:** limite di ritiro; **GRA:** granulometria; **CLS:** classificazione; **PRM:** permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); **EDO:** edometria; **TCU:** triassiale CIU; **TCD:** triassiale CID; **TUU:** triassiale UU; **ELL:** Espansione laterale libera; **TGD:** taglio diretto; **TGR:** taglio residuo; **PRT:** proctor (ST standard; MD: modificata).

RAPPORTO DI PROVA N°: **P06065** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 29/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 30/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 18.20 - 18.70

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

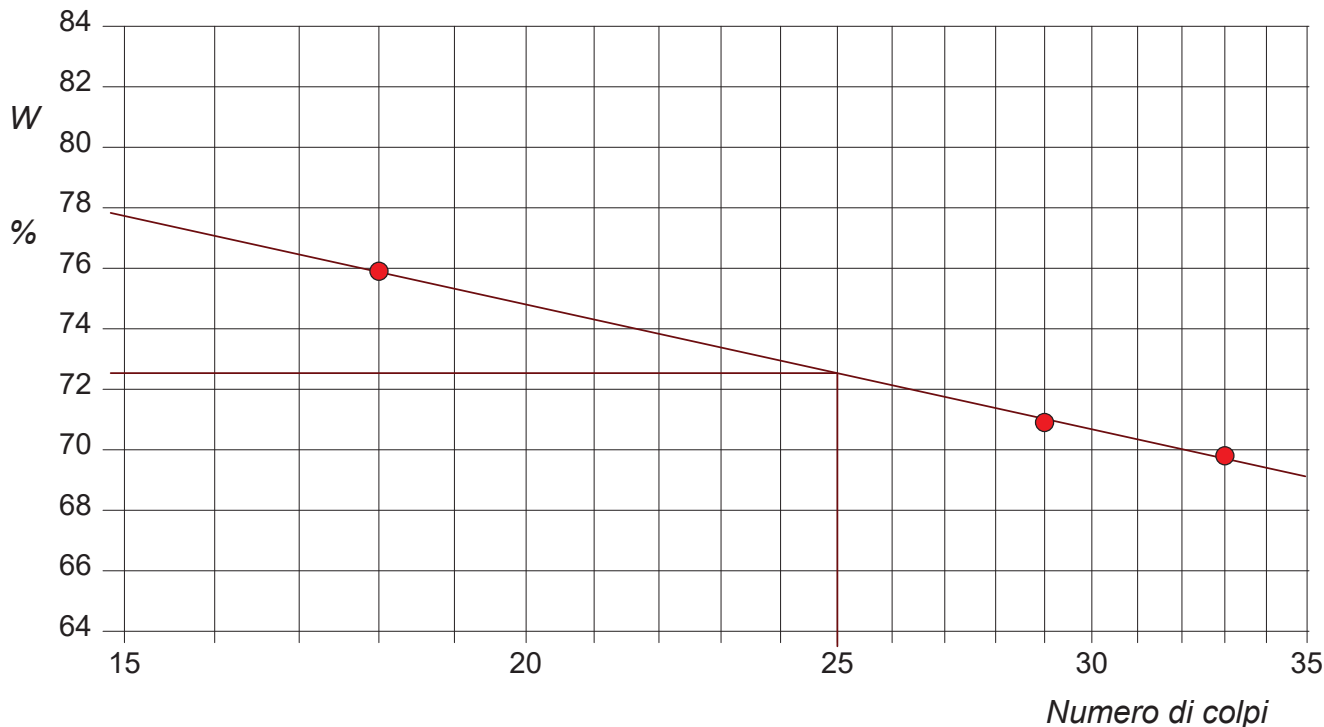
Limite di liquidità 72,5 %

Limite di plasticità 38,3 %

Indice di plasticità 34,2 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	18	29	33			Umidità (%)	38,1	38,5
Umidità (%)	75,9	70,9	69,8			Umidità media	38,3	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: **P06065** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 29/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 30/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

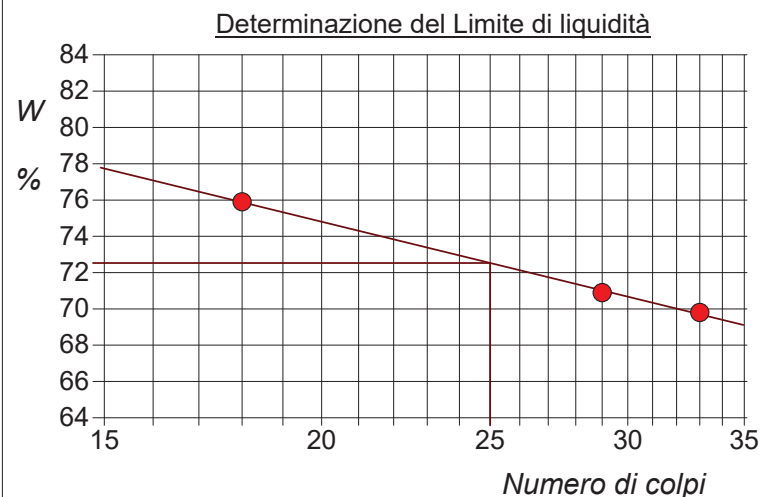
CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 18.20 - 18.70

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	72,5	%
Limite di plasticità	38,3	%
Indice di plasticità	34,2	%
Indice di consistenza	1,22	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici

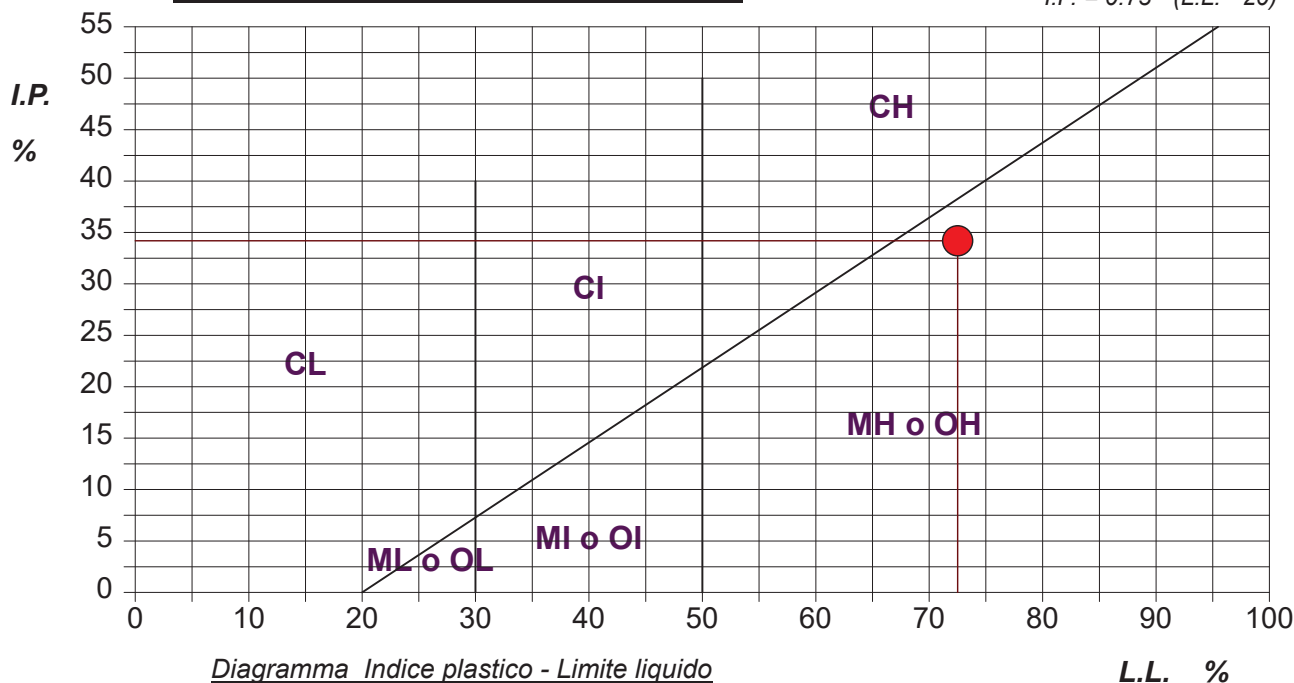
I - Media plasticità

O - Argille e limi organici

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06065	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 30/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 02/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: I3 PROFONDITA': m 18.20 - 18.70

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 100 %

Limite di ritiro = 11,9 %
Coefficiente di ritiro = 1,82
Ritiro di volume = 32,77
Ritiro lineare = 9,02

RAPPORTO DI PROVA N°: P06064 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

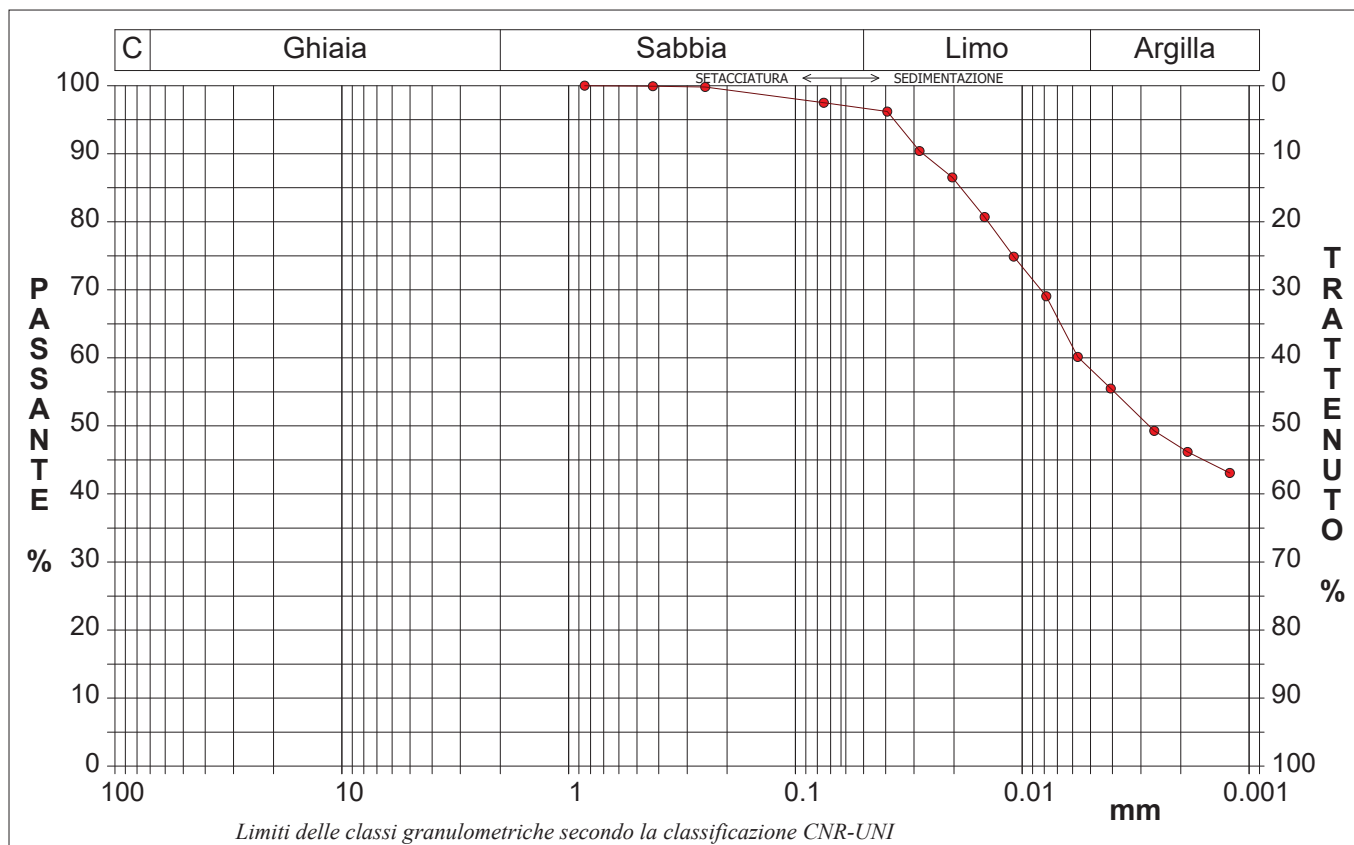
CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 18.20 - 18.70

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	3,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,9 %	D30	---	mm
Limo	38,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,5 %	D50	0,00276	mm
Argilla	58,4 %			D60	0,00563	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,02744 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0284	90,39	0,0057	60,14				
0,4250	99,93	0,0203	86,51	0,0041	55,49				
0,2500	99,80	0,0146	80,70	0,0026	49,29				
0,0750	97,49	0,0109	74,88	0,0019	46,18			Setacci	3
0,0393	96,21	0,0078	69,06	0,0012	43,08			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06066	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 29/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m 18.20 - 18.70	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	8,0			0,10	94,0			0,10	109,3	2880,00	137,0	0,10	153,8		
0,25	8,0			0,25	95,1			0,25	120,5	3600,00	137,1	0,25	156,7		
0,40	13,8			0,40	96,1			0,40	122,7			0,40	156,7		
0,50	18,1			0,50	96,1			0,50	122,7			0,50	158,6		
1,00	27,7			1,00	97,6			1,00	126,6			1,00	161,7		
2,00	42,6			2,00	100,0			2,00	129,3			2,00	164,4		
4,00	61,1			4,00	102,4			4,00	131,0			4,00	166,0		
8,00	73,5			8,00	103,8			8,00	132,0			8,00	167,2		
15,00	77,0			15,00	104,8			15,00	132,7			15,00	168,0		
30,00	80,0			30,00	105,7			30,00	133,4			30,00	168,9		
60,00	83,2			60,00	106,5			60,00	133,9			60,00	169,6		
120,00	85,2			120,00	107,2			120,00	134,5			120,00	170,4		
240,00	86,8			240,00	107,8			240,00	135,1			240,00	171,1		
480,00	87,0			480,00	108,2			480,00	135,8			480,00	171,7		
960,00	87,0			960,00	108,6			960,00	136,2			960,00	172,4		
1440,00	87,2			1440,00	108,8			1440,00	136,6			1440,00	172,9		
				1800,00	108,9			1800,00	136,7						

Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	195,3														
0,25	198,8														
0,40	198,8														
0,50	200,9														
1,00	204,1														
2,00	206,1														
4,00	207,1														
8,00	207,9														
15,00	208,4														
30,00	209,0														
60,00	209,6														
120,00	210,4														
240,00	210,9														
480,00	211,7														
960,00	212,5														
1440,00	213,2														

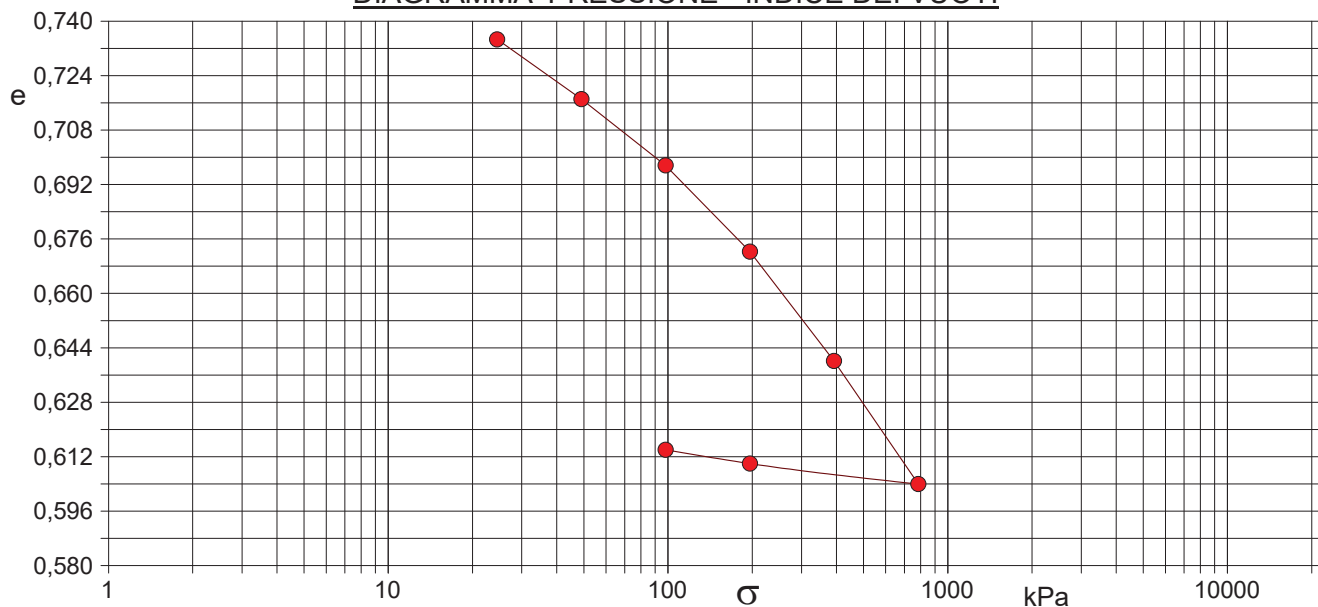
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m	18.20 - 18.70

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

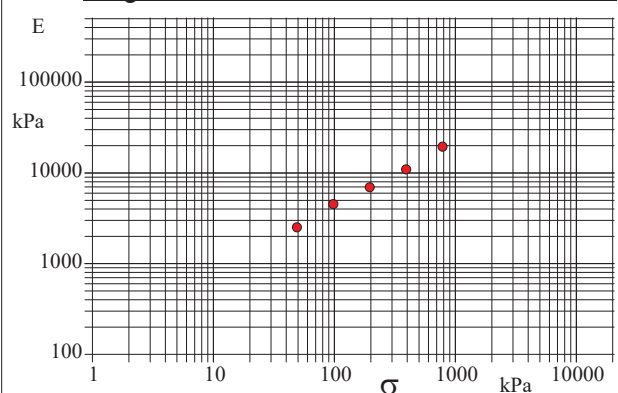
Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	18,16	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,94
Umidità (%)	31,8	Volume provino (cm³)	72,00	Porosità (%)	48,55
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	34,95	Saturazione (%)	92,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	67,6	0,735		
49,0	87,2	0,717	0,058	2507
98,1	108,9	0,698	0,065	4519
196,1	137,1	0,672	0,084	6955
392,3	172,9	0,640	0,107	10957
784,5	213,2	0,604	0,120	19467
196,1	206,5	0,610	0,010	
98,1	202,0	0,614	0,013	

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

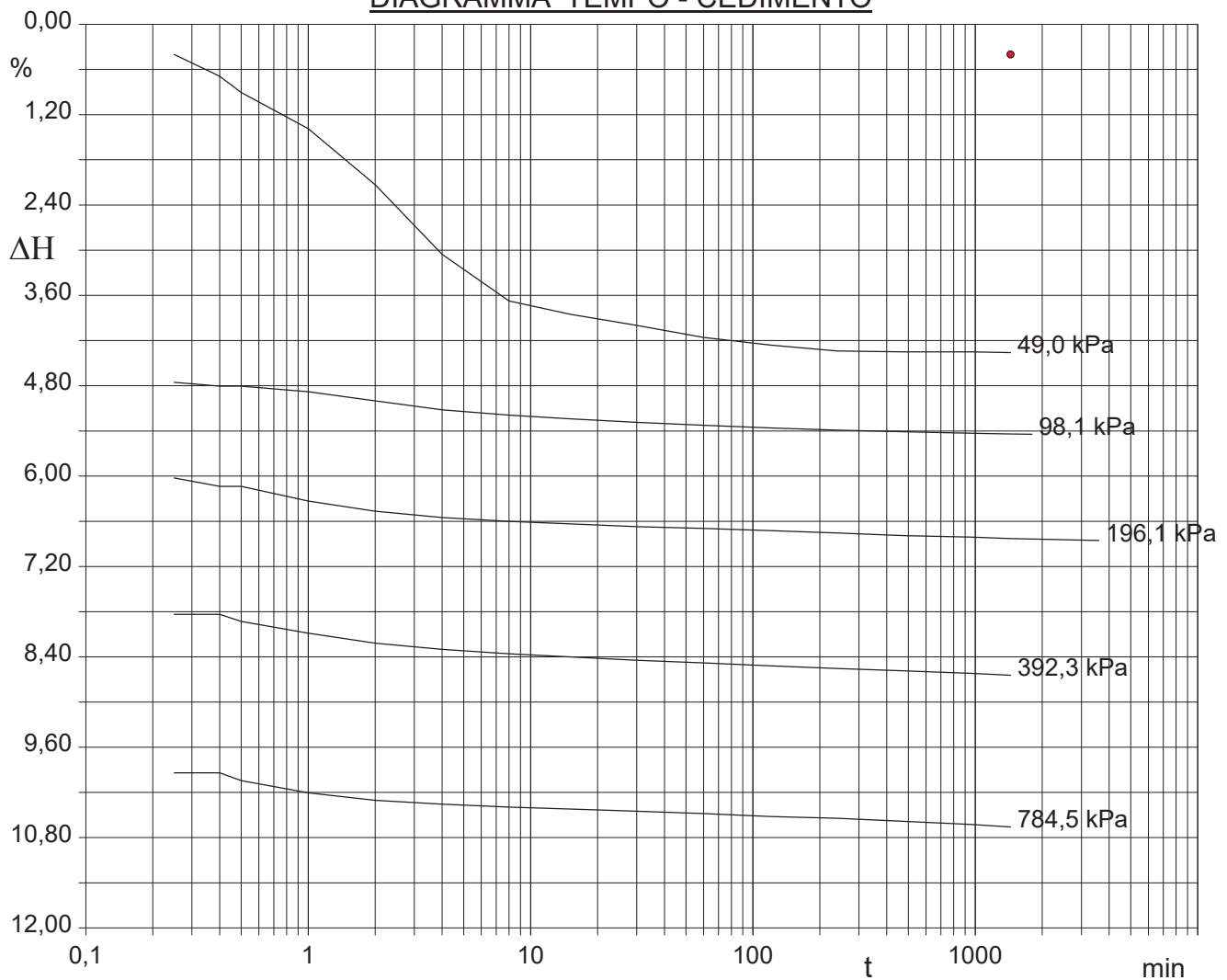


COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m 18.20 - 18.70

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m 18.20 - 18.70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	44		89		129	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	5,56	0,04	3,81	0,08	5,50	0,52
Umidità iniziale e umidità finale (%):	32,2	37,6	31,0	33,0	31,1	33,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,0	18,8	17,3	17,6	17,7	18,0
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	91,2	100,0	82,6	87,9	86,2	93,6

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 2,5 kPa
Angolo di attrito interno: 23,6 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

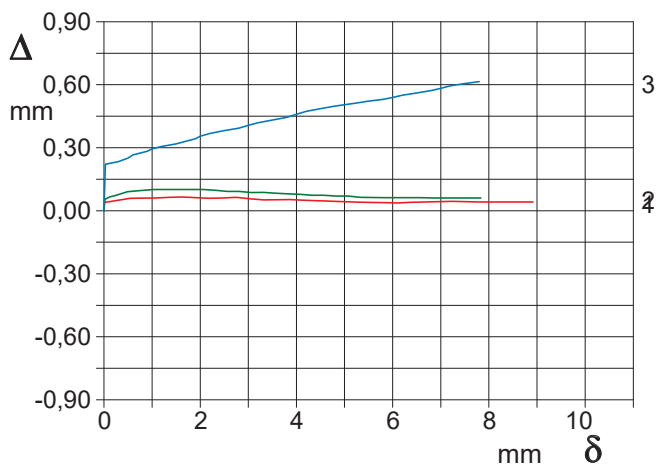
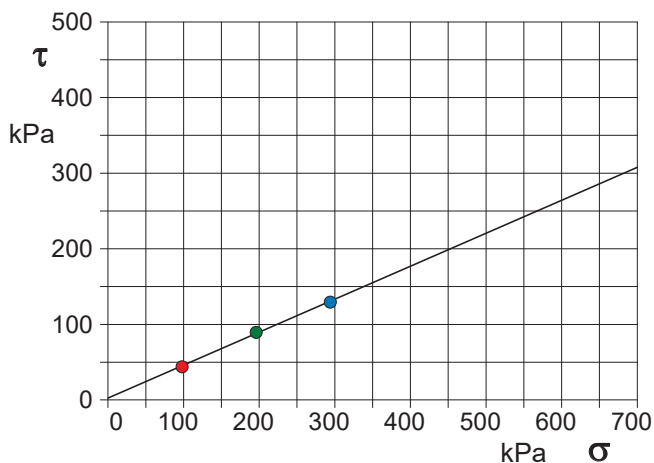


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

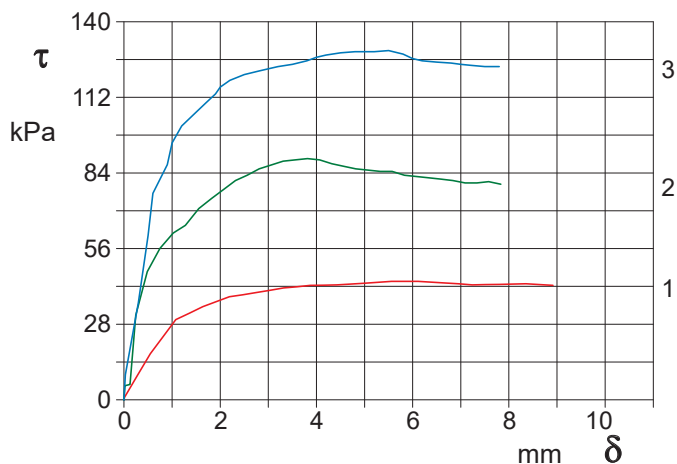


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

RAPPORTO DI PROVA N°: P06019	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 05/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 07/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: I3 PROFONDITA': m 18.20 - 18.70

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

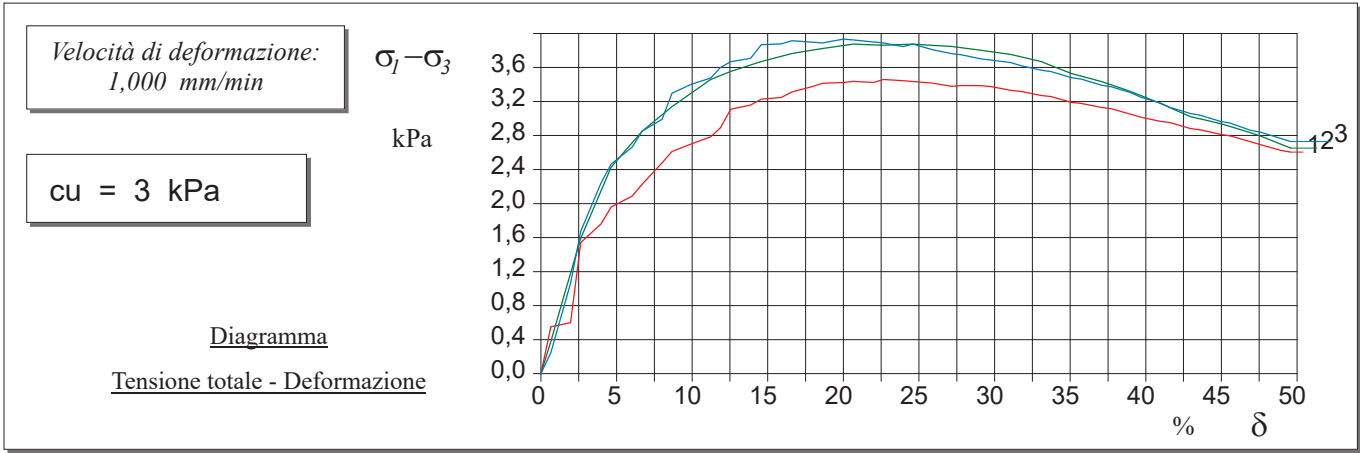
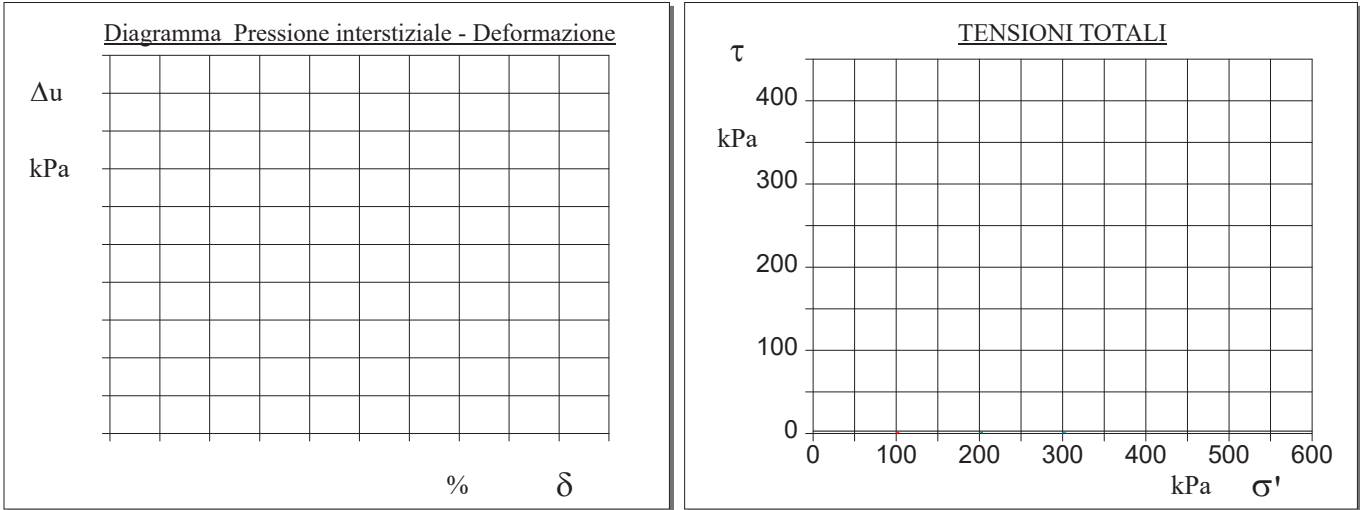
PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,13	0,66	0,6		0,13	0,66	0,4		0,13	0,66	0,2	
0,39	1,97	0,6		0,33	1,64	1,0		0,39	1,97	1,1	
0,53	2,63	1,5		0,53	2,63	1,6		0,53	2,63	1,7	
0,79	3,97	1,8		0,73	3,64	2,0		0,79	3,97	2,2	
0,93	4,64	2,0		0,93	4,64	2,4		0,93	4,64	2,5	
1,21	6,04	2,1		1,13	5,67	2,6		1,21	6,04	2,7	
1,34	6,70	2,2		1,34	6,70	2,9		1,34	6,70	2,9	
1,60	8,01	2,5		1,54	7,68	3,0		1,60	8,01	3,0	
1,73	8,66	2,6		1,73	8,66	3,1		1,73	8,66	3,3	
1,99	9,94	2,7		1,99	9,95	3,3		1,99	9,94	3,4	
2,25	11,24	2,8		2,25	11,24	3,5		2,25	11,24	3,5	
2,37	11,87	2,9		2,38	11,90	3,5		2,37	11,87	3,6	
2,51	12,56	3,1		2,51	12,56	3,6		2,51	12,56	3,7	
2,77	13,86	3,2		2,71	13,56	3,6		2,77	13,86	3,7	
2,91	14,57	3,2		2,91	14,57	3,7		2,91	14,57	3,9	
3,18	15,89	3,2		3,12	15,59	3,7		3,18	15,89	3,9	
3,32	16,61	3,3		3,32	16,61	3,8		3,32	16,61	3,9	
3,59	17,93	3,4		3,52	17,60	3,8		3,59	17,93	3,9	
3,72	18,60	3,4		3,72	18,60	3,8		3,72	18,60	3,9	
4,00	20,00	3,4		3,93	19,63	3,8		4,00	20,00	3,9	
4,13	20,66	3,4		4,13	20,66	3,9		4,13	20,66	3,9	
4,40	22,00	3,4		4,33	21,65	3,9		4,40	22,00	3,9	
4,53	22,65	3,5		4,53	22,65	3,9		4,53	22,65	3,9	
4,79	23,95	3,4		4,72	23,62	3,9		4,79	23,95	3,8	
4,92	24,59	3,4		4,92	24,59	3,9		4,92	24,59	3,9	
5,18	25,89	3,4		5,18	25,88	3,9		5,18	25,89	3,8	
5,44	27,18	3,4		5,44	27,18	3,8		5,44	27,18	3,8	
5,56	27,81	3,4		5,63	28,15	3,8		5,56	27,81	3,7	
5,83	29,13	3,4		5,83	29,13	3,8		5,83	29,13	3,7	
5,96	29,78	3,4		6,02	30,11	3,8		5,96	29,78	3,7	
6,22	31,09	3,3		6,22	31,09	3,8		6,22	31,09	3,7	
6,35	31,75	3,3		6,42	32,08	3,7		6,35	31,75	3,6	
6,62	33,08	3,3		6,62	33,08	3,7		6,62	33,08	3,6	
6,75	33,74	3,3		6,82	34,08	3,6		6,75	33,74	3,6	
7,02	35,09	3,2		7,02	35,09	3,5		7,02	35,09	3,5	
7,15	35,75	3,2		7,21	36,07	3,5		7,15	35,75	3,5	
7,41	37,06	3,1		7,41	37,06	3,4		7,41	37,06	3,4	
7,55	37,73	3,1		7,61	38,04	3,4		7,55	37,73	3,4	
7,81	39,03	3,0		7,81	39,03	3,3		7,81	39,03	3,3	
7,94	39,68	3,0		8,00	40,00	3,2		7,94	39,68	3,3	
8,20	40,98	3,0		8,20	40,98	3,2		8,20	40,98	3,2	
8,32	41,61	3,0		8,40	41,98	3,1		8,32	41,61	3,1	
8,60	42,98	2,9		8,60	42,98	3,0		8,60	42,98	3,1	
8,72	43,62	2,9		8,79	43,96	3,0		8,72	43,62	3,0	
8,99	44,94	2,8		8,99	44,94	2,9		8,99	44,94	3,0	
9,12	45,60	2,8		9,19	45,93	2,9		9,12	45,60	2,9	
9,38	46,92	2,7		9,38	46,92	2,8		9,38	46,92	2,9	
9,52	47,58	2,7		9,45	47,25	2,8		9,52	47,58	2,8	
9,78	48,92	2,6		9,52	47,58	2,8		9,78	48,92	2,8	
9,92	49,59	2,6		9,72	48,58	2,7		9,92	49,59	2,7	
				9,92	49,59	2,7					

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m	18.20 - 18.70

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	ϕ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ _I -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_I+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_I-\sigma_3}{2}$ kPa
1	2,00	6,00	18,3	2,73	29,7	90,2	100	0	100	22,6	3	102	2
2	2,00	6,00	18,1	2,73	32,2	91,9	200	0	200	24,6	4	202	2
3	2,00	6,00	18,0	2,73	30,2	87,5	300	0	300	20,0	4	302	2
H _o ϕ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini			γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione				σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure			δ _f - Deformazione a rottura σ _I σ ₃ - Tensioni totali			



DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P06021

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Galliera (BO)**

Cantiere: **Discarica Hera**

Data apertura e descrizione: **29/04/25**


Data emissione rapporto: **15/05/2025**

Sondaggio n. 2 Campione: I1

Profondità di prelievo: **4.80 – 5.30 m**

Qualità campione: **Q5**

Dimensioni campione: L = 50 cm

Prof. di prelievo - Alto: 4.80 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm²)	T.V. (Kg/cm²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite	
	4.80			Argilla con limo e sabbia, grigio nocciola (5Y 4/2 Olive Gray), poco consistente, umido.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU, TGD	
		0.2				0.2
		0.7				0.3
		0.8				0.2
Prof. di prelievo - Basso: 5.30 m	5.30					

Note:

Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; **APE:** aperture e descrizione; **UMD:** umidità; **PDV:** peso di volume; **PSP:** peso specifico; **LLP:** limite liquido e plastico; **LLR:** limite di ritiro; **GRA:** granulometria; **CLS:** classificazione; **PRM:** permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); **EDO:** edometria; **TCU:** triassiale CIU; **TCD:** triassiale CID; **TUU:** triassiale UU; **ELL:** Espansione laterale libera; **TGD:** taglio diretto; **TGR:** taglio residuo; **PRT:** proctor (ST standard; MD: modificata).

RAPPORTO DI PROVA N°: P06023 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 28/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 29/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

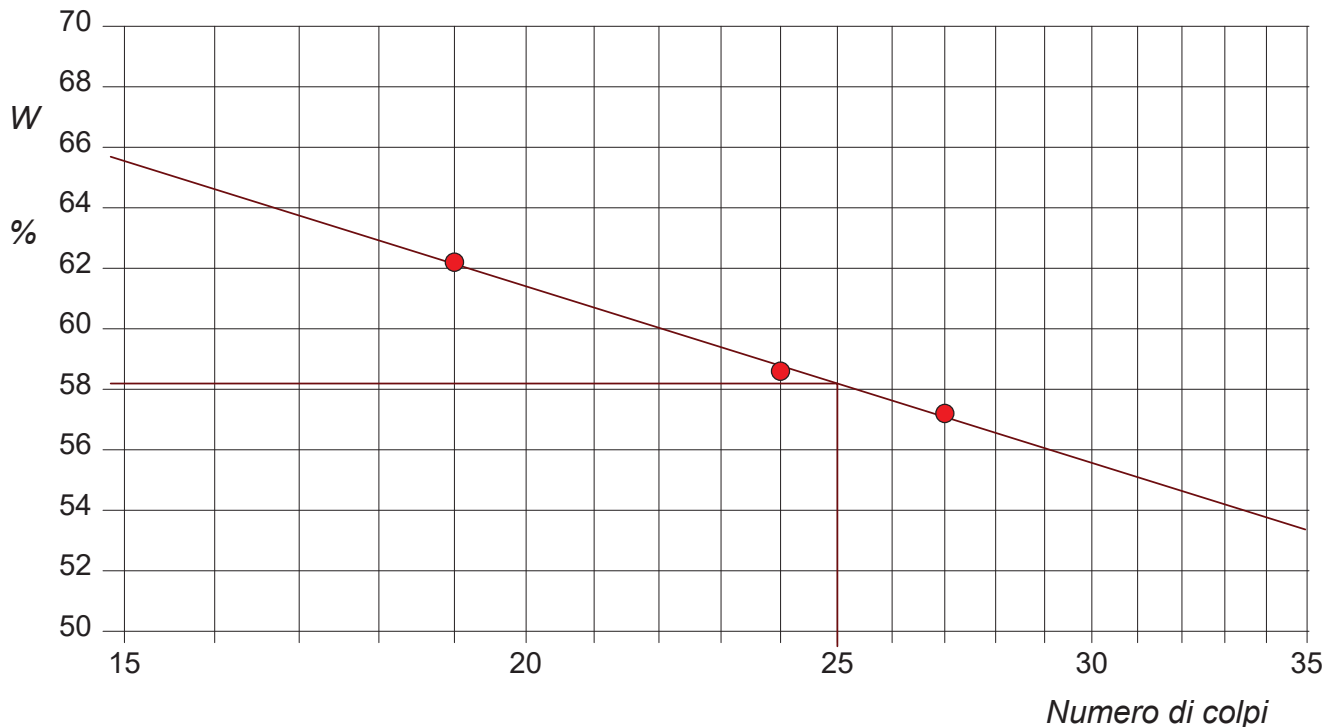
Limite di liquidità 58,2 %

Limite di plasticità 28,9 %

Indice di plasticità 29,3 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	19	24	27			Umidità (%)	32,7	25,0
Umidità (%)	62,2	58,6	57,2			Umidità media	28,9	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: P06023 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 28/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 29/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	58,2	%
Limite di plasticità	28,9	%
Indice di plasticità	29,3	%
Indice di consistenza	0,93	
Passante al set. n° 40	NO	

C - Argille inorganiche

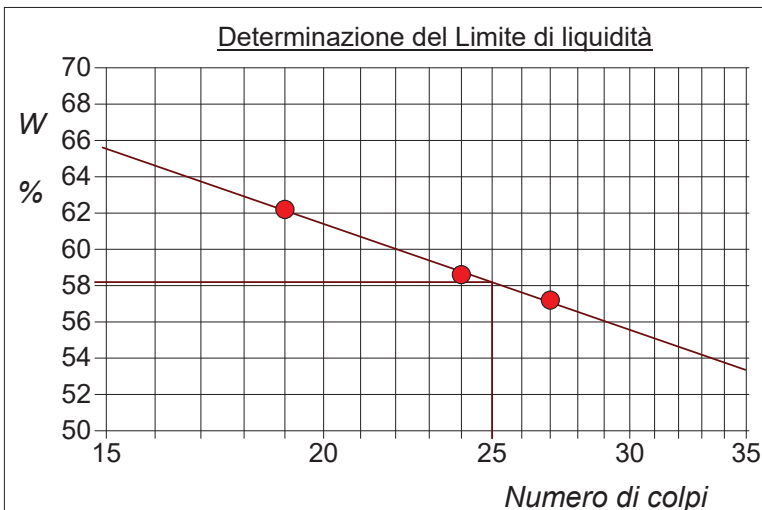
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

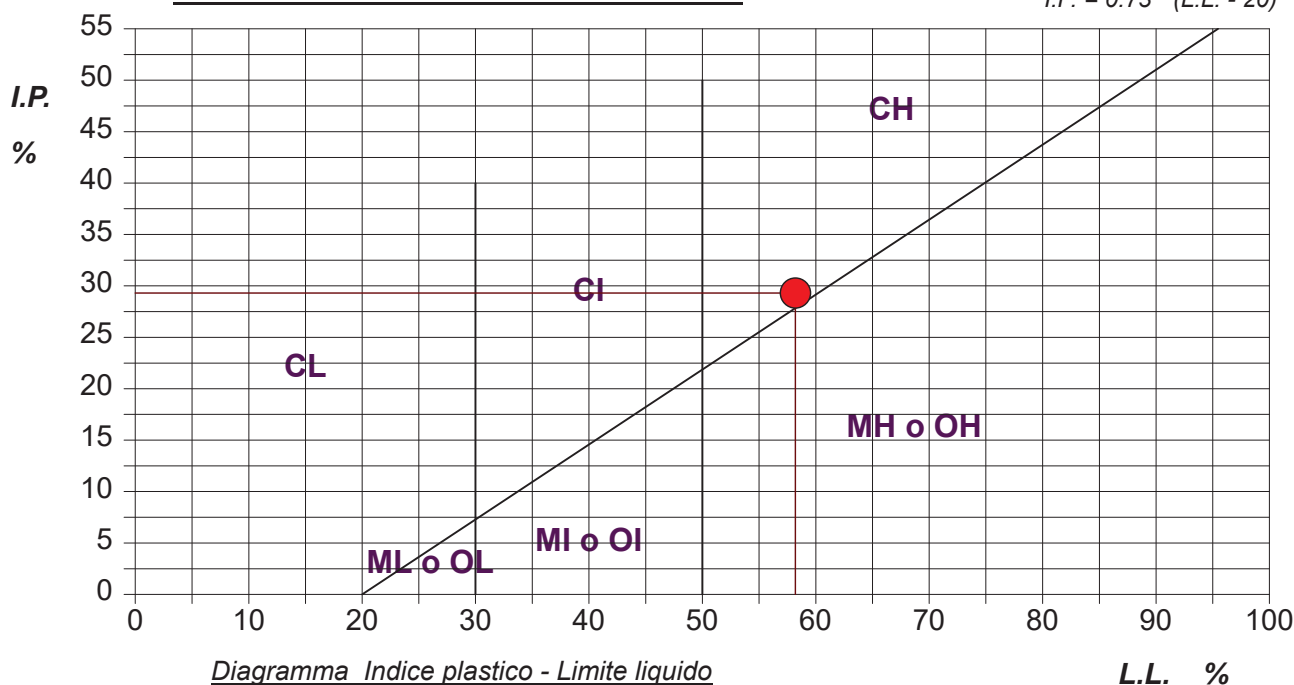
I - Media plasticità

H - Alta plasticità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06023	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 29/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 30/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: I1 PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 100 %

Limite di ritiro = 10,1 %

Coefficiente di ritiro = 1,77

Ritiro di volume = 57,05

Ritiro lineare = 13,97

RAPPORTO DI PROVA N°: P06022 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 28/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 30/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

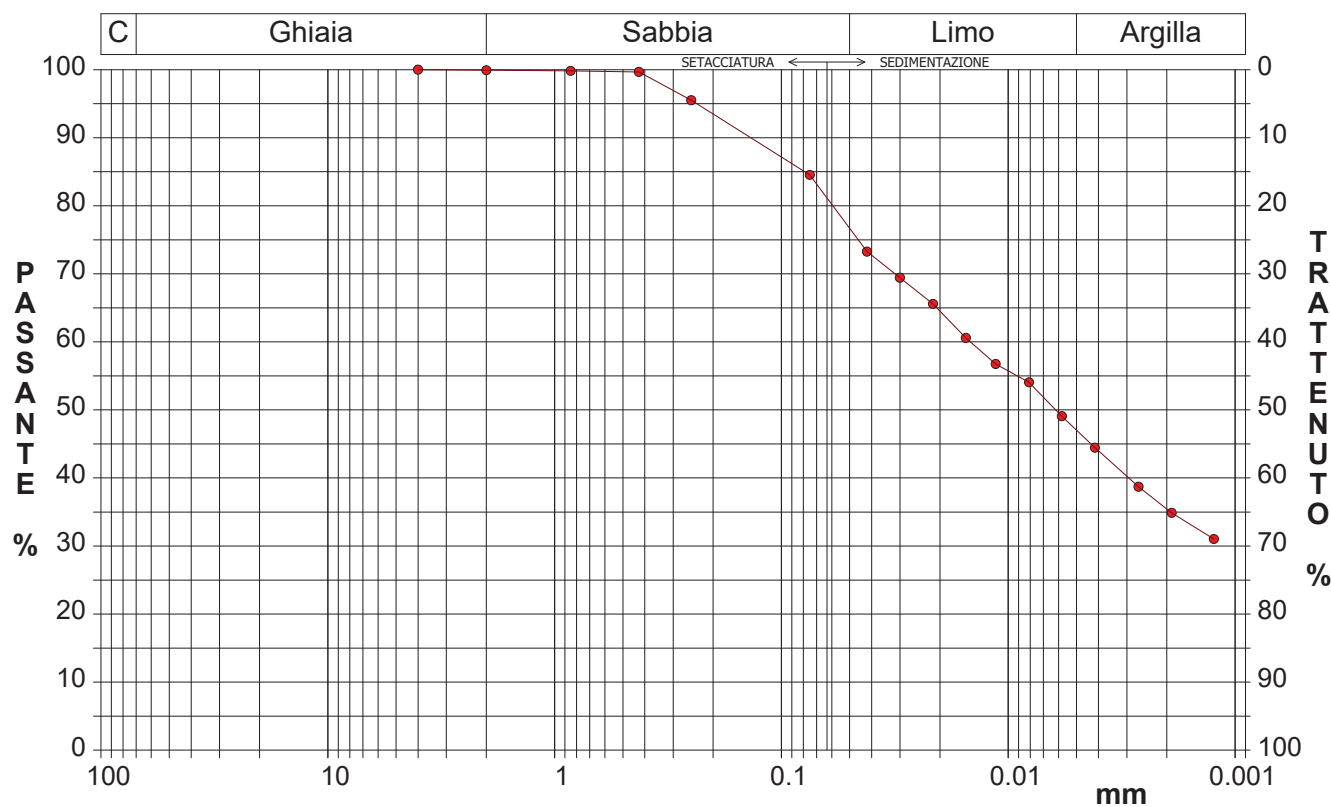
CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,9 %	D10	---	mm
Sabbia	23,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,6 %	D30	---	mm
Limo	29,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	84,5 %	D50	0,00617	mm
Argilla	47,0 %			D60	0,01469	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,13649 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,0000	100,00	0,0750	84,54	0,0114	56,76	0,0019	34,87		
2,0000	99,93	0,0420	73,27	0,0081	54,07	0,0012	31,03		
0,8500	99,83	0,0300	69,43	0,0058	49,08				
0,4250	99,66	0,0215	65,59	0,0042	44,47			Setacci	5
0,2500	95,52	0,0154	60,60	0,0027	38,71			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06024	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 29/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 09/05/25
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.80 - 5.30	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	66,5			0,10	91,1	2880,00	131,9	0,10	136,5			0,10	190,1		
0,25	67,7			0,25	96,1	3600,00	132,2	0,25	139,7			0,25	193,5		
0,40	68,4			0,40	97,7			0,40	141,5			0,40	195,9		
0,50	68,4			0,50	97,7			0,50	143,0			0,50	195,9		
1,00	70,2			1,00	101,1			1,00	146,3			1,00	201,1		
2,00	72,1			2,00	104,7			2,00	150,7			2,00	207,4		
4,00	74,5			4,00	109,3			4,00	155,8			4,00	214,6		
8,00	77,7			8,00	114,5			8,00	161,0			8,00	221,0		
15,00	80,4			15,00	118,8			15,00	164,6			15,00	224,9		
30,00	82,9			30,00	122,2			30,00	167,5			30,00	227,8		
60,00	84,8			60,00	124,5			60,00	169,7			60,00	230,0		
120,00	86,5			120,00	126,3			120,00	171,6			120,00	231,9		
240,00	87,9			240,00	127,9			240,00	173,2			240,00	233,7		
480,00	89,2			480,00	129,2			480,00	174,7			480,00	235,1		
960,00	90,0			960,00	130,4			960,00	176,0			960,00	236,4		
1440,00	90,5			1440,00	131,0			1440,00	176,7			1440,00	237,1		
1800,00	90,7			1800,00	131,3										

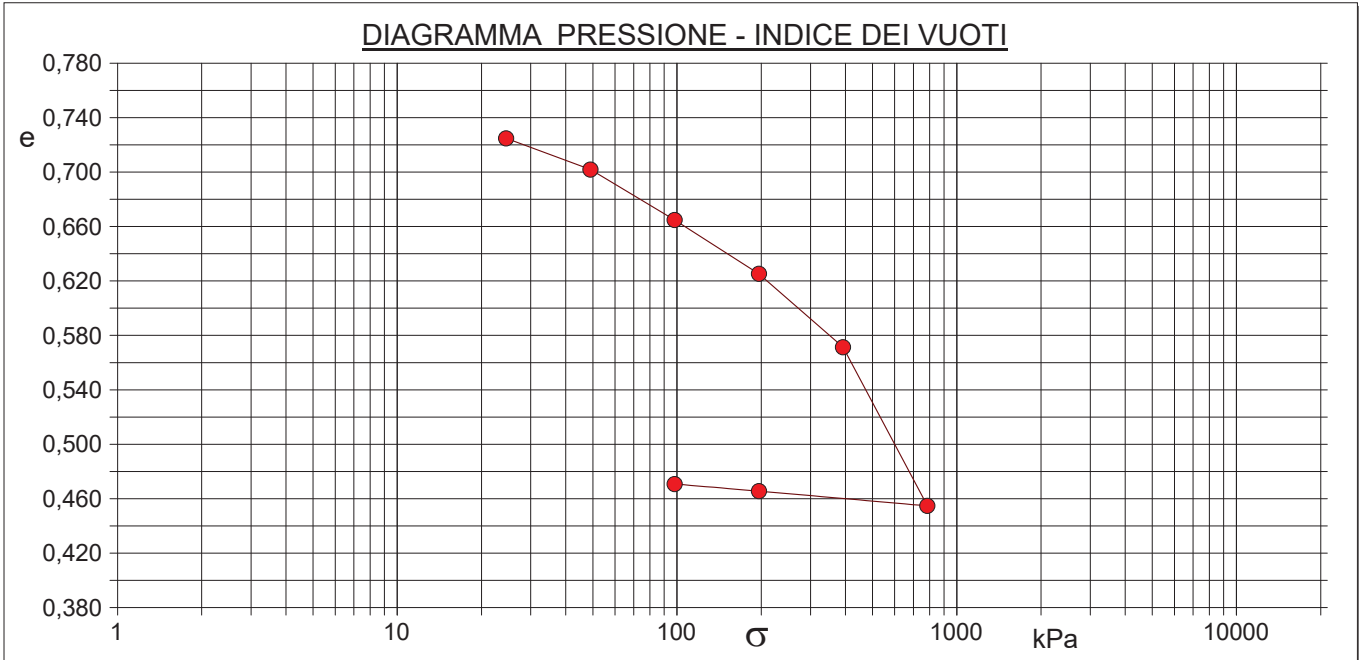
Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	259,9														
0,25	322,7														
0,40	326,1														
0,50	328,7														
1,00	334,0														
2,00	340,4														
4,00	346,7														
8,00	351,7														
15,00	354,8														
30,00	357,5														
60,00	359,7														
120,00	361,9														
240,00	363,6														
480,00	365,2														
960,00	366,7														
1440,00	367,9														

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

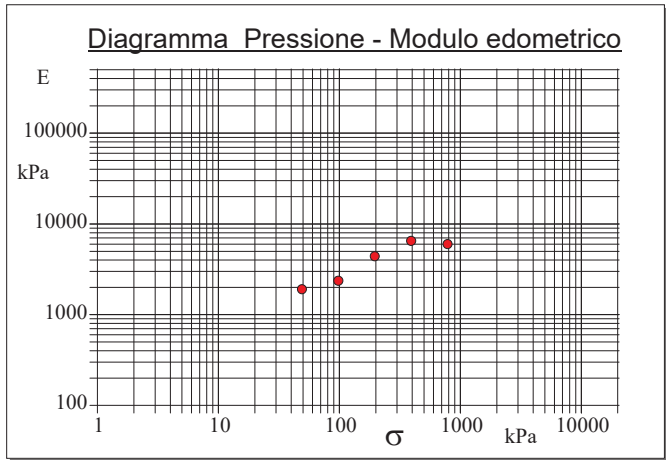
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,66	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,78
Umidità (%)	30,9	Volume provino (cm³)	72,00	Porosità (%)	43,90
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	31,61	Saturazione (%)	100,0



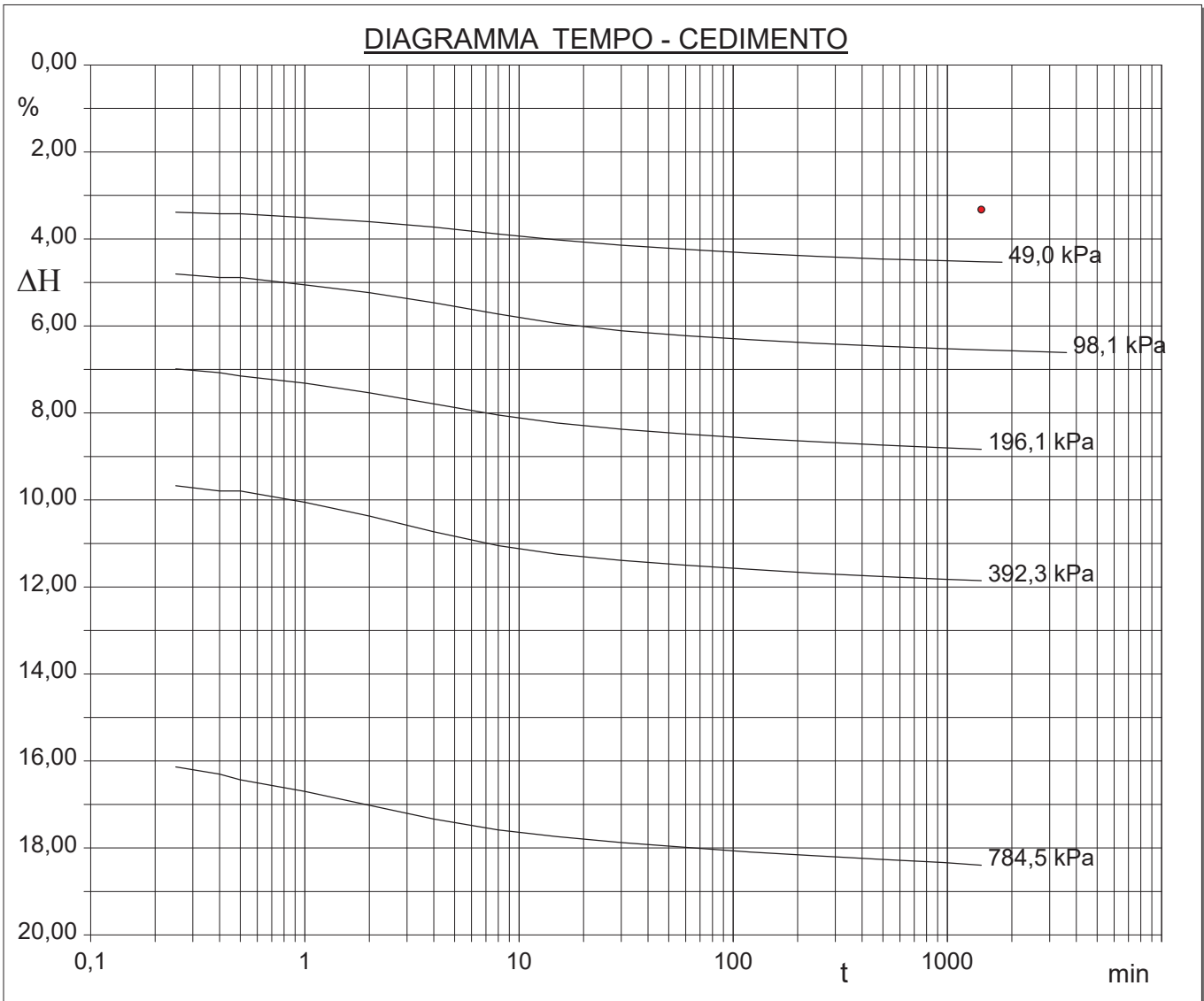
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	65,0	0,725		
49,0	90,7	0,702	0,076	1908
98,1	132,2	0,665	0,123	2363
196,1	176,7	0,625	0,132	4407
392,3	237,1	0,571	0,179	6494
784,5	367,9	0,455	0,387	5998
196,1	355,8	0,466	0,018	
98,1	349,9	0,471	0,017	



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	147
Tensione a rottura (kPa):	25	48	68
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3,72 0,13	4,34 0,55	4,34 0,78
Umidità iniziale e umidità finale (%):	30,9 26,3	32,2 20,4	34,9 24,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,7 19,0	19,0 17,3	18,5 17,0
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0 91,9	100,0 64,9	100,0 68,7

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 3,6 kPa
Angolo di attrito interno: 24,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

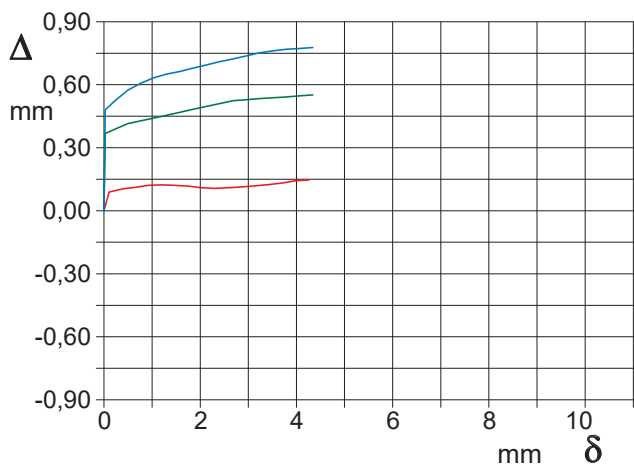
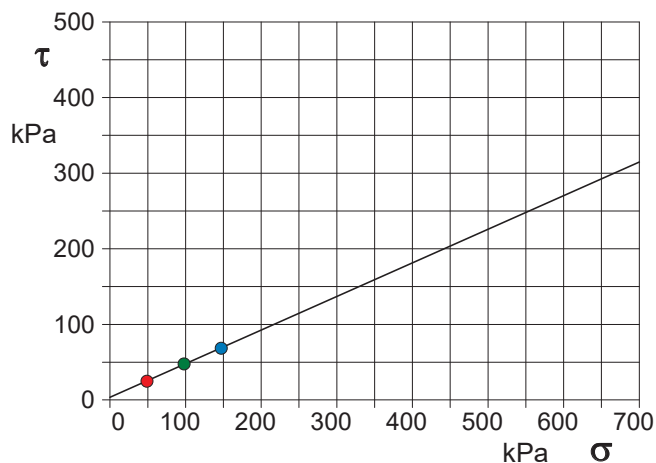


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

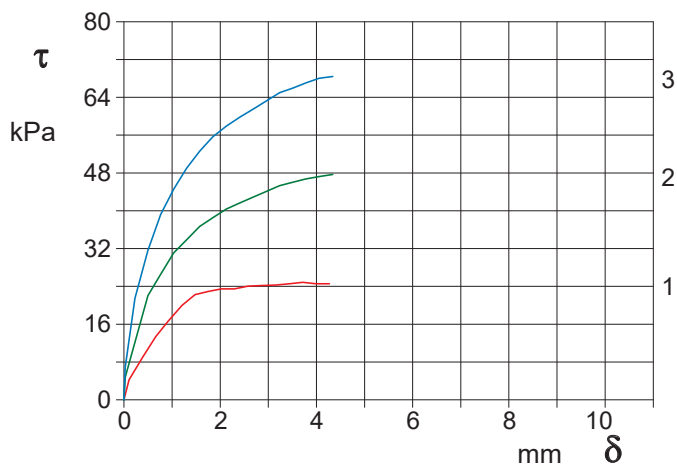


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi:
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi:
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.80 - 5.30

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,13	0,17	1,8		0,13	0,17	1,4		0,13	0,17	1,4	
0,39	0,52	1,7		0,39	0,52	1,8		0,33	0,43	1,7	
0,53	0,69	1,7		0,53	0,69	2,0		0,53	0,69	2,0	
0,79	1,04	1,8		0,79	1,04	2,3		0,73	0,96	2,3	
0,93	1,22	2,0		0,93	1,22	2,5		0,93	1,22	2,5	
1,21	1,59	2,2		1,21	1,59	2,6		1,13	1,49	2,6	
1,34	1,76	2,2		1,34	1,76	2,7		1,34	1,76	2,7	
1,60	2,11	2,5		1,60	2,11	2,8		1,54	2,02	2,8	
1,73	2,28	2,6		1,73	2,28	2,9		1,73	2,28	2,9	
1,99	2,62	2,6		1,99	2,62	3,0		1,99	2,62	3,0	
2,25	2,96	2,7		2,25	2,96	3,1		2,25	2,96	3,1	
2,37	3,12	2,9		2,37	3,12	3,2		2,38	3,13	3,2	
2,51	3,30	3,1		2,51	3,30	3,3		2,51	3,30	3,3	
2,77	3,65	3,1		2,77	3,65	3,4		2,71	3,57	3,5	
2,91	3,83	3,2		2,91	3,83	3,4		2,91	3,83	3,7	
3,18	4,18	3,3		3,18	4,18	3,4		3,12	4,10	3,8	
3,32	4,37	3,4		3,32	4,37	3,4		3,32	4,37	3,9	
3,59	4,72	3,4		3,59	4,72	3,5		3,52	4,63	3,9	
3,72	4,89	3,6		3,72	4,89	3,6		3,72	4,89	3,9	
4,00	5,26	3,7		4,00	5,26	3,7		3,93	5,17	4,0	
4,13	5,44	3,7		4,13	5,44	3,7		4,13	5,44	4,1	
4,40	5,79	3,7		4,40	5,79	3,8		4,33	5,70	4,1	
4,53	5,96	3,8		4,53	5,96	3,9		4,53	5,96	4,1	
4,79	6,30	3,9		4,79	6,30	3,9		4,66	6,13	4,2	
4,92	6,47	3,9		4,92	6,47	3,9		4,79	6,30	4,3	
5,18	6,81	4,0		5,18	6,81	4,0		4,98	6,56	4,3	
5,44	7,15	4,0		5,44	7,15	4,1		5,37	7,07	4,4	
5,83	7,66	4,0		5,83	7,66	4,1		5,76	7,58	4,4	
6,22	8,18	4,1		6,22	8,18	4,1		6,15	8,09	4,5	
6,62	8,71	4,2		6,62	8,71	4,1		6,55	8,62	4,6	
7,02	9,23	4,3		7,02	9,23	4,2		6,95	9,14	4,7	
7,41	9,75	4,4		7,41	9,75	4,3		7,35	9,67	4,8	
7,81	10,27	4,4		7,81	10,27	4,3		7,74	10,18	4,9	
8,20	10,78	4,5		8,20	10,78	4,4		8,13	10,70	5,0	
8,60	11,31	4,5		8,60	11,31	4,4		8,52	11,21	5,0	
8,99	11,83	4,6		8,99	11,83	4,5		8,92	11,74	5,1	
9,38	12,35	4,6		9,38	12,35	4,4		9,32	12,26	5,1	
9,78	12,87	4,7		9,78	12,87	4,4		9,72	12,78	5,1	
10,19	13,40	4,7		10,19	13,40	4,6		10,18	13,40	5,2	
10,58	13,92	4,8		10,58	13,92	4,7		10,64	14,00	5,2	
10,97	14,43	4,8		10,97	14,43	4,7		11,03	14,52	5,3	
11,36	14,94	4,8		11,36	14,94	4,8		11,41	15,01	5,4	
11,78	15,49	4,9		11,78	15,49	4,7		11,78	15,50	5,5	
12,16	16,00	4,9		12,16	16,00	4,7		12,16	16,00	5,6	
12,64	16,63	4,9		12,64	16,63	4,7		12,59	16,57	5,7	
13,02	17,14	4,9		13,02	17,14	4,7		13,02	17,13	5,7	
13,42	17,66	5,0		13,42	17,66	4,7		13,42	17,65	5,7	
13,81	18,17	5,0		13,81	18,17	4,7		13,81	18,17	5,7	
14,18	18,66	5,0		14,18	18,66	4,7		14,18	18,66	5,7	
14,64	19,27	5,0		14,64	19,27	4,7		14,60	19,21	5,7	
15,02	19,76	5,0		15,02	19,76	4,7		15,02	19,76	5,7	
15,39	20,26	5,0		15,39	20,26	4,7		15,40	20,26	5,7	
15,78	20,76	5,1		15,78	20,76	4,7		15,78	20,76	5,7	
16,26	21,39	5,1		16,26	21,39	4,8		16,21	21,32	5,7	
16,63	21,88	5,1		16,63	21,88	4,8		16,63	21,88	5,7	
17,00	22,37	5,2		17,00	22,37	4,8		17,00	22,37	5,7	
17,37	22,86	5,2		17,37	22,86	4,8		17,42	22,92	5,7	
17,85	23,49	5,2		17,85	23,49	4,8		17,85	23,49	5,7	

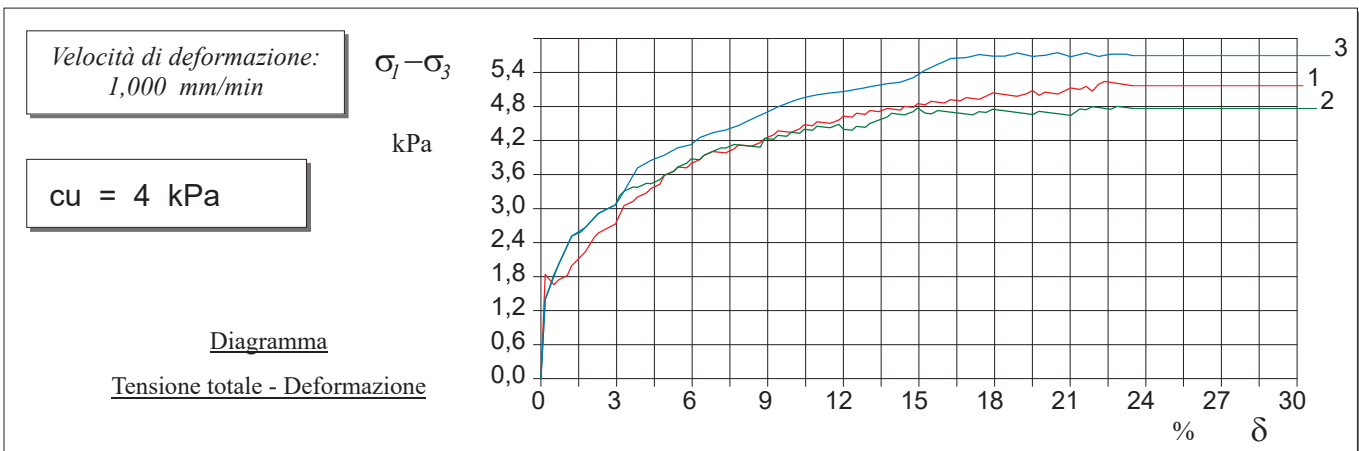
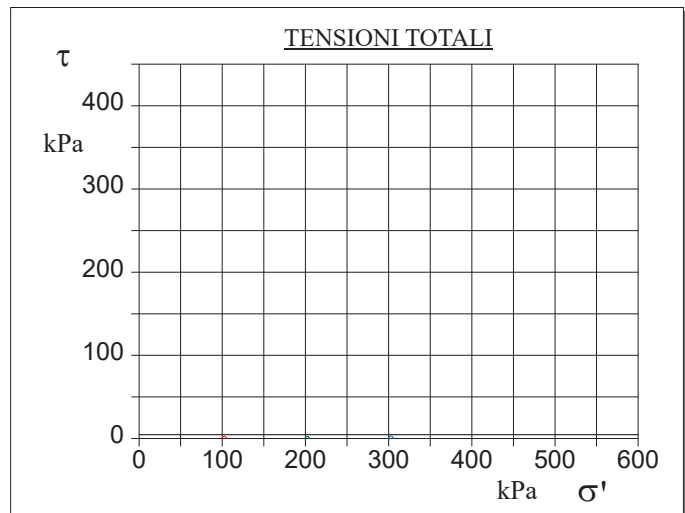
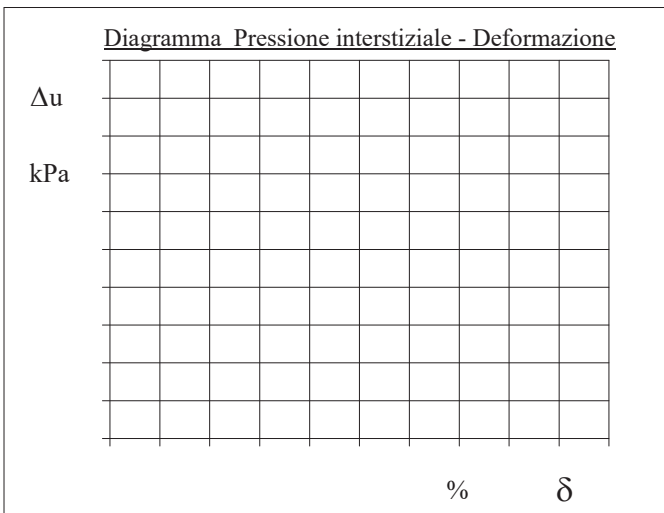
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m	4.80 - 5.30

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ _l -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_l + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_l - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	19,3	2,73	30,6	100,0	100	0	100	22,4	5	103	3
2	7,60	3,81	19,4	2,73	32,2	100,0	200	0	200	22,9	5	202	2
3	7,60	3,81	19,3	2,73	30,2	100,0	300	0	300	20,5	6	303	3

H _o φ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione	σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ _l σ ₃ - Tensioni totali
--	--	---	--



DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P06027

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Galliera (BO)**

Cantiere: **Discarica Hera**


Data apertura e descrizione: **29/04/25**

Data emissione rapporto: **15/05/2025**

Sondaggio n. **2** Campione: **12**

Profondità di prelievo: **10.20 – 10.80 m**Qualità campione: **Q5**

Dimensioni campione: L = 60 cm

Prof. di prelievo - Alto: 10.20 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite
	10.20	2.1	1.0	Argilla con limosa, grigio scura (<i>GLEY 1 4/1 Dark Greenish Gray</i>), molto consistente, umido, con calcinoli e sostanza organica.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU, TCU
		2.0	1.0		
		2.0	1.2		
Prof. di prelievo - Basso: 10.80 m	10.80				

Note:

Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; **APE:** aperture e descrizione; **UMD:** umidità; **PDV:** peso di volume; **PSP:** peso specifico; **LLP:** limite liquido e plastico; **LLR:** limite di ritiro; **GRA:** granulometria; **CLS:** classificazione; **PRM:** permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); **EDO:** edometria; **TCU:** triassiale CIU; **TCD:** triassiale CID; **TUU:** triassiale UU; **ELL:** Espansione laterale libera; **TGD:** taglio diretto; **TGR:** taglio residuo; **PRT:** proctor (ST standard; MD: modificata).

RAPPORTO DI PROVA N°: P06029 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

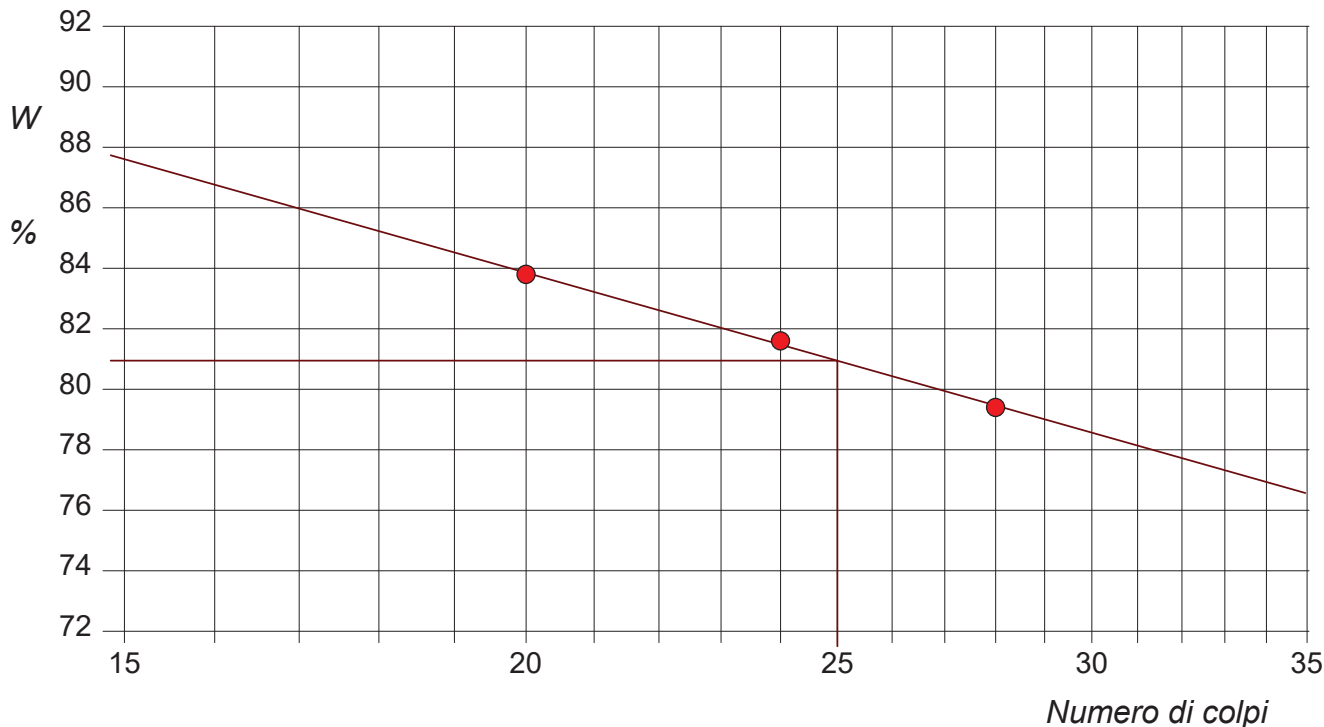
Limite di liquidità 80,9 %

Limite di plasticità 51,7 %

Indice di plasticità 29,2 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	20	24	28			Umidità (%)	51,6	51,8
Umidità (%)	83,8	81,6	79,4			Umidità media	51,7	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: P06029 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	80,9	%
Limite di plasticità	51,7	%
Indice di plasticità	29,2	%
Indice di consistenza	1,46	
Passante al set. n° 40	NO	

C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

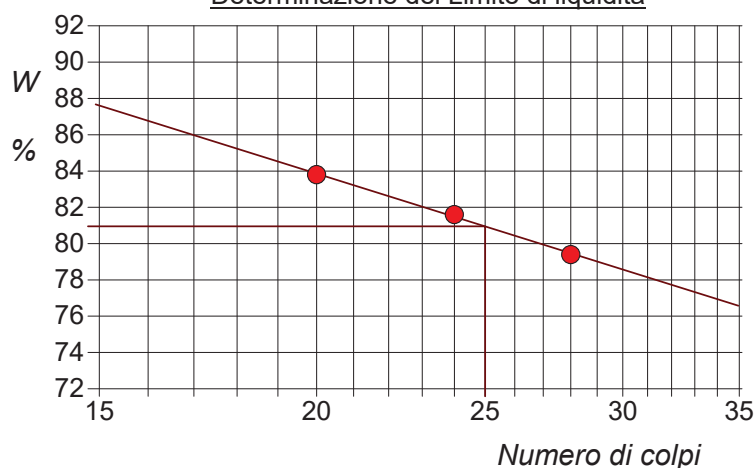
M - Limi inorganici

I - Media plasticità

O - Argille e limi organici

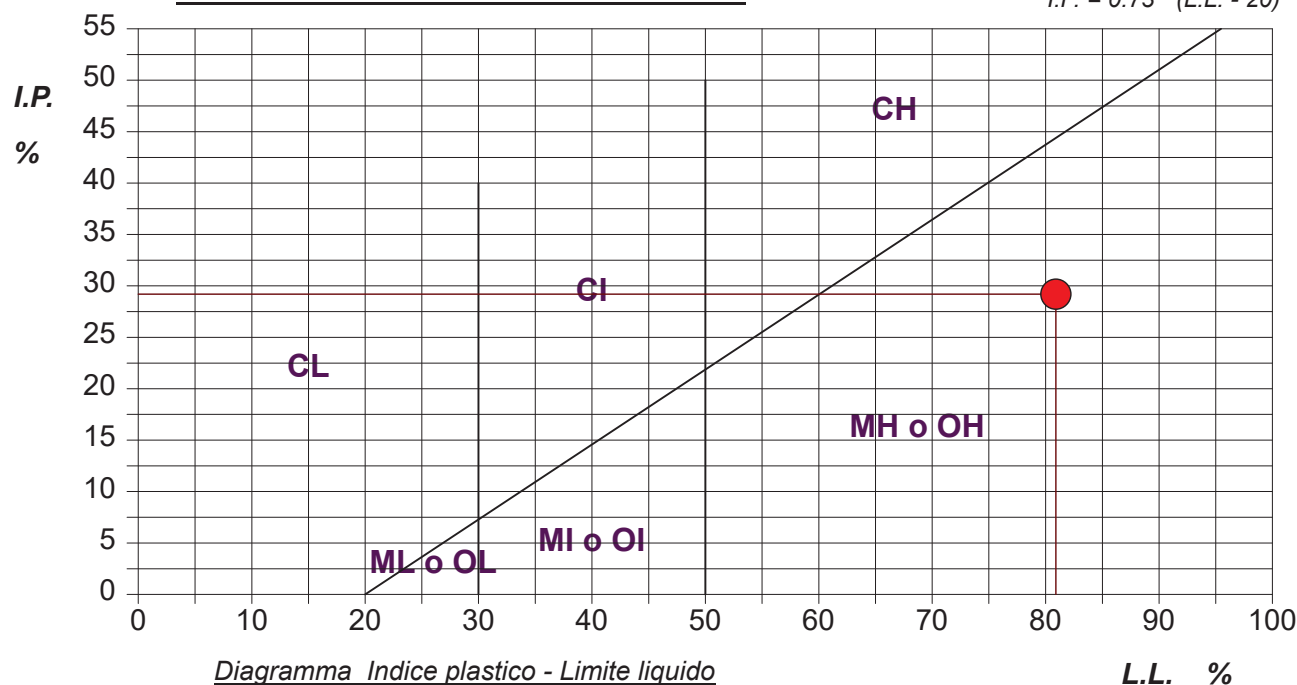
H - Alta plasticità

Determinazione del Limite di liquidità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06029	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 07/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 98 %

Limite di ritiro = 10,6 %
Coefficiente di ritiro = 1,80
Ritiro di volume = 56,16
Ritiro lineare = 13,81

RAPPORTO DI PROVA N°: P06028 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

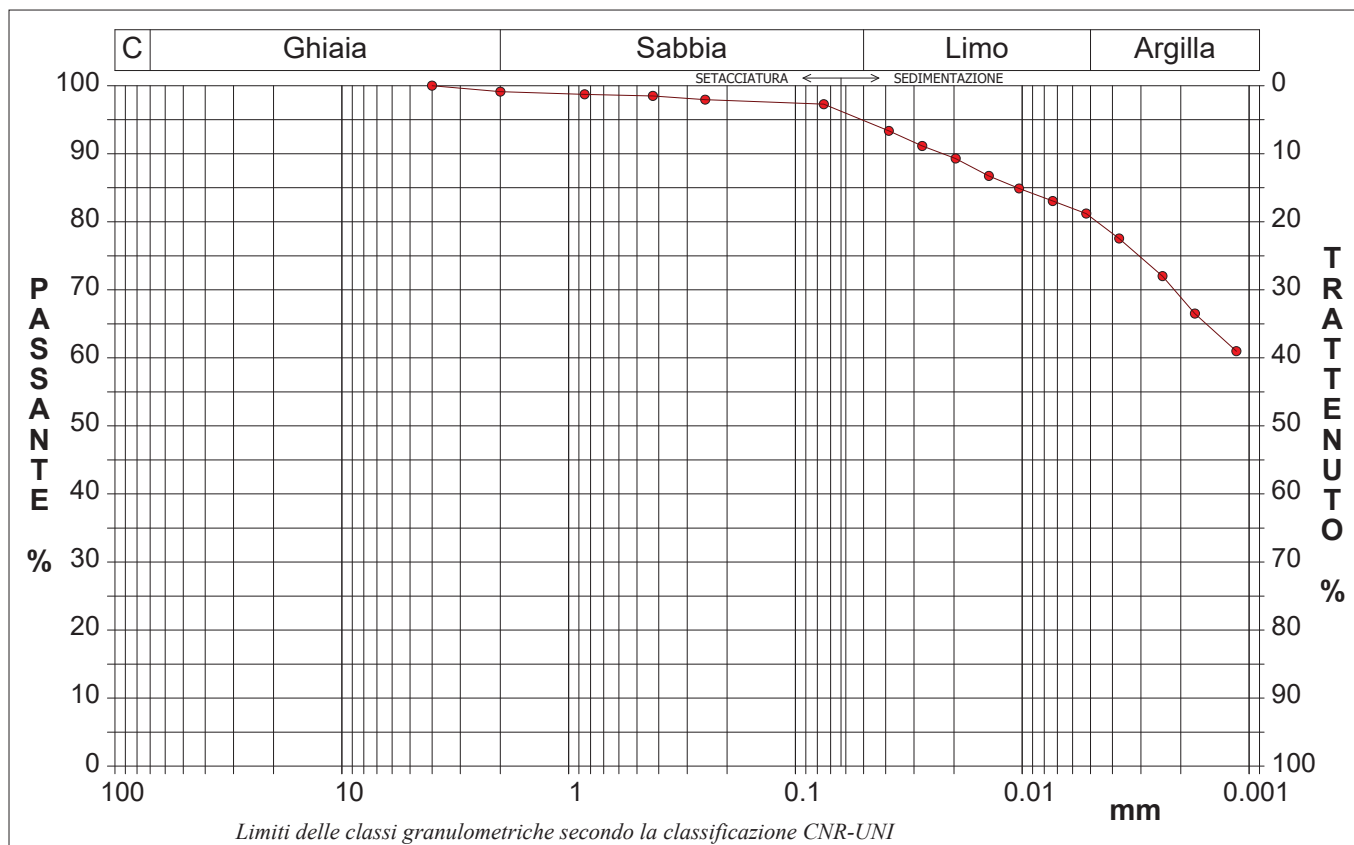
CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,1 %	D10	---	mm
Sabbia	4,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,5 %	D30	---	mm
Limo	14,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,3 %	D50	---	mm
Argilla	80,7 %			D60	---	mm
				D90	0,02237	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,0000	100,00	0,0750	97,29	0,0103	84,89	0,0017	66,50		
2,0000	99,11	0,0387	93,35	0,0073	83,05	0,0011	60,98		
0,8500	98,72	0,0276	91,14	0,0052	81,21				
0,4250	98,48	0,0197	89,30	0,0037	77,53			Setacci	5
0,2500	97,95	0,0140	86,73	0,0024	72,02			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06030	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 05/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 15/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m 10.00 - 10.50	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	26,5			0,10	33,4			0,10	50,3			0,10	79,0	2880,00	110,8
0,25	17,6			0,25	40,7			0,25	56,5			0,25	88,7	3600,00	111,0
0,40	17,7			0,40	41,1			0,40	58,6			0,40	88,9		
0,50	21,4			0,50	41,5			0,50	63,0			0,50	88,9		
1,00	25,4			1,00	42,0			1,00	61,1			1,00	94,7		
2,00	26,0			2,00	42,6			2,00	67,2			2,00	97,8		
4,00	26,6			4,00	43,5			4,00	63,6			4,00	100,0		
8,00	27,2			8,00	44,4			8,00	64,0			8,00	101,2		
15,00	28,0			15,00	45,4			15,00	64,5			15,00	102,4		
30,00	28,9			30,00	46,6			30,00	65,2			30,00	104,0		
60,00	30,0			60,00	47,8			60,00	66,0			60,00	105,7		
120,00	30,9			120,00	49,0			120,00	66,7			120,00	107,1		
240,00	31,9			240,00	50,1			240,00	74,8			240,00	108,1		
480,00	32,5			480,00	50,8			480,00	77,6			480,00	108,8		
960,00	33,1			960,00	51,4			960,00	71,8			960,00	109,6		
1440,00	33,4			1440,00	51,5			1440,00	73,4			1440,00	110,0		
												1800,00	110,2		

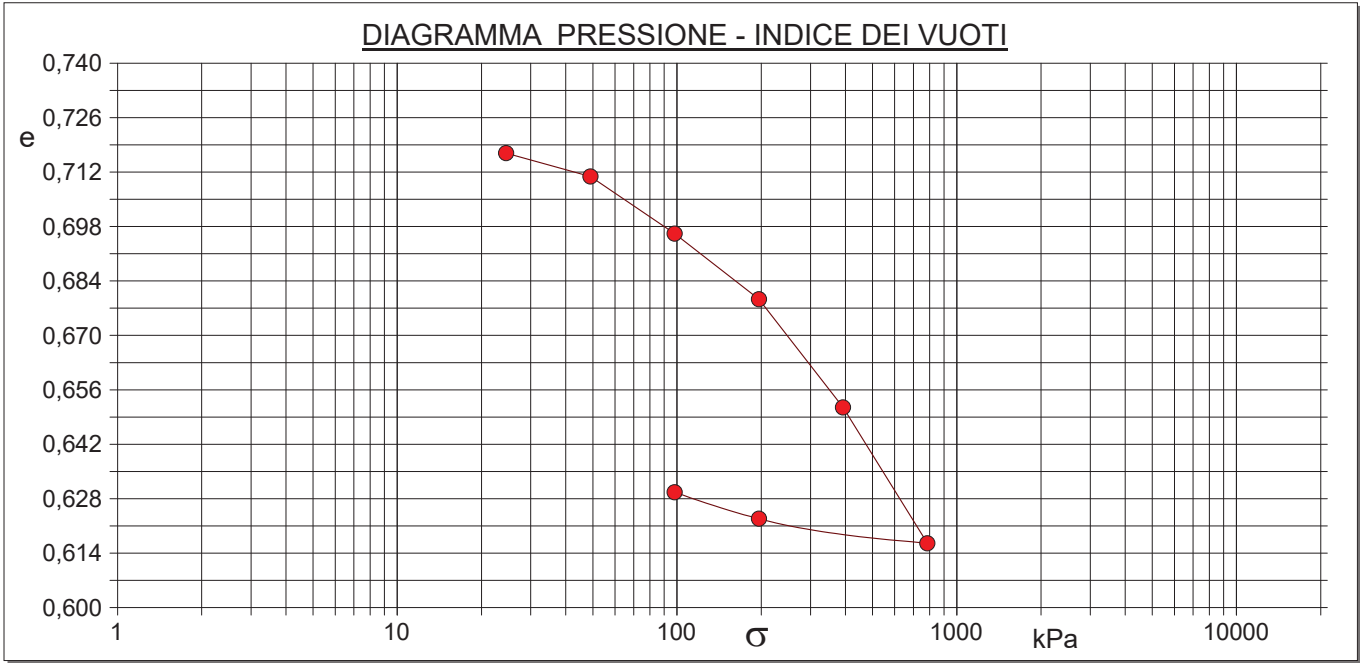
Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	101,7														
0,25	135,2														
0,40	136,5														
0,50	136,5														
1,00	138,5														
2,00	140,2														
4,00	141,8														
8,00	143,9														
15,00	146,2														
30,00	149,0														
60,00	152,4														
120,00	155,3														
240,00	157,2														
480,00	158,2														
960,00	158,6														
1440,00	158,8														

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

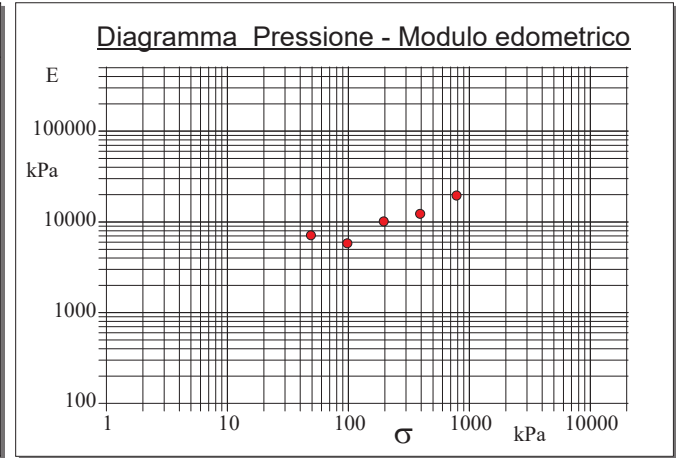
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,05	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,74
Umidità (%)	23,8	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,53
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,86	Saturazione (%)	87,7



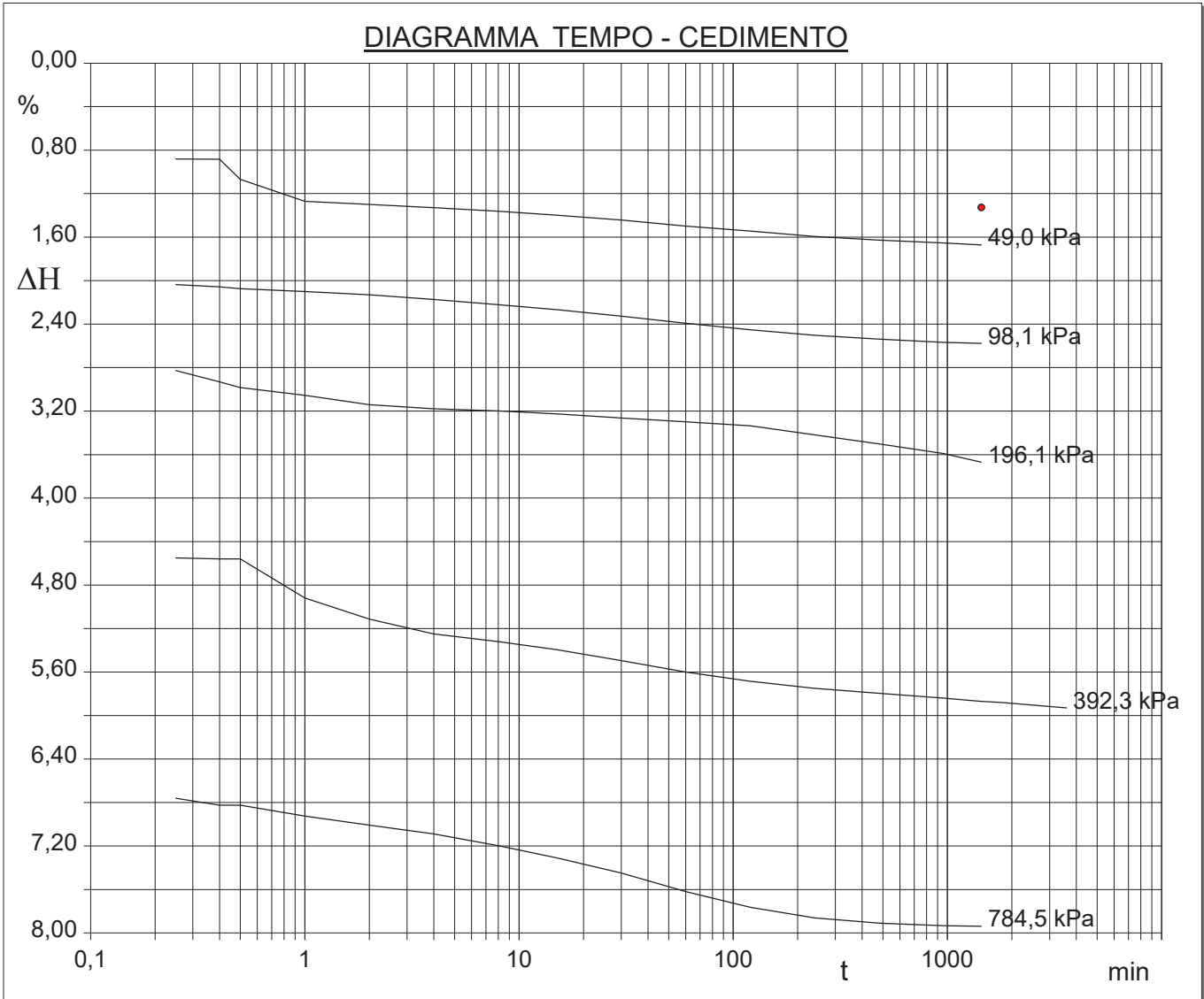
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	26,5	0,717		
49,0	33,4	0,711	0,020	7120
98,1	51,5	0,696	0,049	5813
196,1	73,4	0,679	0,056	10112
392,3	101,7	0,651	0,092	12270
784,5	141,8	0,617	0,116	19538
196,1	134,6	0,623	0,010	
98,1	126,8	0,630	0,023	



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14



RAPPORTO DI PROVA N°: P06032 Pagina 1/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 02/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

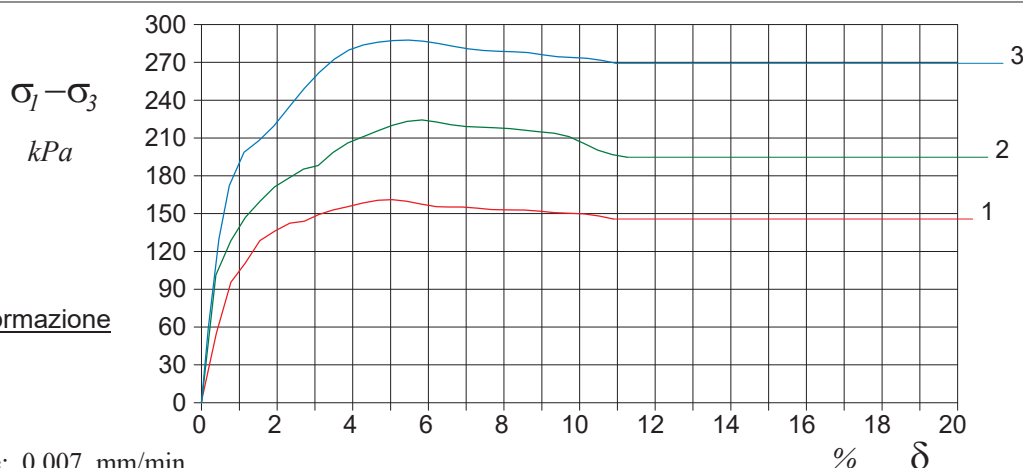
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

P	Dimensioni	Caratteristiche fisiche	Consolidazione	Valori finali o a rottura
n	H _o φ cm cm	γ γ _s kN/m ³ %	σ ₃ u _o σ' ₃ kPa kPa kPa	ΔV/V ΔH/H % %
1	7,60 3,81	19,5 2,73 26,3 97,7	300 200 100	3,3 3,3
2	7,60 3,81	19,0 2,73 27,5 94,2	350 200 150	4,1 4,1
3	7,60 3,81	19,5 2,73 24,7 95,2	400 200 200	8,7 8,7
H _o φ - Altezza e diametro provini w _o w _f - Umidità iniziale e finale		γ γ _s - Peso di volume e peso spec. S _o - Grado di saturazione iniziale	ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume σ ₃ /u _o - Press. di cella/Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ σ' - Tensioni totali e efficaci

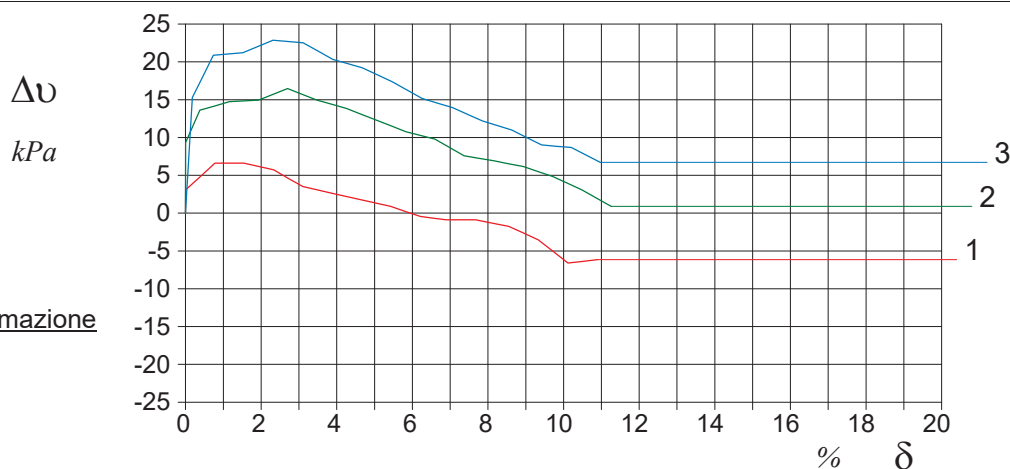
Diagramma

Tensione totale - Deformazione



Diagramma

Press. interstiz. - Deformazione



RAPPORTO DI PROVA N°: P06032	Pagina 2/7	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 02/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa
0,00	0,00	1,5	3,1	0,00	0,00	0,5	9,3	0,14	0,18	59,6	15,3
0,30	0,39	55,1	4,8	0,29	0,38	101,4	13,6	0,35	0,46	129,8	18,1
0,59	0,78	95,6	6,6	0,59	0,77	128,4	14,2	0,56	0,73	172,3	20,9
0,88	1,16	110,9	6,6	0,88	1,16	146,9	14,7	0,86	1,13	198,8	21,0
1,17	1,54	128,6	6,6	1,18	1,55	159,9	14,8	1,15	1,52	208,0	21,2
1,47	1,94	136,1	6,2	1,47	1,93	171,3	14,9	1,45	1,91	219,7	22,0
1,77	2,33	142,4	5,7	1,76	2,32	178,4	15,7	1,76	2,31	234,5	22,9
2,06	2,72	144,0	4,6	2,05	2,70	185,4	16,5	2,06	2,71	249,1	22,7
2,36	3,10	149,3	3,5	2,35	3,09	188,2	15,7	2,36	3,11	262,0	22,5
2,65	3,48	153,0	3,1	2,64	3,48	198,5	14,9	2,66	3,50	272,4	21,4
2,94	3,87	155,5	2,6	2,94	3,86	206,0	14,4	2,96	3,90	279,8	20,3
3,24	4,26	158,4	2,2	3,23	4,25	210,8	13,8	3,26	4,29	283,9	19,8
3,54	4,66	160,6	1,8	3,53	4,65	215,6	13,1	3,55	4,67	286,0	19,2
3,83	5,04	161,1	1,3	3,83	5,04	220,1	12,3	3,85	5,07	287,3	18,3
4,12	5,42	159,9	0,9	4,13	5,44	223,3	11,5	4,16	5,47	287,7	17,4
4,42	5,82	157,5	0,2	4,43	5,83	224,3	10,8	4,46	5,87	286,9	16,3
4,72	6,21	155,6	-0,4	4,72	6,21	222,8	10,3	4,76	6,26	285,0	15,2
4,98	6,55	155,3	-0,7	5,01	6,60	220,5	9,8	5,06	6,66	282,8	14,6
5,24	6,89	155,3	-0,9	5,31	6,98	219,2	8,7	5,37	7,06	280,7	14,0
5,53	7,28	154,3	-0,9	5,60	7,37	218,6	7,6	5,67	7,46	279,4	13,1
5,83	7,67	153,2	-0,9	5,90	7,76	218,2	7,3	5,97	7,85	278,8	12,2
6,16	8,11	153,0	-1,3	6,20	8,15	217,4	6,9	6,26	8,24	278,5	11,6
6,50	8,55	152,9	-1,8	6,49	8,54	216,2	6,5	6,56	8,63	277,7	11,0
6,79	8,94	151,9	-2,6	6,79	8,93	214,9	6,2	6,86	9,02	276,1	10,0
7,09	9,33	150,8	-3,5	7,09	9,33	213,8	5,5	7,16	9,42	274,5	9,0
7,39	9,72	150,4	-5,1	7,38	9,72	211,1	4,8	7,46	9,81	273,8	8,8
7,69	10,12	149,8	-6,6	7,68	10,10	205,9	4,0	7,76	10,21	273,2	8,7
7,98	10,51	148,1	-6,4	7,97	10,48	200,3	3,1	8,05	10,59	271,6	7,7
8,28	10,90	145,7	-6,2	8,26	10,87	196,8	2,0	8,34	10,97	269,3	6,7
				8,56	11,26	194,7	0,9				

RAPPORTO DI PROVA N°: P06032 Pagina 3/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 02/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

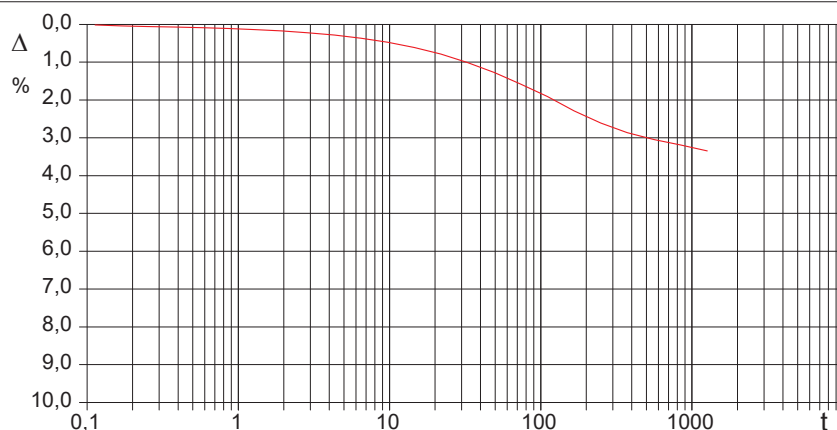
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

DIAGRAMMI TEMPO - VARIAZIONE DI VOLUME

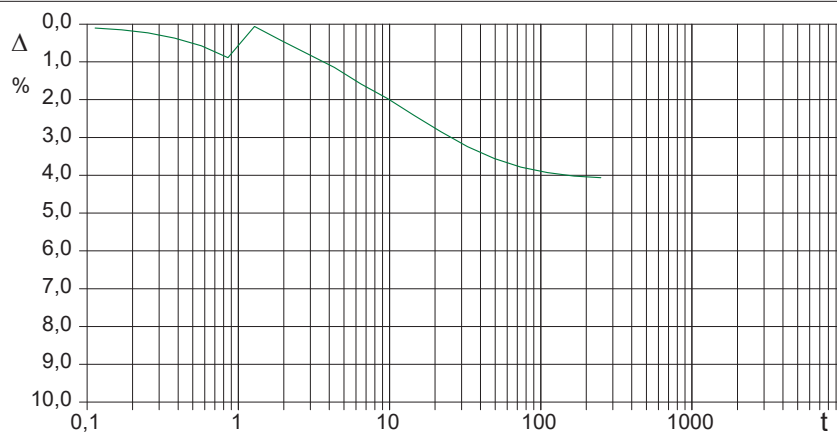
PROVINO 1

Pressione (kPa)	100
Altezza (cm)	7,60
Sezione (cm²)	11,40
T ₅₀ (min)	0,0
Deformaz. stimata (%)	15
Veloc. stimata (mm/min)	0,000



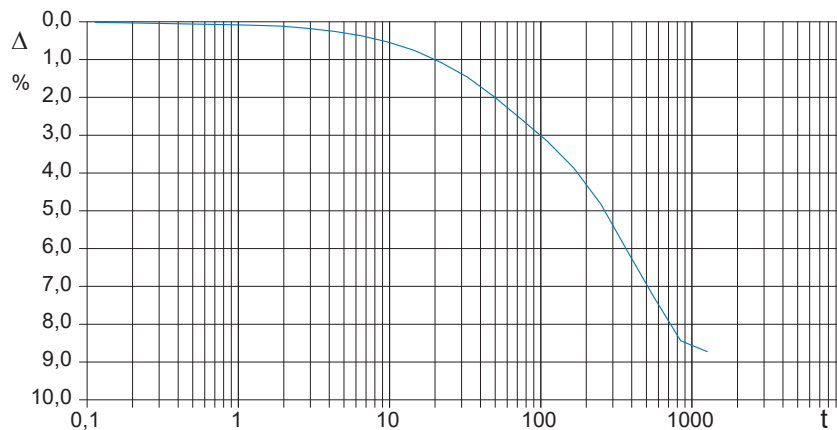
PROVINO 2

Pressione (kPa)	150
Altezza (cm)	7,60
Sezione (cm²)	11,40
T ₅₀ (min)	0,0
Deformaz. stimata (%)	15
Veloc. stimata (mm/min)	0,000



PROVINO 3

Pressione (kPa)	200
Altezza (cm)	7,60
Sezione (cm²)	11,40
T ₅₀ (min)	0,0
Deformaz. stimata (%)	15
Veloc. stimata (mm/min)	0,000



V_s = Velocità stimata di prova D_f = Deformazione a rottura stimata

t_f = 50 x T₅₀

V_s = D_f / t_f

RAPPORTO DI PROVA N°: P06032 Pagina 5/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 02/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

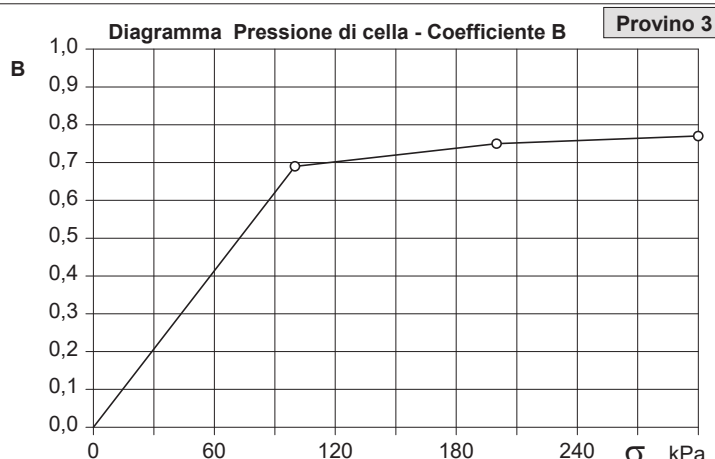
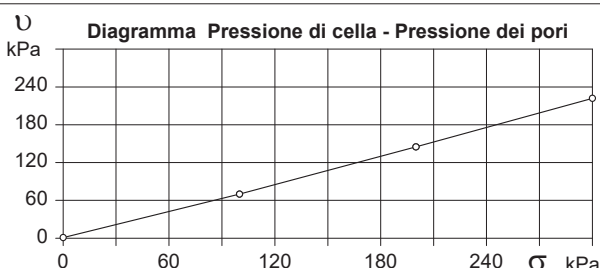
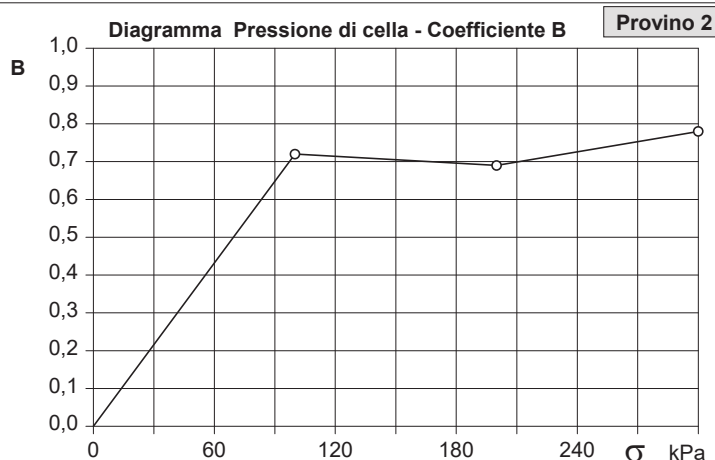
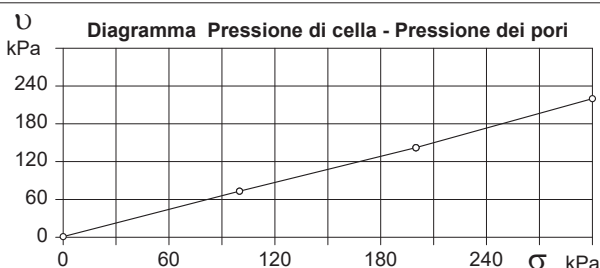
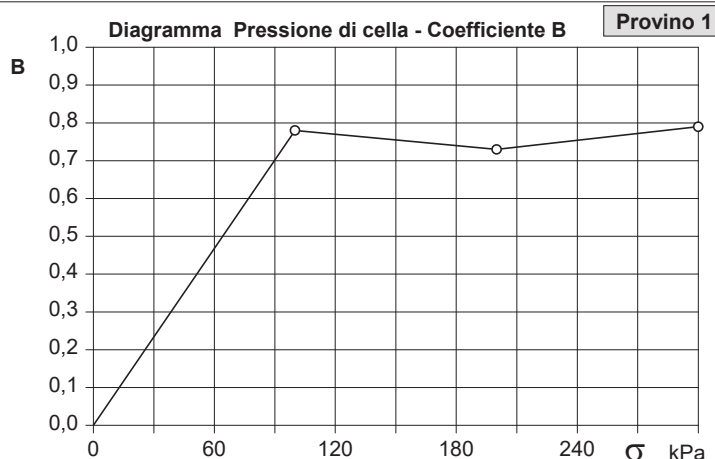
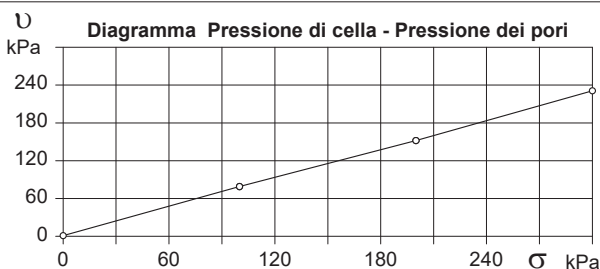
SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI SATURAZIONE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15



RAPPORTO DI PROVA N°: P06032 Pagina 6/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 02/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI SATURAZIONE

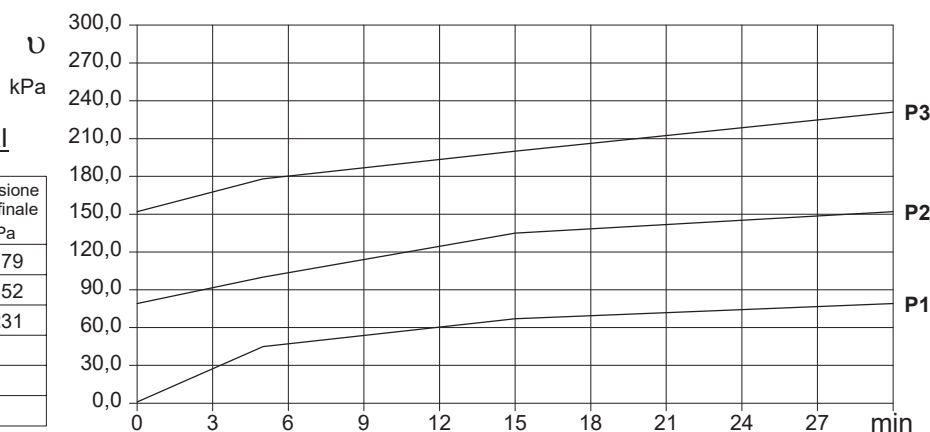
Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

Provino 1

Diagramma

TEMPO - PRESSIONE DEI PORI

Back pressure kPa	Pressione cella iniz. kPa	Pressione cella finale kPa	Pressione pori iniz. kPa	Pressione pori finale kPa
0	0	100	1	79
100	100	200	79	152
200	200	300	152	231

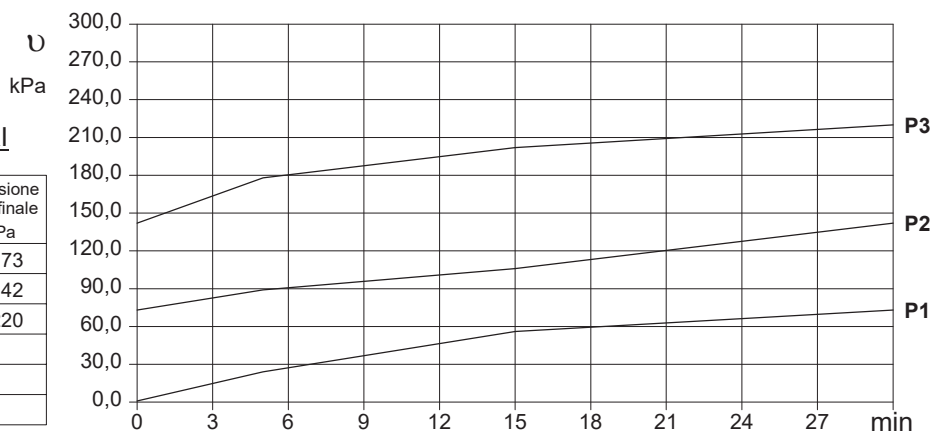


Provino 2

Diagramma

TEMPO - PRESSIONE DEI PORI

Back pressure kPa	Pressione cella iniz. kPa	Pressione cella finale kPa	Pressione pori iniz. kPa	Pressione pori finale kPa
0	0	100	1	73
100	100	200	73	142
200	200	300	142	220

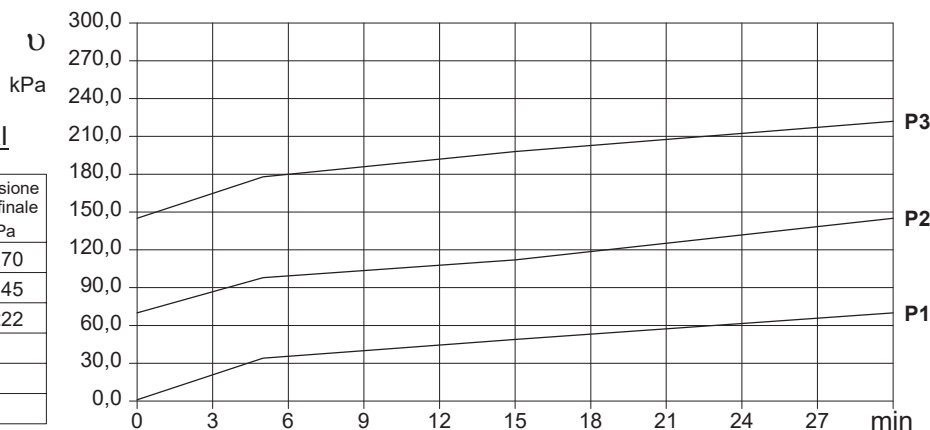


Provino 3

Diagramma

TEMPO - PRESSIONE DEI PORI

Back pressure kPa	Pressione cella iniz. kPa	Pressione cella finale kPa	Pressione pori iniz. kPa	Pressione pori finale kPa
0	0	100	1	70
100	100	200	70	145
200	200	300	145	222



RAPPORTO DI PROVA N°: P06032 Pagina 7/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25 Inizio analisi: 02/05/25

Apertura campione: Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI SATURAZIONE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

Prov. 1 - Passo 1

Tempo	U
min	kPa
0	1,0
5	45,0
15	67,0
30	79,0

Tempo	U
min	kPa
0	1,0
5	34,0
15	49,0
30	70,0

Prov. 1 - Passo 2

Tempo	U
min	kPa
0	79,0
5	100,0
15	135,0
30	152,0

Tempo	U
min	kPa
0	70,0
5	98,0
15	112,0
30	145,0

Prov. 1 - Passo 3

Tempo	U
min	kPa
0	152,0
5	178,0
15	200,0
30	231,0

Tempo	U
min	kPa
0	145,0
5	178,0
15	198,0
30	222,0

Prov. 2 - Passo 1

Tempo	U
min	kPa
0	1,0
5	24,0
15	56,0
30	73,0

Prov. 2 - Passo 2

Tempo	U
min	kPa
0	73,0
5	89,0
15	106,0
30	142,0

Prov. 2 - Passo 3

Tempo	U
min	kPa
0	142,0
5	178,0
15	202,0
30	220,0

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m	10.00 - 10.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione				
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w _o %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	ΔV/V %	ΔH/H %
1	7,60	3,81	19,5	2,73	26,3	97,7	300	200	100	3,3	3,3
2	7,60	3,81	19,0	2,73	27,5	94,2	350	200	150	4,1	4,1
3	7,60	3,81	19,5	2,73	24,7	95,2	400	200	200	8,7	8,7

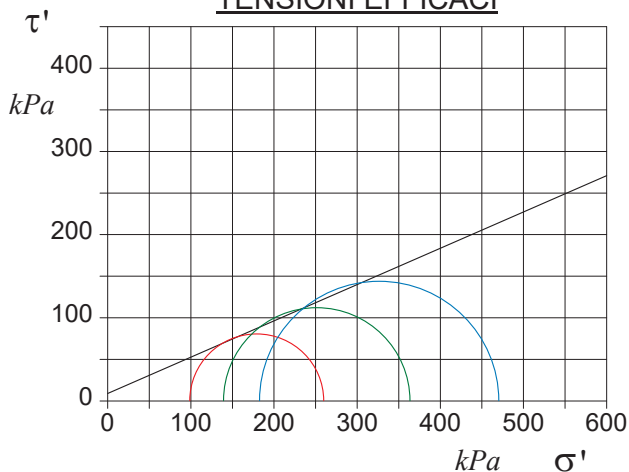
Velocità di deformazione

v = 0,007 mm/min

H_o - Altezza dei provini
 φ - Diametro dei provini
 w_o - Umidità iniziale
 w_f - Umidità finale
 γ - Peso di volume
 γ_s - Peso specifico
 S - Grado di saturazione
 ΔH - Variazione di altezza
 ΔV - Variazione di volume
 σ₃ - Pressione di cella
 u_o - Back pressure
 δ_f - Deformazione a rottura
 σ₁ σ₃ - Tensioni totali
 σ'₁ σ'₃ - Tensioni efficaci
 u - Pressione interstiziale

Pr.	Coefficienti di press. interstiz.		Valori finali o a rottura						
n°	A _f	B	w _f %	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	u kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	0,01	0,00	32,2	5,0	161	201	181	179	81
2	0,05	0,00	31,8	5,8	224	211	262	251	112
3	0,06	0,00	34,5	5,5	288	217	344	326	144

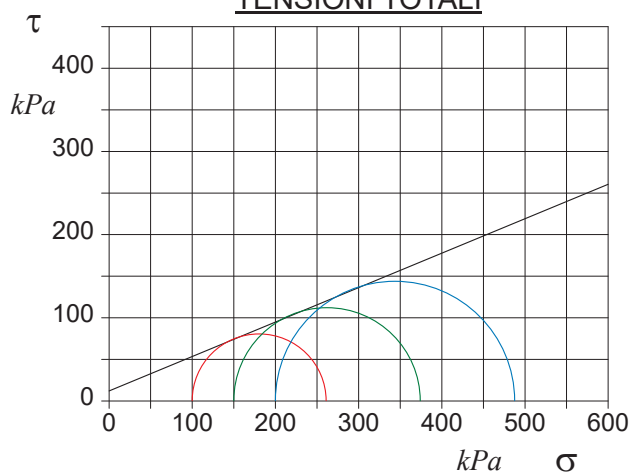
TENSIONI EFFICACI



c' = 9 kPa

φ' = 23,6 °

TENSIONI TOTALI



c = 12 kPa

φ = 22,5 °

RAPPORTO DI PROVA N°: P06031	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 16/05/25	Inizio analisi: 14/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 15/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 10.00 - 10.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

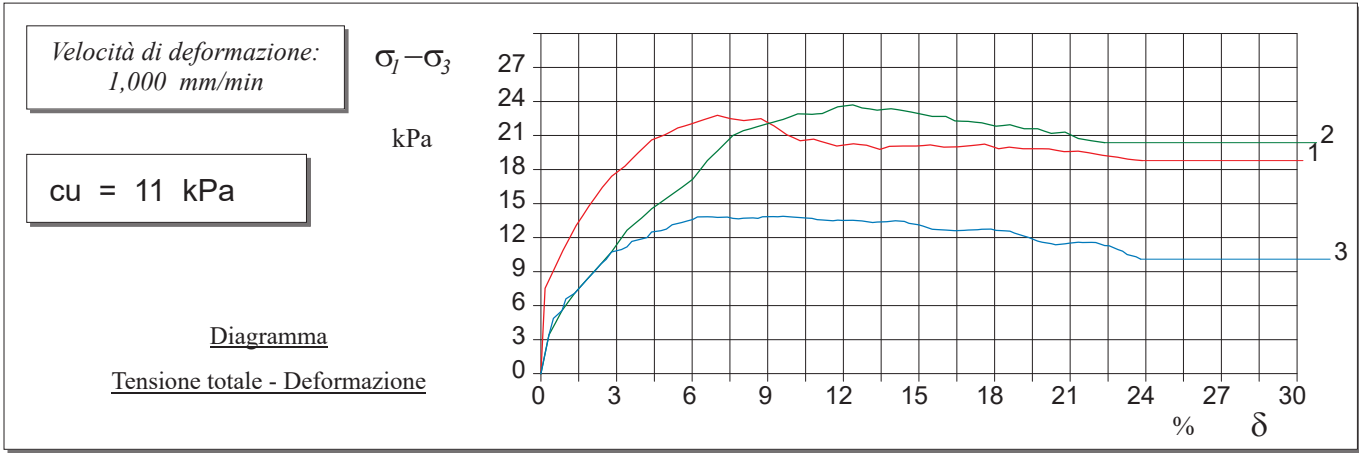
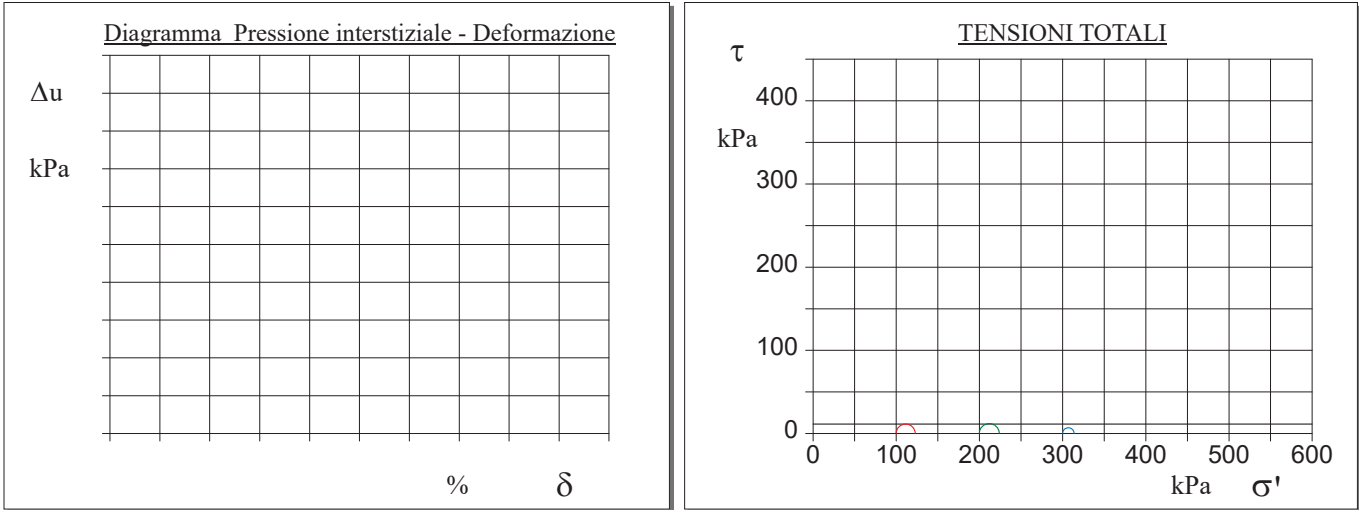
PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa
0,13	0,17	7,5		0,24	0,32	3,4		0,24	0,32	3,4	
0,40	0,52	9,2		0,44	0,58	4,5		0,38	0,49	4,9	
0,66	0,87	10,9		0,64	0,84	5,6		0,64	0,84	5,6	
0,86	1,14	12,0		0,83	1,09	6,3		0,76	0,99	6,6	
1,06	1,40	13,1		1,02	1,34	7,1		1,02	1,34	7,1	
1,26	1,66	13,9		1,21	1,59	7,7		1,27	1,68	7,9	
1,46	1,91	14,8		1,40	1,84	8,4		1,40	1,84	8,4	
1,65	2,18	15,6		1,60	2,11	9,0		1,64	2,16	9,1	
1,85	2,44	16,4		1,81	2,38	9,7		1,81	2,38	9,7	
1,99	2,62	16,9		1,97	2,59	10,2		1,97	2,59	10,1	
2,14	2,81	17,4		2,13	2,80	10,7		2,13	2,80	10,7	
2,33	3,07	17,9		2,36	3,11	11,7		2,43	3,19	11,0	
2,53	3,33	18,3		2,60	3,42	12,7		2,60	3,42	11,2	
2,73	3,60	18,9		2,81	3,70	13,2		2,74	3,61	11,7	
2,93	3,86	19,5		3,03	3,99	13,7		3,03	3,99	11,9	
3,14	4,13	20,0		3,19	4,19	14,1		3,20	4,21	12,0	
3,34	4,39	20,6		3,34	4,40	14,5		3,34	4,40	12,5	
3,54	4,65	20,8		3,56	4,69	15,0		3,62	4,76	12,6	
3,74	4,91	21,1		3,78	4,98	15,5		3,78	4,98	12,8	
3,93	5,17	21,4		4,02	5,28	15,9		3,95	5,20	13,1	
4,13	5,43	21,7		4,25	5,59	16,4		4,25	5,59	13,3	
4,33	5,69	21,8		4,41	5,81	16,8		4,41	5,81	13,5	
4,53	5,96	22,0		4,58	6,03	17,1		4,58	6,03	13,6	
4,73	6,23	22,2		4,80	6,31	18,0		4,72	6,21	13,8	
4,93	6,49	22,4		5,02	6,60	18,8		5,02	6,60	13,8	
5,32	7,00	22,8		5,17	6,80	19,2		5,33	7,01	13,8	
5,72	7,53	22,5		5,33	7,01	19,6		5,79	7,62	13,7	
6,12	8,05	22,3		5,56	7,31	20,3		6,11	8,03	13,7	
6,63	8,73	22,5		5,79	7,62	21,0		6,54	8,61	13,7	
7,03	9,25	21,9		5,95	7,83	21,2		7,01	9,22	13,9	
7,42	9,76	21,1		6,11	8,03	21,4		7,30	9,61	13,9	
7,82	10,29	20,5		6,54	8,61	21,8		7,75	10,19	13,8	
8,22	10,82	20,7		7,01	9,22	22,2		8,18	10,76	13,7	
8,62	11,35	20,3		7,30	9,61	22,4		8,48	11,16	13,6	
8,92	11,74	20,1		7,75	10,19	22,9		8,95	11,78	13,5	
9,42	12,40	20,3		8,18	10,76	22,9		9,40	12,37	13,5	
9,82	12,92	20,1		8,48	11,16	22,9		9,68	12,74	13,5	
10,22	13,45	19,8		8,95	11,78	23,5		10,14	13,34	13,4	
10,51	13,82	20,0		9,40	12,37	23,7		10,56	13,89	13,4	
10,92	14,37	20,1		9,68	12,74	23,4		10,96	14,42	13,4	
11,32	14,89	20,1		10,14	13,34	23,2		11,39	14,98	13,1	
11,74	15,45	20,2		10,56	13,89	23,4		11,80	15,53	12,7	
12,15	15,99	20,0		10,96	14,42	23,2		12,21	16,07	12,7	
12,57	16,54	20,0		11,39	14,98	22,9		12,49	16,43	12,6	
12,99	17,10	20,1		11,80	15,53	22,7		12,89	16,96	12,7	
13,38	17,60	20,2		12,21	16,07	22,7		13,30	17,50	12,7	
13,80	18,16	19,8		12,49	16,43	22,3		13,72	18,06	12,6	
14,12	18,58	20,0		12,89	16,96	22,3		14,14	18,61	12,6	
14,54	19,13	19,8		13,30	17,50	22,1		14,57	19,18	12,1	
14,88	19,58	19,8		13,72	18,06	21,8		14,98	19,71	11,7	
15,32	20,16	19,8		14,14	18,61	22,0		15,39	20,25	11,5	
15,78	20,76	19,6		14,57	19,18	21,6		15,81	20,80	11,5	
16,20	21,32	19,6		14,98	19,71	21,6		16,20	21,32	11,6	
16,52	21,73	19,5		15,39	20,25	21,2		16,60	21,85	11,6	
16,94	22,29	19,3		15,81	20,80	21,3		17,00	22,37	11,3	
17,39	22,88	19,1		16,20	21,32	20,7		17,40	22,90	11,0	
17,70	23,29	18,9		16,60	21,85	20,5		17,68	23,26	10,5	
18,14	23,86	18,8		17,00	22,37	20,4		18,09	23,80	10,1	

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m	10.00 - 10.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	ϕ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ _I -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_I+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_I-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	19,5	2,73	25,2	95,3	100	0	100	7,0	23	111	11
2	7,60	3,81	19,3	2,73	24,9	92,7	200	0	200	12,4	24	212	12
3	7,60	3,81	19,4	2,73	27,3	98,1	300	0	300	9,6	14	307	7
H _o ϕ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini				γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione				σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure			δ _f - Deformazione a rottura σ _I σ ₃ - Tensioni totali		



DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P06033

Pagina 1/1

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Galliera (BO)**

Cantiere: **Discarica Hera**

Data apertura e descrizione: **12/05/25**

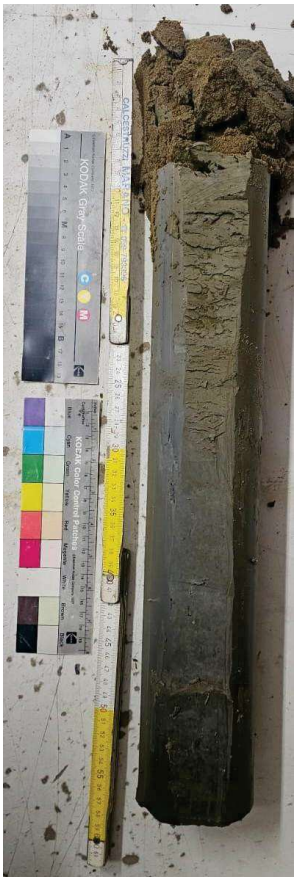
Data emissione rapporto: **15/05/2025**

Sondaggio n. **2** Campione: **I3**

Profondità di prelievo: **15.00 – 15.60 m**

Qualità campione: **Q5**

Dimensioni campione: L = **60 cm**

Prof. di prelievo - Alto: 15.00 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite
	15.00 _____			Limo sabbioso passante a Argilla con limosa, grigio scura (<i>GLEY 1 4/1 Dark Greenish Gray</i>), molto consistente, umido, con sostanza organica.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU
		1.8	0.8		
		2.5	1.0		
		2.8	1.1		
Prof. di prelievo - Basso: 15.60 m	15.60 _____				

Note:

Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; **APE:** aperture e descrizione; **UMD:** umidità; **PDV:** peso di volume; **PSP:** peso specifico; **LLP:** limite liquido e plastico; **LLR:** limite di ritiro; **GRA:** granulometria; **CLS:** classificazione; **PRM:** permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); **EDO:** edometria; **TCU:** triassiale CIU; **TCD:** triassiale CID; **TUU:** triassiale UU; **ELL:** Espansione laterale libera; **TGD:** taglio diretto; **TGR:** taglio residuo; **PRT:** proctor (ST standard; MD: modificata).

RAPPORTO DI PROVA N°: P06035 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 15.00 - 15.60

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

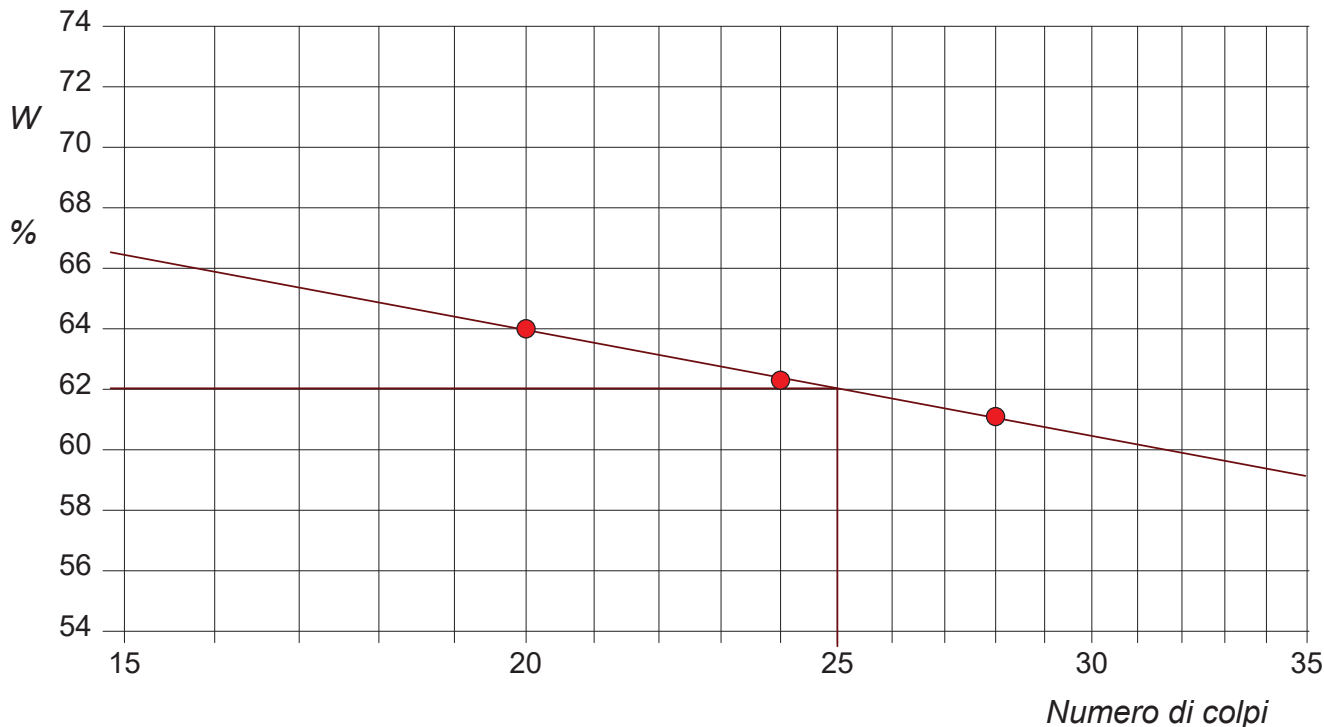
Limite di liquidità 62,0 %

Limite di plasticità 34,3 %

Indice di plasticità 27,7 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	20	24	28			Umidità (%)	34,2	34,4
Umidità (%)	64,0	62,3	61,1			Umidità media	34,3	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: **P06035** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 06/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

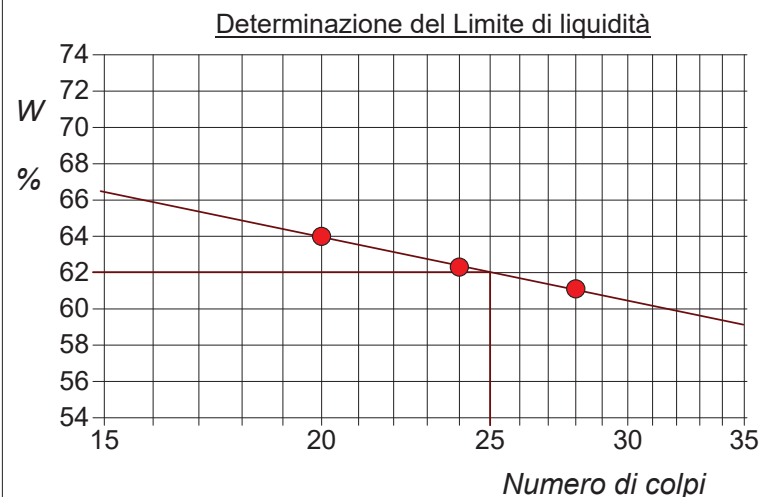
CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 15.00 - 15.60

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	62,0	%
Limite di plasticità	34,3	%
Indice di plasticità	27,7	%
Indice di consistenza	0,86	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici

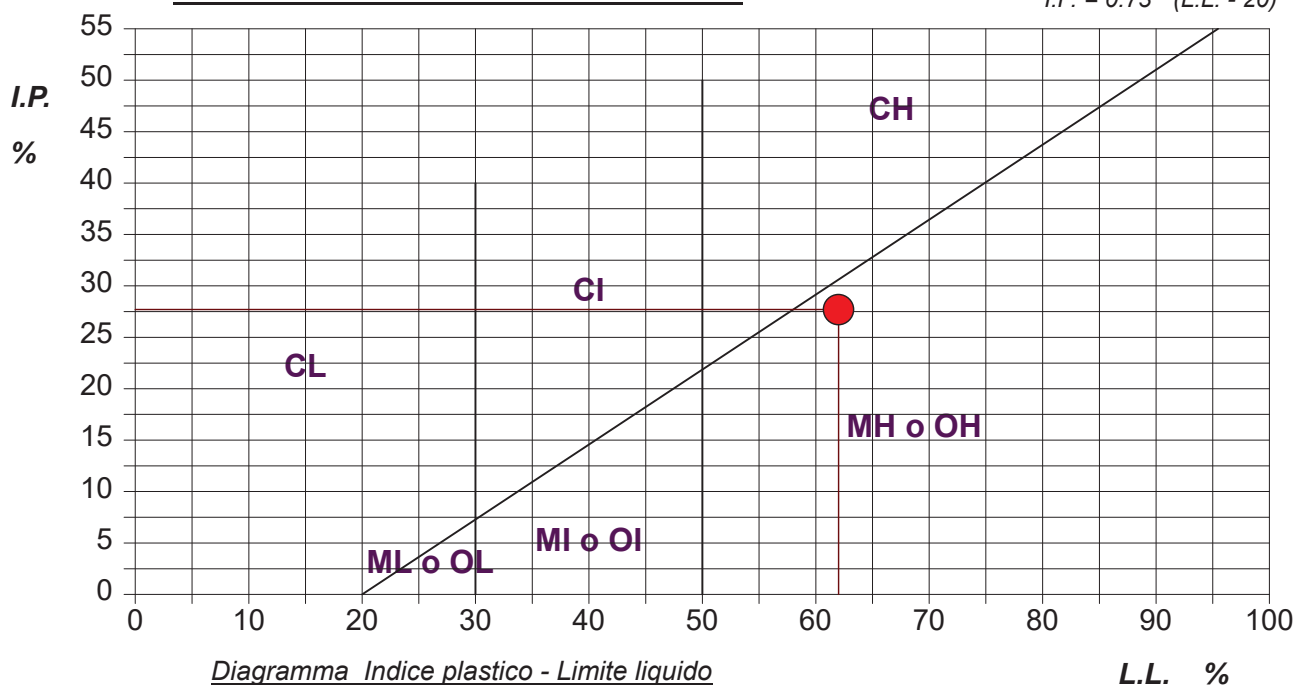
I - Media plasticità

O - Argille e limi organici

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06035	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 07/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: I3 PROFONDITA': m 15.00 - 15.60

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 98 %

Limite di ritiro = 9,5 %

Coefficiente di ritiro = 1,84

Ritiro di volume = 59,32

Ritiro lineare = 14,38

RAPPORTO DI PROVA N°: P06034 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 05/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 09/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

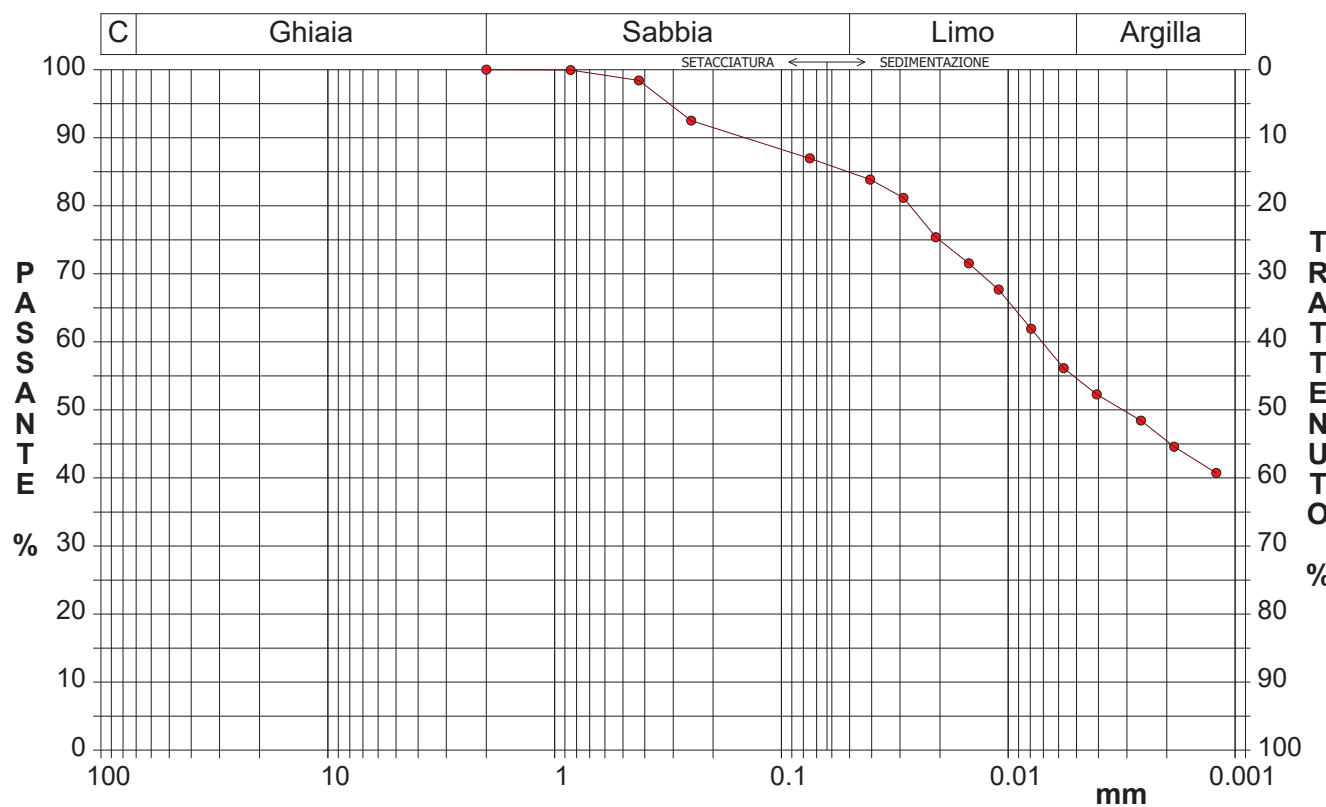
CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 15.00 - 15.60

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	15,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,3 %	D30	---	mm
Limo	30,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	87,0 %	D50	0,00312	mm
Argilla	54,6 %			D60	0,00710	mm
				D90	0,14493	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



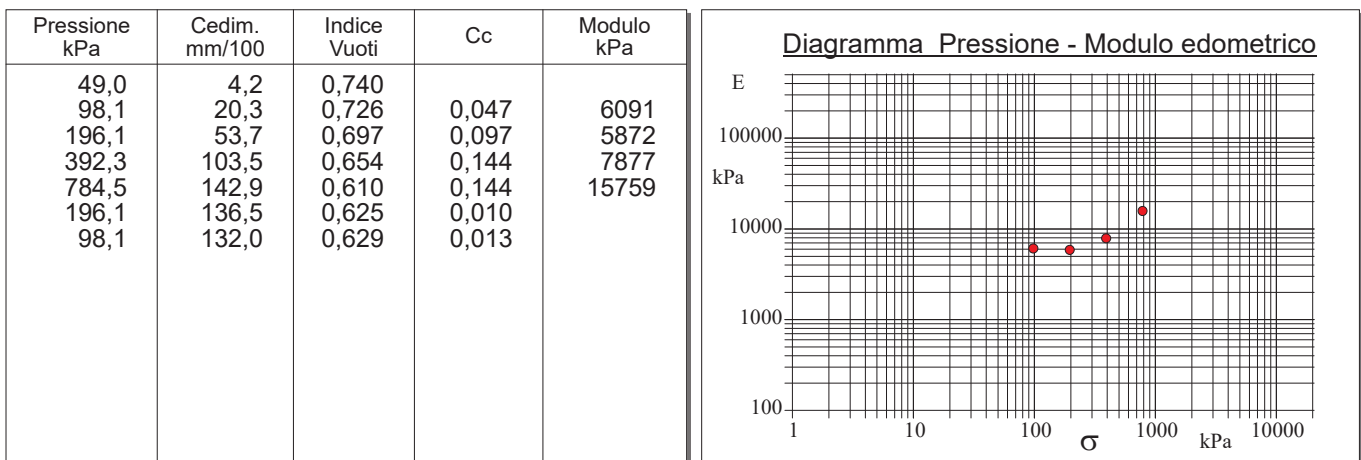
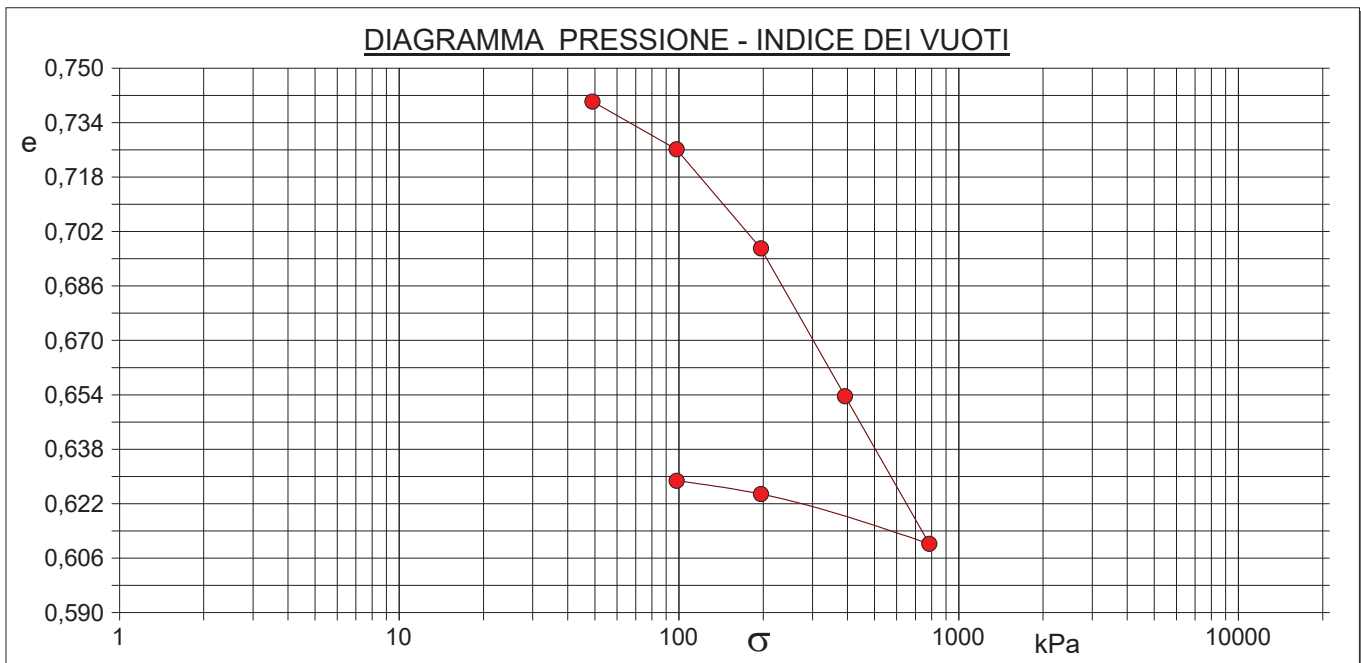
Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0406	83,86	0,0079	61,91	0,0012	40,74		
0,8500	99,95	0,0290	81,17	0,0057	56,14				
0,4250	98,41	0,0209	75,39	0,0041	52,29				
0,2500	92,51	0,0149	71,54	0,0026	48,44			Setacci	4
0,0750	86,97	0,0110	67,69	0,0019	44,59			Punti sediment.	11

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m	15.00 - 15.60

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

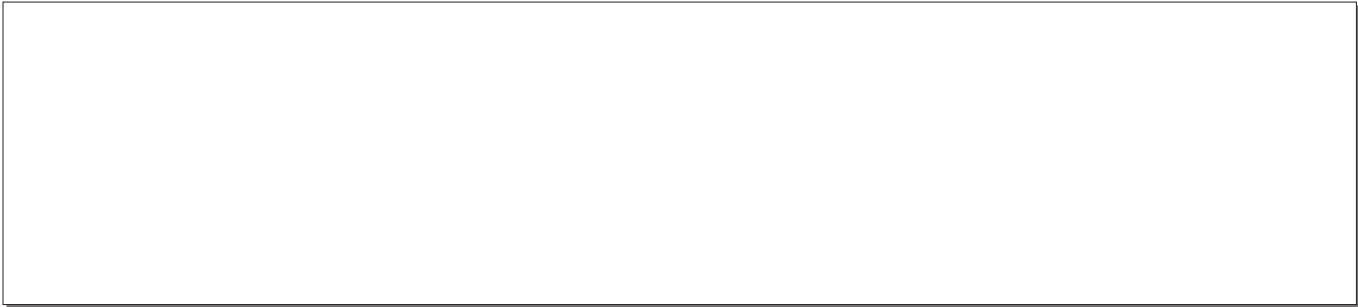
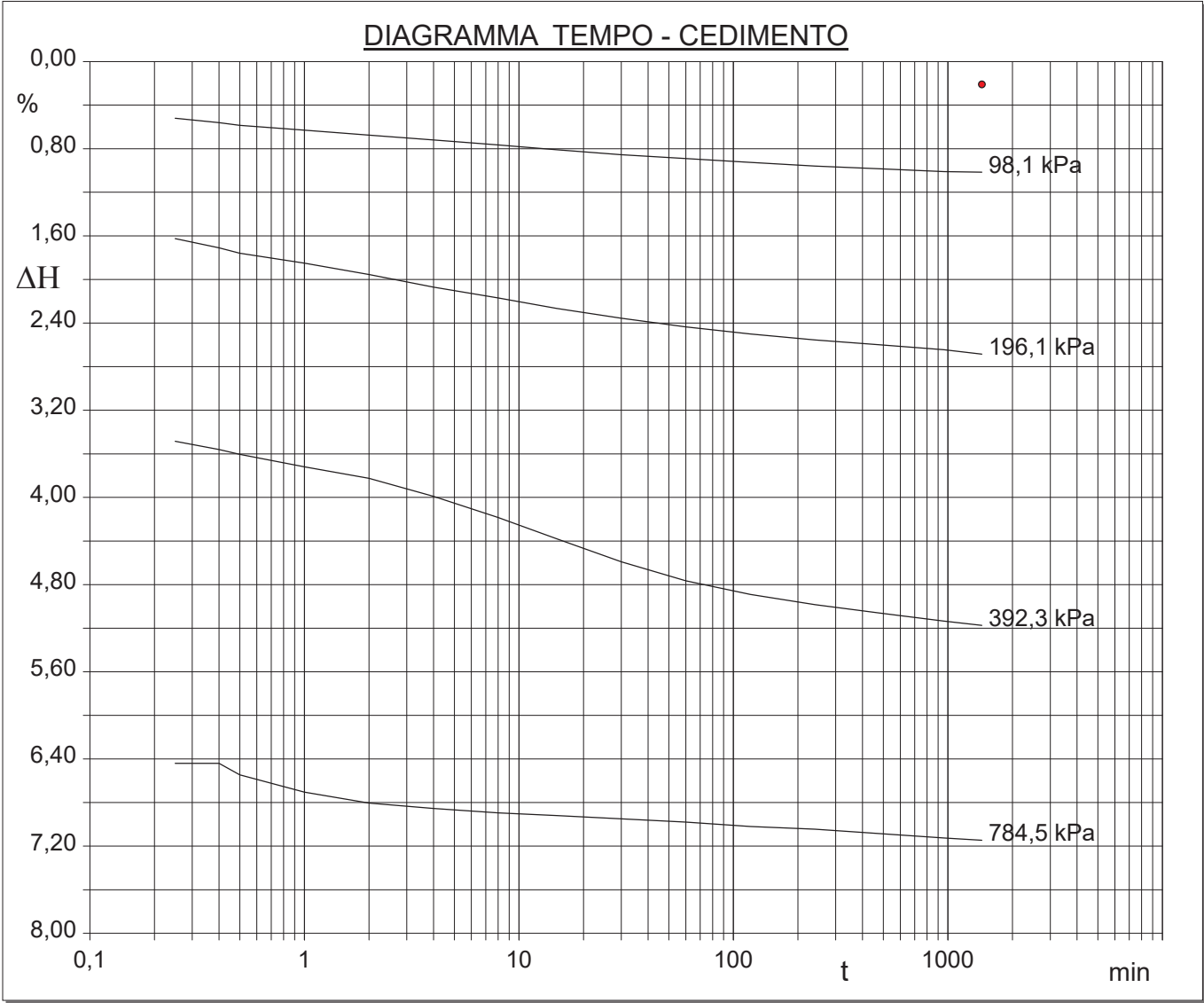
Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,12	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,74
Umidità (%)	24,5	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,66
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,91	Saturazione (%)	90,1



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m 15.00 - 15.60

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14



RAPPORTO DI PROVA N°: P06037	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 16/05/25	Inizio analisi: 15/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 16/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: I3 PROFONDITA': m 15.00 - 15.60

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,13	0,17	1,8		0,13	0,17	1,3		0,13	0,17	1,7	
0,41	0,54	2,3		0,38	0,51	3,0		0,32	0,42	2,9	
0,54	0,71	2,9		0,51	0,68	3,7		0,51	0,68	4,0	
0,80	1,05	3,7		0,77	1,01	4,9		0,71	0,94	5,1	
0,94	1,23	4,4		0,91	1,20	5,5		0,91	1,20	6,2	
1,20	1,58	4,7		1,17	1,54	6,8		1,11	1,46	7,3	
1,33	1,75	5,2		1,30	1,71	8,0		1,30	1,71	8,4	
1,59	2,10	5,4		1,56	2,06	8,5		1,50	1,97	9,4	
1,72	2,27	5,9		1,70	2,23	9,4		1,70	2,23	10,5	
1,99	2,61	6,1		1,96	2,58	9,8		1,89	2,49	11,0	
2,24	2,95	6,4		2,09	2,75	10,4		2,09	2,75	11,5	
2,37	3,12	6,5		2,36	3,10	10,6		2,29	3,01	11,8	
2,63	3,46	6,8		2,49	3,27	11,0		2,49	3,27	12,2	
2,76	3,63	6,8		2,76	3,63	11,1		2,69	3,54	12,4	
3,03	3,98	7,1		2,89	3,81	11,1		2,89	3,81	12,5	
3,16	4,15	7,1		3,16	4,15	11,2		3,15	4,15	12,7	
3,55	4,67	7,4		3,41	4,49	11,4		3,41	4,49	12,9	
3,95	5,20	7,7		3,54	4,66	11,3		3,60	4,74	13,0	
4,35	5,72	7,9		3,80	4,99	11,4		3,80	4,99	13,1	
4,75	6,25	8,1		3,93	5,16	11,4		3,99	5,25	13,2	
5,14	6,76	8,3		4,19	5,51	11,6		4,19	5,51	13,2	
5,54	7,29	8,4		4,31	5,68	11,7		4,38	5,76	13,2	
5,93	7,80	8,5		4,57	6,02	11,8		4,57	6,02	13,3	
6,33	8,33	8,6		4,70	6,19	11,8		4,77	6,27	13,3	
6,73	8,86	8,7		4,96	6,53	11,6		4,96	6,53	13,4	
7,13	9,38	8,8		5,09	6,70	11,3		5,16	6,79	13,5	
7,53	9,90	8,9		5,35	7,04	11,0		5,35	7,04	13,5	
7,92	10,41	9,0		5,48	7,21	10,3		5,55	7,30	13,5	
8,30	10,92	9,1		5,74	7,55	10,1		5,74	7,55	13,5	
8,70	11,45	9,0		6,00	7,89	9,5		5,93	7,81	13,5	
9,23	12,14	9,1		6,13	8,06	9,2		6,13	8,06	13,5	
9,62	12,66	9,0		6,38	8,39	8,7		6,32	8,31	13,3	
10,02	13,19	9,1		6,50	8,56	8,5		6,50	8,56	13,2	
10,42	13,71	9,2		6,76	8,90	8,2		6,70	8,82	13,2	
10,81	14,23	9,3		6,90	9,08	8,1		6,90	9,08	13,1	
11,20	14,73	9,3		7,15	9,41	7,8		7,09	9,33	13,1	
11,59	15,24	9,4		7,28	9,58	7,7		7,28	9,58	13,1	
11,98	15,76	9,4		7,55	9,93	7,3		7,48	9,84	13,0	
12,37	16,28	9,5		7,68	10,10	7,0		7,68	10,10	13,0	
12,77	16,81	9,6		7,95	10,45	6,3		7,88	10,36	12,9	
13,18	17,35	9,6		8,07	10,62	5,8		8,07	10,62	12,9	
13,58	17,87	9,7		8,34	10,97	5,1		8,28	10,89	12,7	
13,98	18,40	9,7		8,48	11,16	4,8		8,48	11,16	12,6	
14,38	18,91	9,7		8,74	11,50	4,0		8,67	11,41	12,4	
14,77	19,43	9,8		8,87	11,67	3,6		8,87	11,67	12,3	
15,16	19,95	9,8		9,12	11,99	3,2		9,05	11,91	12,2	
15,56	20,47	9,6		9,24	12,16	2,9		9,24	12,16	12,1	
15,96	21,00	9,7		9,49	12,49	2,5		9,43	12,41	11,9	
16,36	21,53	9,8		9,62	12,66	2,4		9,62	12,66	11,8	
16,75	22,04	9,6		9,88	13,00	1,9		9,82	12,91	11,7	
17,14	22,55	9,3		10,01	13,17	1,8		10,01	13,17	11,5	
17,53	23,06	9,0		10,28	13,52	1,4		10,21	13,43	11,5	
17,92	23,57	9,0		10,41	13,69	1,1		10,41	13,69	11,4	
18,31	24,09	8,9		10,68	14,06	0,9		10,61	13,96	11,2	
18,71	24,62	8,7		10,81	14,23	0,3		10,81	14,23	11,1	
19,25	25,32	8,2		11,08	14,58	0,1		11,08	14,58	11,1	
19,64	25,84	7,9									
19,98	26,28	7,0									

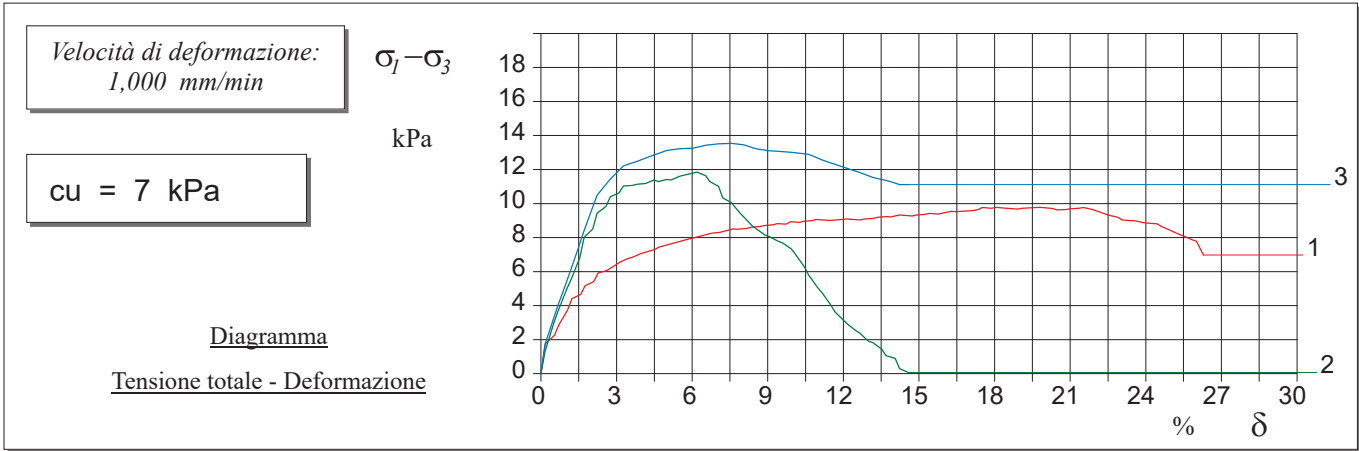
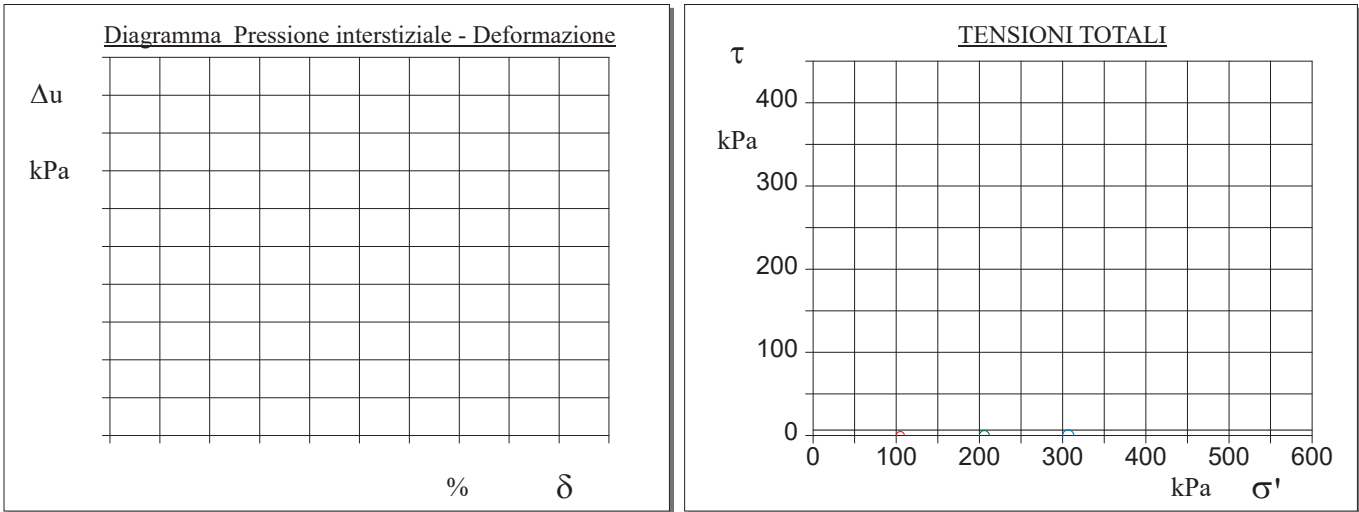
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m	15.00 - 15.60

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ _I -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_I + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_I - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	19,4	2,73	24,9	94,1	100	0	100	19,8	10	105	5
2	7,60	3,81	19,2	2,73	25,2	92,7	200	0	200	6,2	12	206	6
3	7,60	3,81	19,1	2,73	25,2	90,8	300	0	300	7,6	14	307	7

H _o φ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione	σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ _I σ ₃ - Tensioni totali
--	--	---	--



DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P06038

Pagina 1/1

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Galliera (BO)**

Cantiere: **Discarica Hera**

Data apertura e descrizione: **18/04/25**


Data emissione rapporto: **15/05/2025**

Sondaggio n. **3** Campione: **I1**

Profondità di prelievo: **4.00 – 4.50 m**

Qualità campione: **Q5**

Dimensioni campione: L = **50 cm**

Prof. di prelievo - Alto: 4.00 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite
	4.00	1.1	0.6	Argilla con limosa, grigio scura (GLEYS 1 4/1 Dark Greenish Gray), consistente, umido, con sostanza organica.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU
	1.6		0.7		
	1.0		0.6		
Prof. di prelievo - Basso: 4.50 m	4.50				

Note:

Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; **APE:** aperture e descrizione; **UMD:** umidità; **PDV:** peso di volume; **PSP:** peso specifico; **LLP:** limite liquido e plastico; **LLR:** limite di ritiro; **GRA:** granulometria; **CLS:** classificazione; **PRM:** permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); **EDO:** edometria; **TCU:** triassiale CIU; **TCD:** triassiale CID; **TUU:** triassiale UU; **ELL:** Espansione laterale libera; **TGD:** taglio diretto; **TGR:** taglio residuo; **PRT:** proctor (ST standard; MD: modificata).

RAPPORTO DI PROVA N°: P06040 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 06/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 07/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

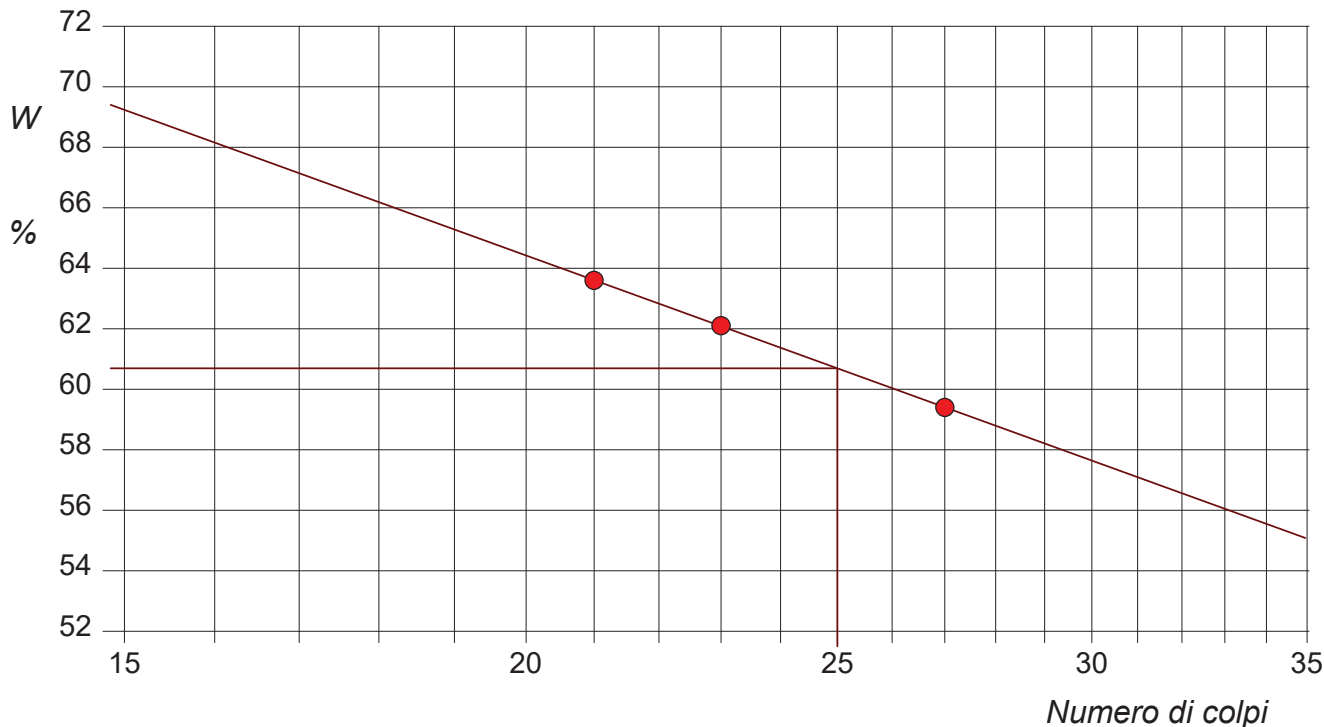
Limite di liquidità 60,7 %

Limite di plasticità 33,6 %

Indice di plasticità 27,1 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	21	23	27			Umidità (%)	32,7	34,5
Umidità (%)	63,6	62,1	59,4			Umidità media	33,6	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: P06040 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 06/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 07/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

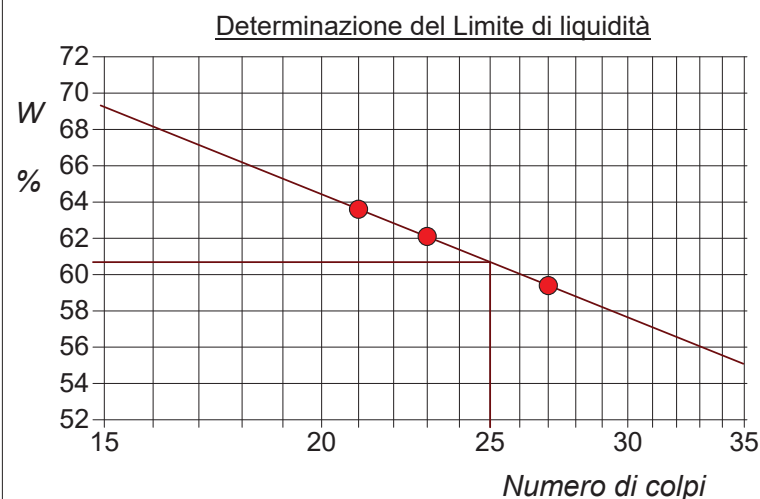
CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	60,7	%
Limite di plasticità	33,6	%
Indice di plasticità	27,1	%
Indice di consistenza	1,10	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici

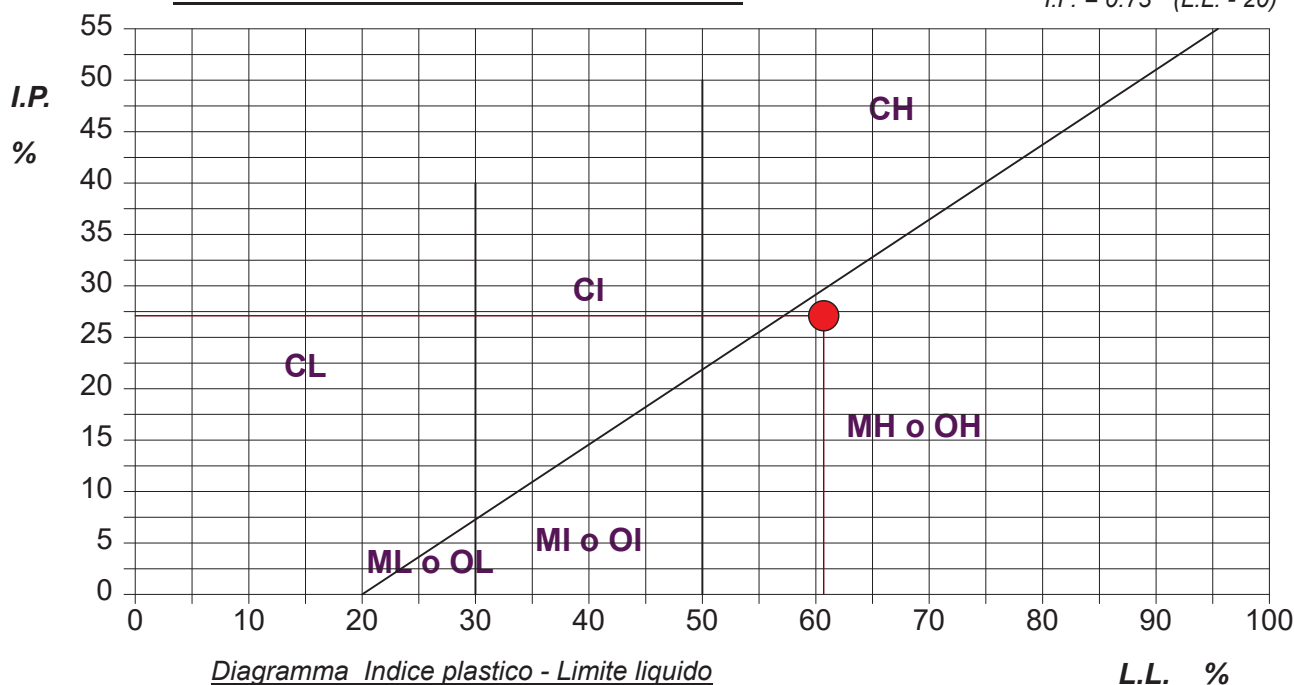
I - Media plasticità

O - Argille e limi organici

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06040	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 07/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: I1 PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 99 %

Limite di ritiro = 12,8 %

Coefficiente di ritiro = 1,69

Ritiro di volume = 49,85

Ritiro lineare = 12,61

RAPPORTO DI PROVA N°: P06039 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 08/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 13/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

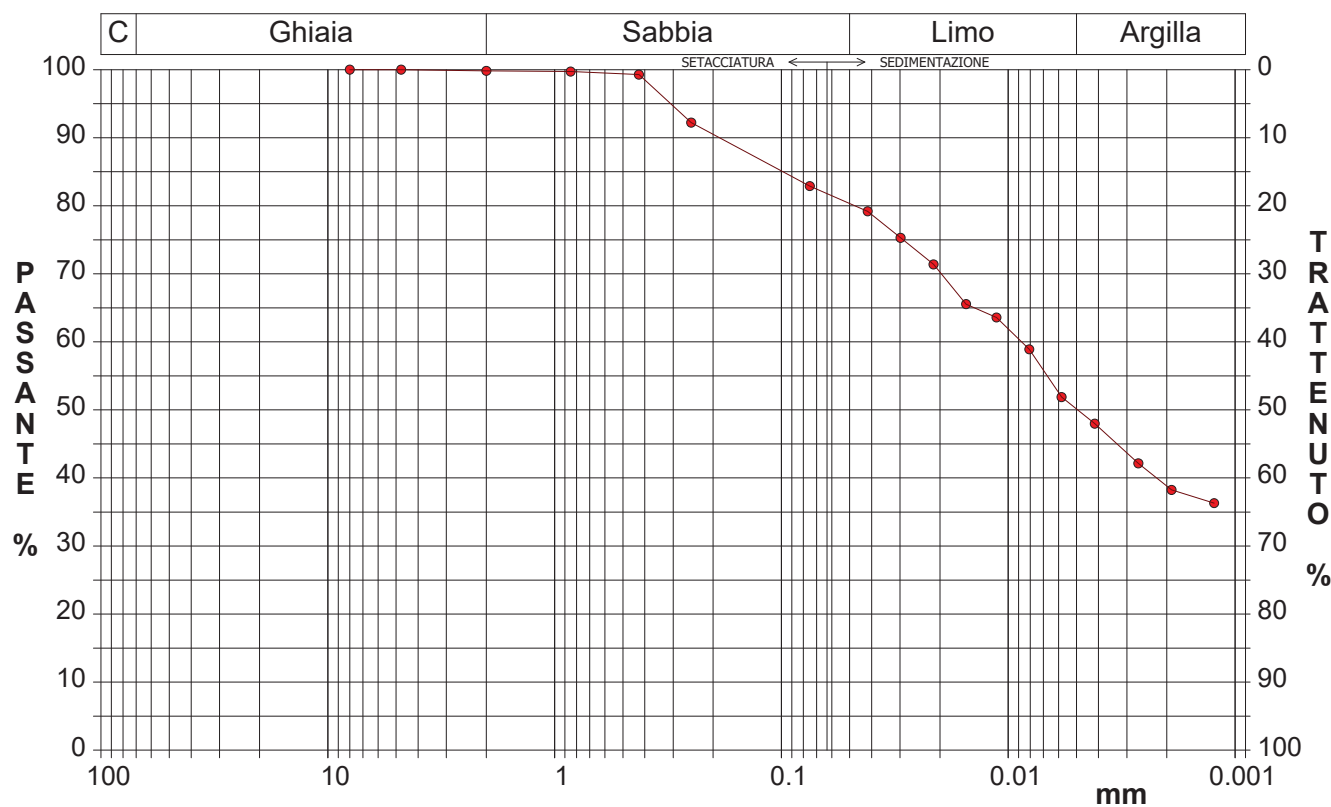
CAMPIONE: I1

PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,8 %	D10	---	mm
Sabbia	19,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,1 %	D30	---	mm
Limo	30,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	82,9 %	D50	0,00494	mm
Argilla	50,1 %			D60	0,00873	mm
				D90	0,18782	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
8,0000	100,00	0,2500	92,21	0,0153	65,54	0,0027	42,15		
4,7500	100,00	0,0750	82,90	0,0113	63,59	0,0019	38,25		
2,0000	99,83	0,0417	79,19	0,0081	58,91	0,0012	36,30		
0,8500	99,73	0,0298	75,29	0,0058	51,89			Setacci	6
0,4250	99,28	0,0213	71,39	0,0042	48,00			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06041	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 18/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 05/05/25
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3		CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	12,3			0,10	17,2			0,10	29,4	2880,00	53,0	0,10	54,0		
0,25	12,9			0,25	17,2			0,25	31,3	3600,00	53,2	0,25	54,0		
0,40	12,9			0,40	17,5			0,40	31,3			0,40	58,9		
0,50	12,9			0,50	17,7			0,50	32,0			0,50	58,9		
1,00	13,1			1,00	18,1			1,00	32,9			1,00	60,3		
2,00	13,3			2,00	18,8			2,00	34,2			2,00	62,7		
4,00	13,5			4,00	19,6			4,00	36,0			4,00	65,4		
8,00	13,7			8,00	20,7			8,00	38,5			8,00	69,3		
15,00	14,0			15,00	21,9			15,00	41,0			15,00	73,3		
30,00	14,1			30,00	23,3			30,00	44,0			30,00	78,2		
60,00	14,4			60,00	24,4			60,00	46,5			60,00	81,9		
120,00	14,7			120,00	25,5			120,00	48,8			120,00	84,6		
240,00	15,0			240,00	26,3			240,00	50,0			240,00	86,5		
480,00	15,3			480,00	27,1			480,00	51,0			480,00	87,8		
960,00	15,6			960,00	27,8			960,00	51,9			960,00	89,1		
1440,00	15,9			1440,00	28,1			1440,00	52,3			1440,00	89,8		
								1800,00	52,5						

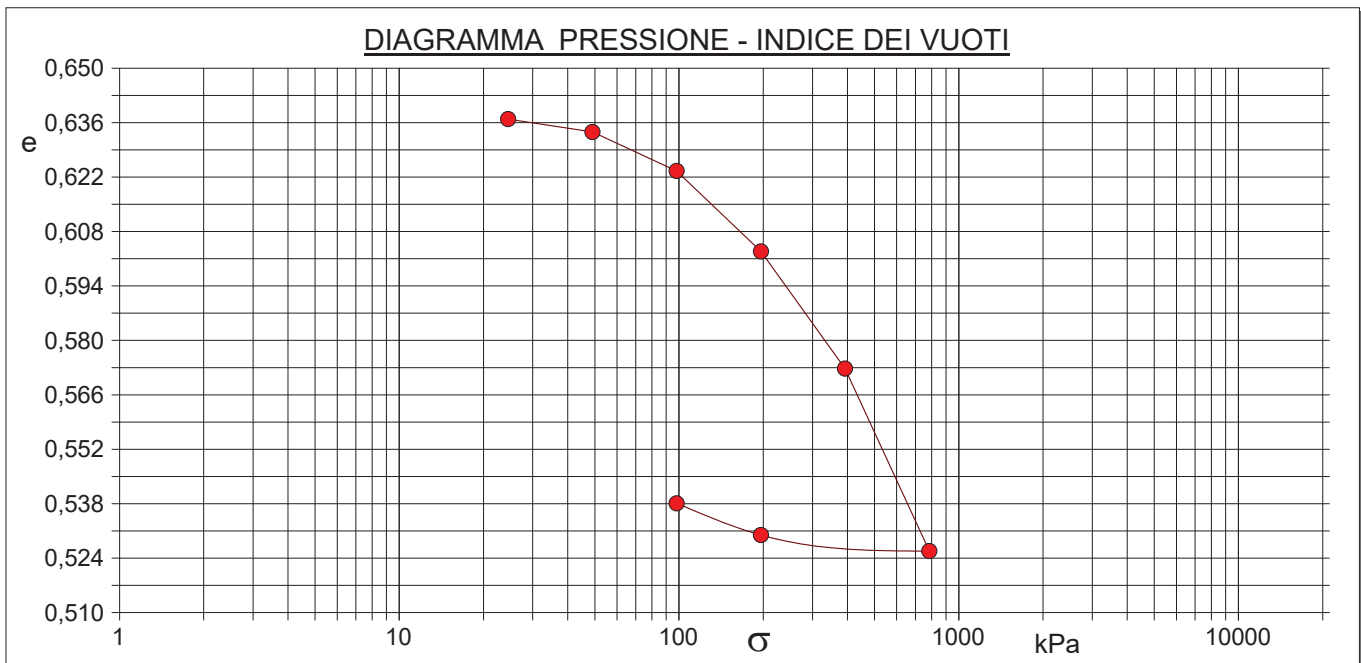
Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	96,7														
0,25	98,0														
0,40	98,0														
0,50	99,1														
1,00	101,2														
2,00	103,7														
4,00	107,5														
8,00	112,8														
15,00	119,1														
30,00	126,9														
60,00	133,6														
120,00	137,8														
240,00	141,4														
480,00	143,6														
960,00	145,4														
1440,00	146,4														
1800,00	146,8														

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

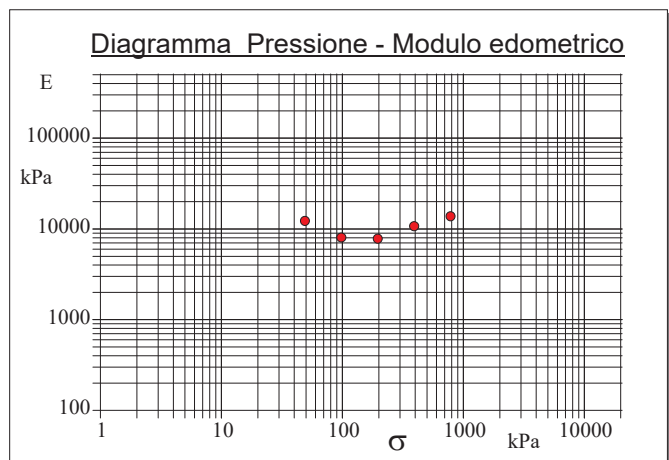
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	20,27	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,65
Umidità (%)	24,7	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	39,27
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	15,42	Saturazione (%)	100,0



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	11,9	0,637		
49,0	15,9	0,634	0,011	12258
98,1	28,1	0,624	0,033	8038
196,1	53,2	0,603	0,069	7814
392,3	89,8	0,573	0,100	10718
784,5	146,8	0,526	0,156	13764
196,1	141,8	0,530	0,007	
98,1	131,9	0,538	0,027	

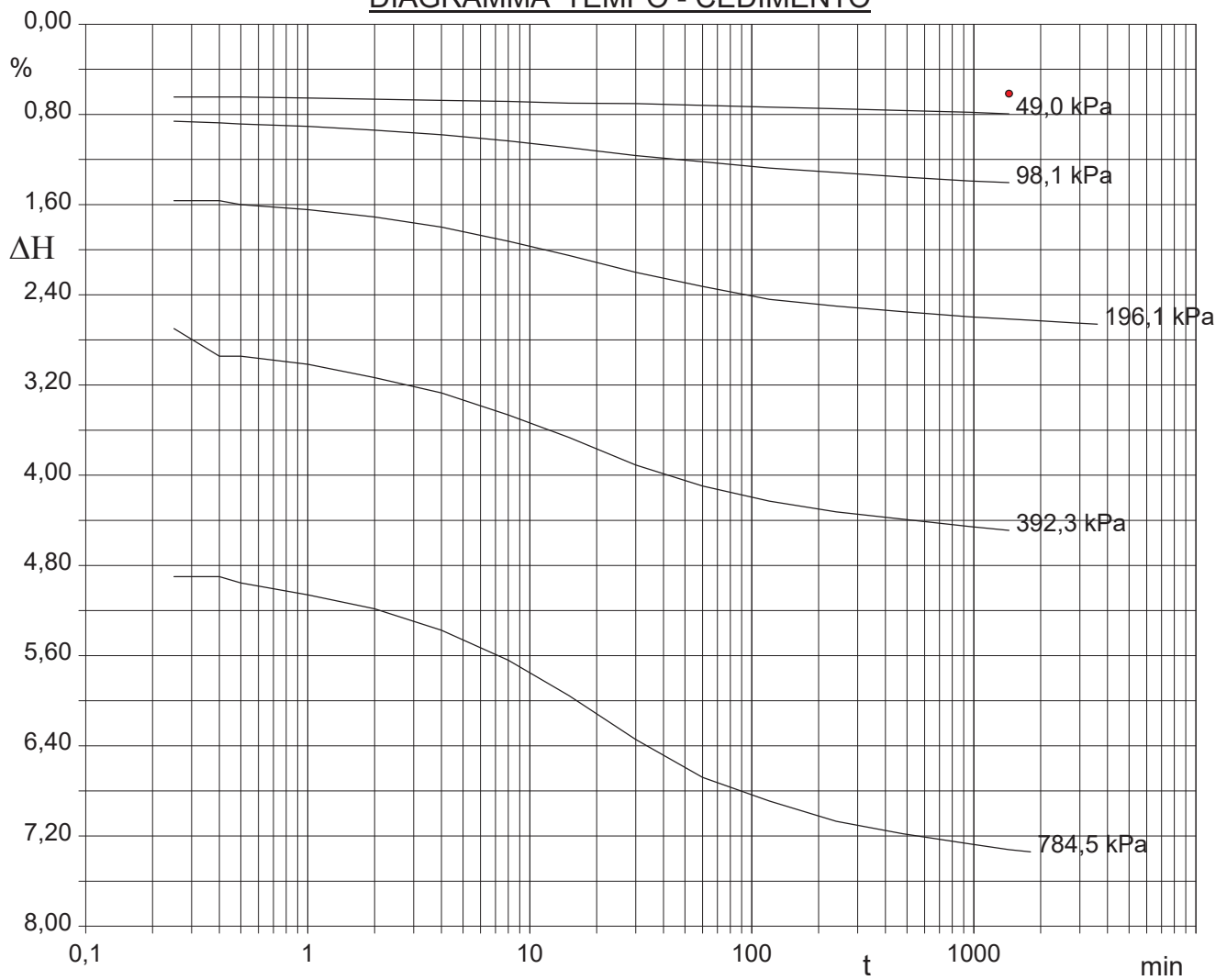


COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



RAPPORTO DI PROVA N°: P06042	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 12/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 13/05/25
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3		CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m 4.00 - 4.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,13	0,17	1,7		0,13	0,17	1,3		0,13	0,17	1,8	
0,39	0,52	2,4		0,39	0,52	2,2		0,39	0,52	2,7	
0,53	0,69	2,9		0,53	0,69	2,7		0,53	0,69	3,2	
0,79	1,04	3,4		0,79	1,04	3,6		0,79	1,04	3,9	
0,93	1,22	4,0		0,93	1,22	4,0		0,93	1,22	4,1	
1,21	1,59	4,2		1,21	1,59	4,2		1,21	1,59	4,6	
1,34	1,76	4,5		1,34	1,76	4,6		1,34	1,76	4,8	
1,60	2,11	4,7		1,60	2,11	5,2		1,60	2,11	5,3	
1,73	2,28	5,1		1,73	2,28	5,4		1,73	2,28	5,5	
1,99	2,62	5,4		1,99	2,62	5,6		1,99	2,62	5,8	
2,25	2,96	5,6		2,25	2,96	5,8		2,25	2,96	6,1	
2,37	3,12	5,8		2,37	3,12	6,0		2,37	3,12	6,4	
2,51	3,30	5,9		2,51	3,30	6,4		2,51	3,30	6,6	
2,77	3,65	6,3		2,77	3,65	6,5		2,77	3,65	6,7	
2,91	3,83	6,4		2,91	3,83	6,7		2,91	3,83	6,9	
3,18	4,18	6,6		3,18	4,18	6,8		3,18	4,18	7,1	
3,32	4,37	6,7		3,32	4,37	6,9		3,32	4,37	7,3	
3,59	4,72	6,9		3,59	4,72	7,1		3,59	4,72	7,5	
3,72	4,89	7,1		3,72	4,89	7,2		3,72	4,89	7,3	
4,00	5,26	7,2		4,00	5,26	7,3		4,00	5,26	7,5	
4,13	5,44	7,4		4,13	5,44	7,4		4,13	5,44	7,6	
4,40	5,79	7,4		4,40	5,79	7,5		4,40	5,79	7,7	
4,53	5,96	7,5		4,53	5,96	7,7		4,53	5,96	7,9	
4,79	6,30	7,6		4,79	6,30	8,1		4,79	6,30	8,3	
4,92	6,47	7,8		4,92	6,47	8,3		4,92	6,47	8,3	
5,18	6,81	7,8		5,18	6,81	8,5		5,18	6,81	8,4	
5,44	7,15	7,9		5,44	7,15	8,5		5,44	7,15	8,6	
5,83	7,66	8,2		5,83	7,66	8,5		5,83	7,66	8,7	
6,22	8,18	8,3		6,22	8,18	8,6		6,22	8,18	8,8	
6,62	8,71	8,5		6,62	8,71	8,8		6,62	8,71	9,0	
7,02	9,23	8,6		7,02	9,23	9,0		7,02	9,23	9,4	
7,41	9,75	8,7		7,41	9,75	9,4		7,41	9,75	10,0	
7,81	10,27	8,9		7,81	10,27	9,8		7,81	10,27	10,3	
8,20	10,78	9,0		8,20	10,78	10,1		8,20	10,78	10,2	
8,60	11,31	9,2		8,60	11,31	10,3		8,60	11,31	10,2	
8,99	11,83	9,3		8,99	11,83	10,3		8,99	11,83	10,2	
9,38	12,35	9,5		9,38	12,35	10,1		9,38	12,35	10,2	
9,78	12,87	9,6		9,78	12,87	10,0		9,78	12,87	10,3	
10,19	13,40	9,6		10,19	13,40	10,1		10,19	13,40	10,4	
10,58	13,92	9,7		10,58	13,92	10,6		10,58	13,92	10,7	
10,97	14,43	9,7		10,97	14,43	11,0		10,97	14,43	11,1	
11,36	14,94	9,8		11,36	14,94	11,3		11,36	14,94	11,3	
11,78	15,49	10,0		11,78	15,49	11,3		11,78	15,49	11,4	
12,16	16,00	10,2		12,16	16,00	11,1		12,16	16,00	11,4	
12,64	16,63	10,5		12,64	16,63	11,0		12,64	16,63	11,3	
13,02	17,14	10,4		13,02	17,14	10,9		13,02	17,14	11,1	
13,42	17,66	10,3		13,42	17,66	11,2		13,42	17,66	11,2	
13,81	18,17	10,2		13,81	18,17	11,4		13,81	18,17	11,6	
14,18	18,66	10,3		14,18	18,66	11,9		14,18	18,66	11,8	
14,64	19,27	10,3		14,64	19,27	12,1		14,64	19,27	12,1	
15,02	19,76	10,5		15,02	19,76	12,2		15,02	19,76	12,0	
15,39	20,26	10,8		15,39	20,26	12,0		15,39	20,26	12,0	
15,78	20,76	10,9		15,78	20,76	11,8		15,78	20,76	11,9	
16,26	21,39	10,8		16,26	21,39	11,8		16,26	21,39	12,0	
16,63	21,88	10,7		16,63	21,88	12,2		16,63	21,88	12,3	
17,00	22,37	10,6		17,00	22,37	12,5		17,00	22,37	12,5	
17,37	22,86	10,6		17,37	22,86	12,7		17,37	22,86	12,6	
17,85	23,49	10,8		17,85	23,49	12,8		17,85	23,49	12,3	

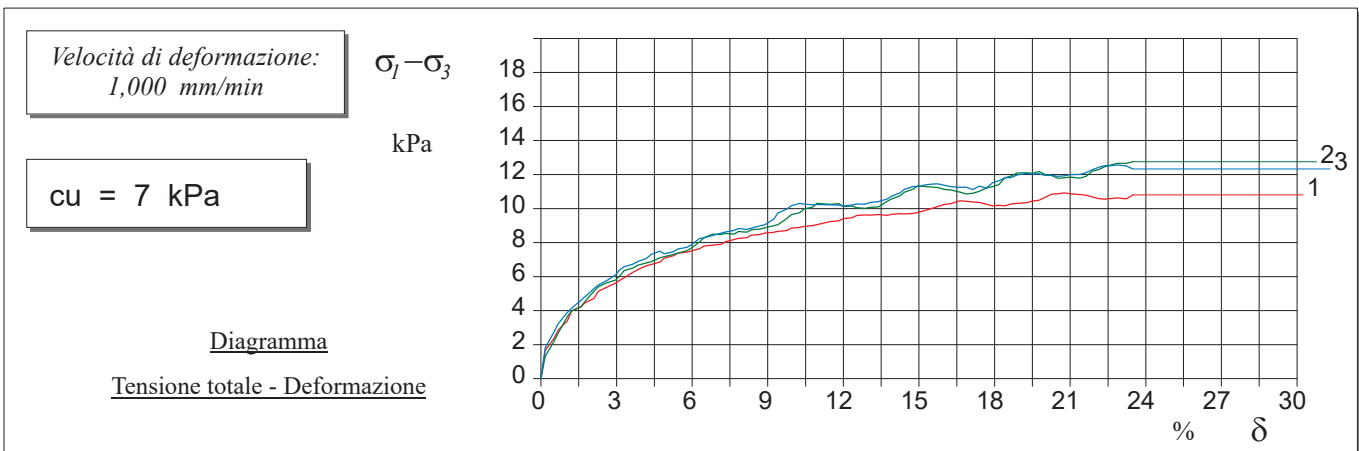
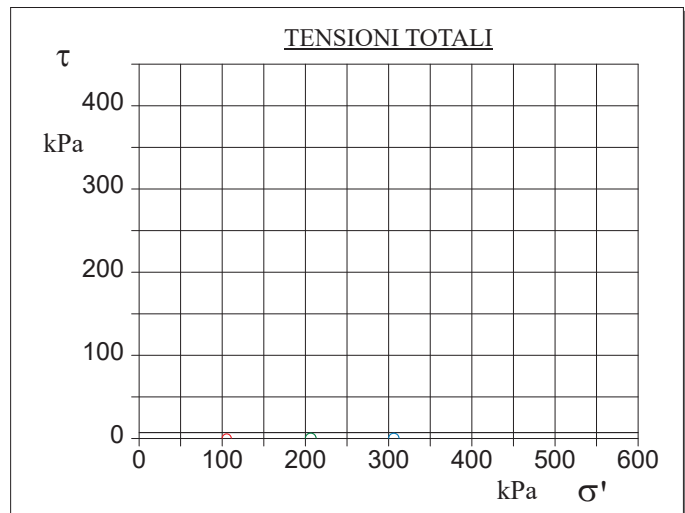
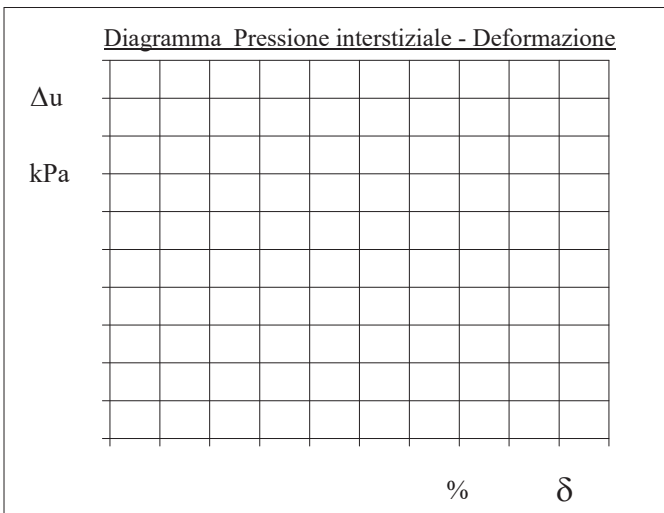
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I1	PROFONDITA': m	4.00 - 4.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ _l -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_l + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_l - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	19,7	2,73	23,9	95,3	100	0	100	20,8	11	105	5
2	7,60	3,81	19,5	2,73	23,0	91,2	200	0	200	23,5	13	206	6
3	7,60	3,81	19,5	2,73	24,0	93,5	300	0	300	22,9	13	306	6

H _o φ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione	σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ _l σ ₃ - Tensioni totali
--	--	---	--



DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P06043

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Galliera (BO)**

Cantiere: **Discarica Hera**


Data apertura e descrizione: **05/05/25**

Data emissione rapporto: **15/05/2025**

Sondaggio n. 3 Campione: 12

Profondità di prelievo: **9.10 – 9.60 m**Qualità campione: **Q5**

Dimensioni campione: L = 50 cm

Prof. di prelievo - Alto: 9.10 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	Descrizione del campione	Prove eseguite
	9.10 _____	1.5	0.8	Argilla con limo, grigio scura (<i>GLEYS</i> 4/1 Dark Greenish Gray), consistente, umido, con sostanza organica.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU
		2.0	0.9		
		2.5	0.9		
Prof. di prelievo - Basso: 9.60 m	9.60 _____				

Note:

Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; **APE:** aperture e descrizione; **UMD:** umidità; **PDV:** peso di volume; **PSP:** peso specifico; **LLP:** limite liquido e plastico; **LLR:** limite di ritiro; **GRA:** granulometria; **CLS:** classificazione; **PRM:** permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); **EDO:** edometria; **TCU:** triassiale CIU; **TCD:** triassiale CID; **TUU:** triassiale UU; **ELL:** Espansione laterale libera; **TGD:** taglio diretto; **TGR:** taglio residuo; **PRT:** proctor (ST standard; MD: modificata).

RAPPORTO DI PROVA N°: P06045 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 07/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

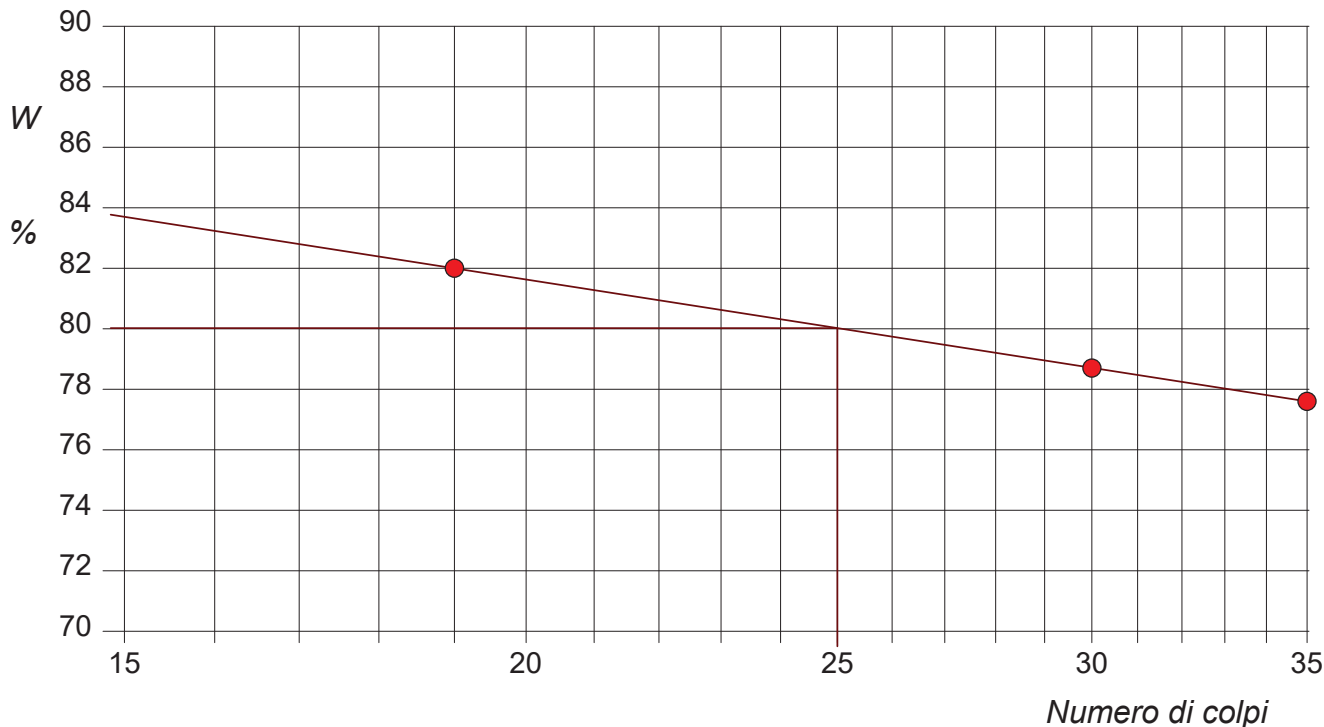
Limite di liquidità 80,0 %

Limite di plasticità 50,5 %

Indice di plasticità 29,5 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	19	30	35			Umidità (%)	49,2	51,8
Umidità (%)	82,0	78,7	77,6			Umidità media	50,5	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: **P06045** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 07/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 08/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

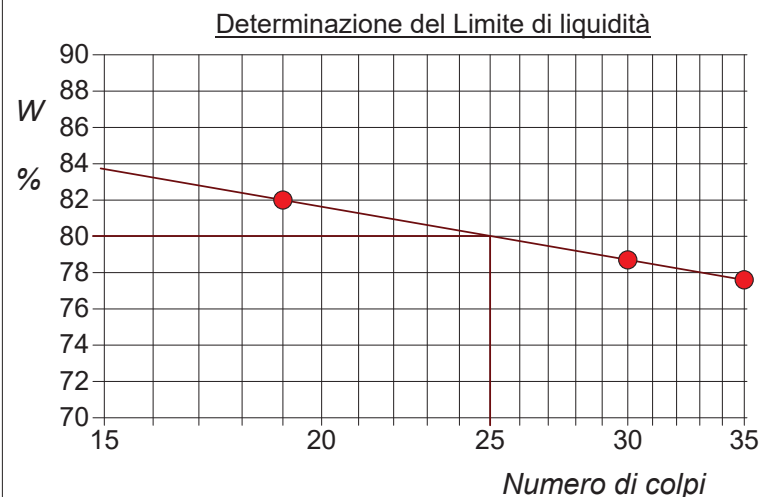
CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	80,0	%
Limite di plasticità	50,5	%
Indice di plasticità	29,5	%
Indice di consistenza	1,41	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici

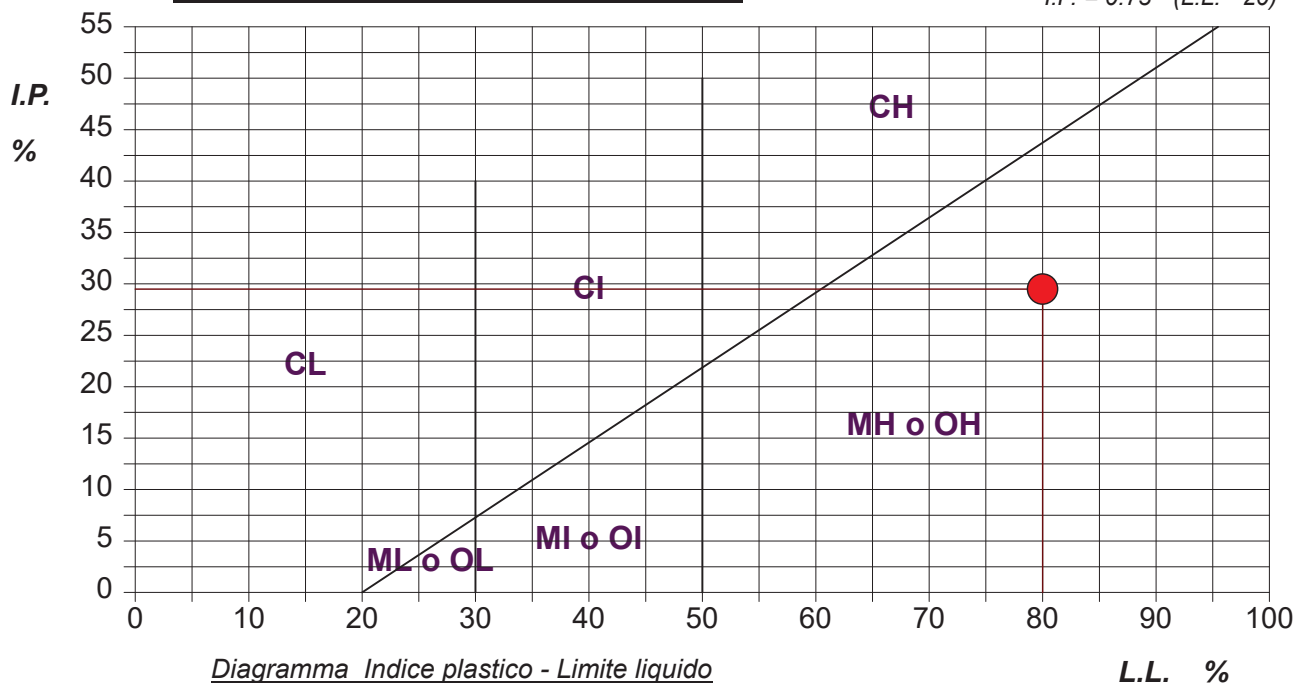
I - Media plasticità

O - Argille e limi organici

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06045	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 16/05/25	Inizio analisi: 09/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 12/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 99 %

Limite di ritiro = 11,2 %
Coefficiente di ritiro = 1,78
Ritiro di volume = 54,51
Ritiro lineare = 13,50

RAPPORTO DI PROVA N°: **P06044** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 07/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 13/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

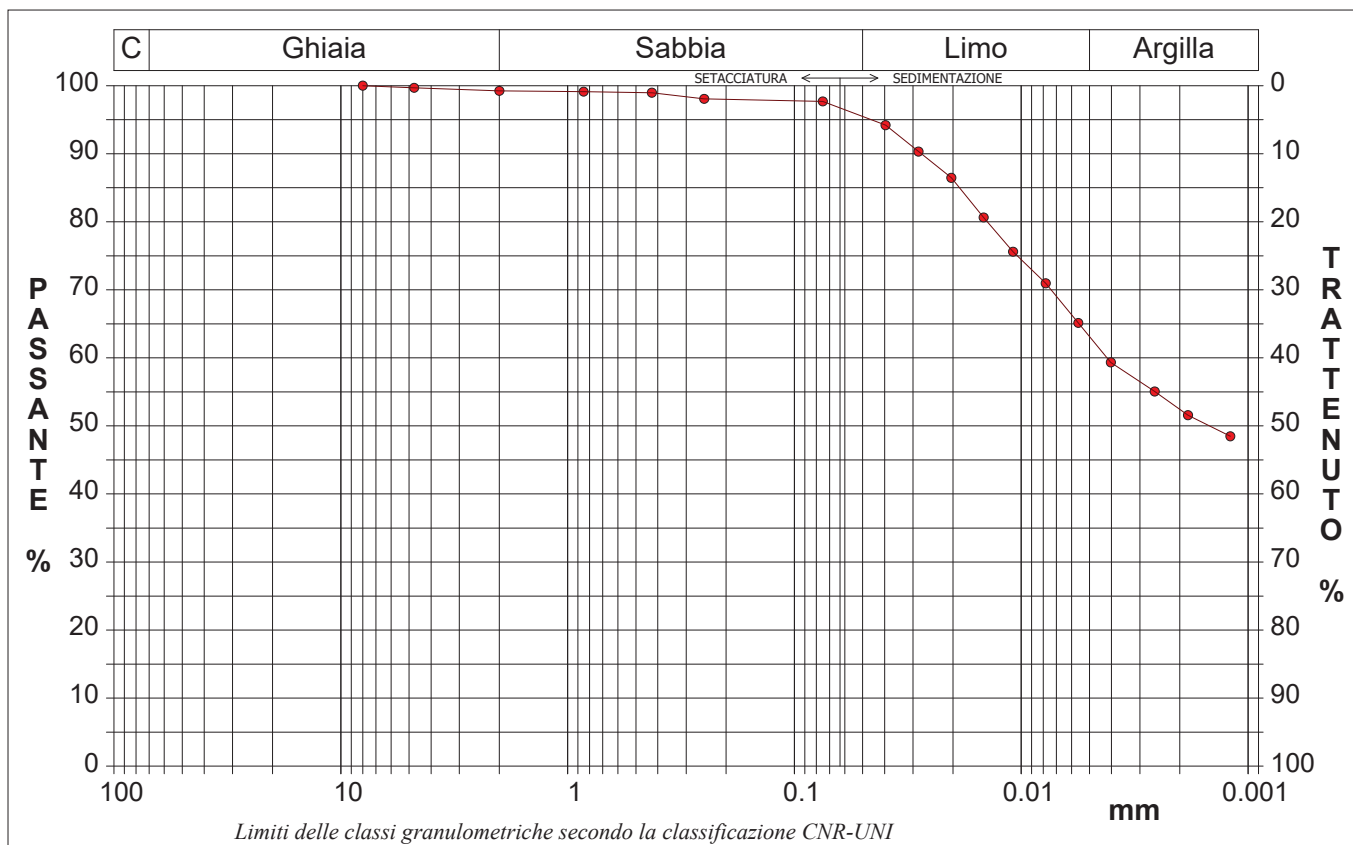
CAMPIONE: I2

PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,2 %	D10	---	mm
Sabbia	3,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,9 %	D30	---	mm
Limo	32,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,7 %	D50	0,00148	mm
Argilla	63,1 %			D60	0,00419	mm
				D90	0,02760	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
8,0000	100,00	0,2500	98,06	0,0146	80,64	0,0026	55,06		
4,7500	99,68	0,0750	97,69	0,0109	75,60	0,0018	51,58		
2,0000	99,24	0,0396	94,20	0,0078	70,95	0,0012	48,48		
0,8500	99,12	0,0284	90,32	0,0056	65,14			Setacci	6
0,4250	98,97	0,0203	86,45	0,0040	59,33			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06046	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 05/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 14/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	6,7			0,10	43,7			0,10	90,2			0,10	128,1		
0,25	6,9			0,25	47,9			0,25	92,5			0,25	133,7		
0,40	7,2			0,40	49,6			0,40	92,5			0,40	135,0		
0,50	8,4			0,50	49,6			0,50	93,8			0,50	135,0		
1,00	10,4			1,00	52,7			1,00	96,2			1,00	137,4		
2,00	12,5			2,00	55,7			2,00	98,8			2,00	140,4		
4,00	14,9			4,00	58,7			4,00	102,0			4,00	144,0		
8,00	17,3			8,00	61,9			8,00	105,7			8,00	148,7		
15,00	19,0			15,00	65,0			15,00	109,7			15,00	153,9		
30,00	20,7			30,00	68,5			30,00	114,6			30,00	160,8		
60,00	22,1			60,00	71,6			60,00	119,3			60,00	167,9		
120,00	23,2			120,00	73,8			120,00	122,9			120,00	173,6		
240,00	24,2			240,00	75,5			240,00	125,1			240,00	177,0		
480,00	25,0			480,00	76,9			480,00	126,7			480,00	179,0		
960,00	25,7			960,00	78,0			960,00	127,8			960,00	180,4		
1440,00	26,6			1440,00	79,1			1440,00	128,1			1440,00	181,2		

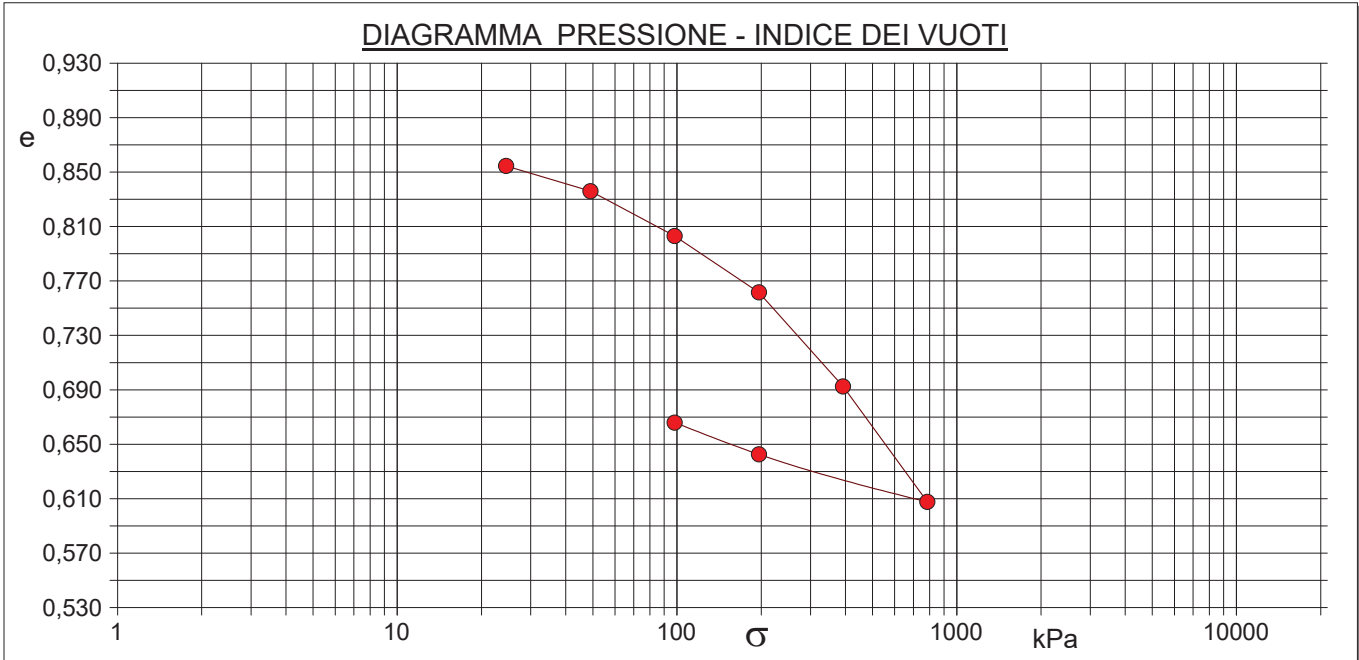
Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	202,9	2880,00	271,8												
0,25	206,0	3600,00	272,4												
0,40	206,0														
0,50	207,7														
1,00	211,4														
2,00	215,1														
4,00	219,6														
8,00	225,4														
15,00	232,1														
30,00	241,2														
60,00	251,2														
120,00	259,1														
240,00	264,0														
480,00	266,9														
960,00	269,0														
1440,00	270,1														
1800,00	270,7														

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

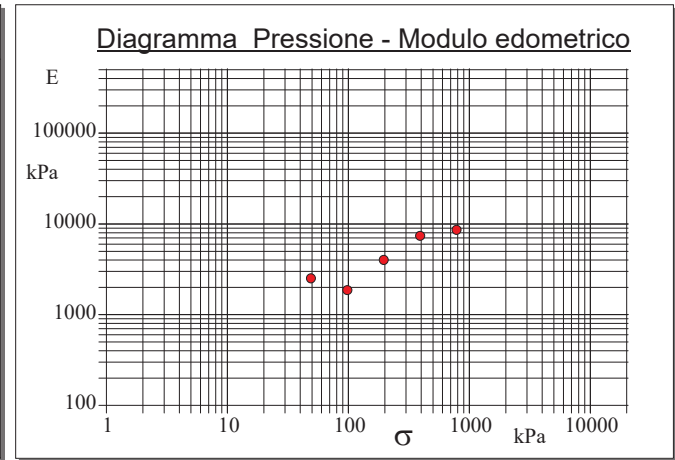
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,12	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,74
Umidità (%)	24,5	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,66
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,91	Saturazione (%)	90,1



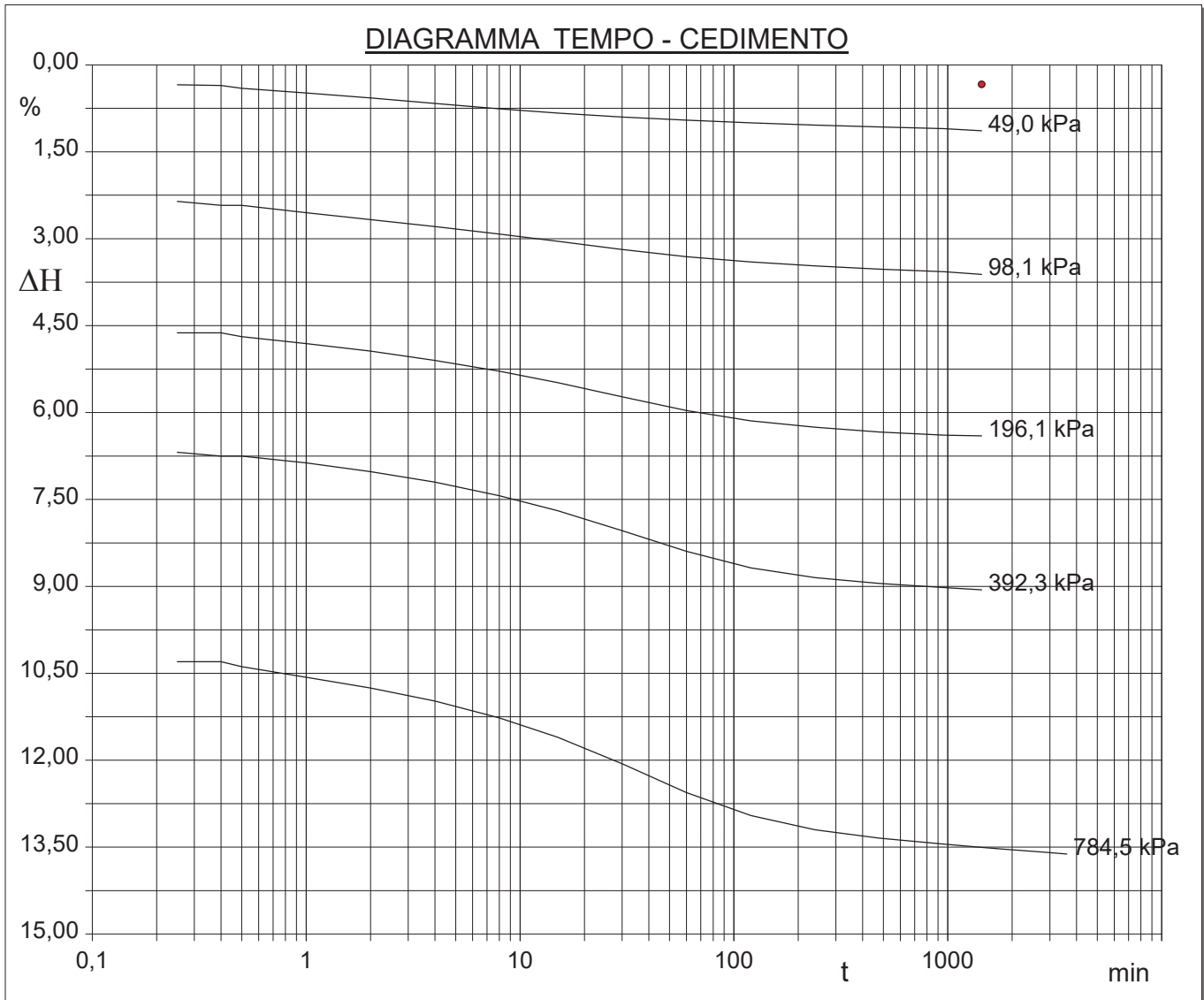
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	7,1	0,855		
49,0	26,6	0,836	0,061	2514
98,1	79,1	0,803	0,110	1866
196,1	128,1	0,762	0,138	4008
392,3	181,2	0,692	0,230	7383
784,5	272,4	0,608	0,282	8602
196,1	234,8	0,643	0,058	
98,1	209,7	0,666	0,078	



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I2	PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14



RAPPORTO DI PROVA N°: P06047	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 16/05/25	Inizio analisi: 15/05/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 16/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: I2 PROFONDITA': m 9.10 - 9.60

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,13	0,17	0,9		0,13	0,17	3,1		0,13	0,17	3,1	
0,39	0,52	4,1		0,53	0,69	7,3		0,39	0,52	5,4	
0,53	0,69	5,8		0,73	0,96	8,2		0,53	0,69	7,0	
0,79	1,04	6,7		0,93	1,22	9,1		0,79	1,04	8,1	
0,93	1,22	7,2		1,13	1,49	9,6		0,93	1,22	8,8	
1,21	1,59	7,6		1,34	1,76	10,2		1,21	1,59	9,7	
1,34	1,76	8,2		1,54	2,02	10,4		1,34	1,76	9,9	
1,60	2,11	8,2		1,73	2,28	10,6		1,60	2,11	10,1	
1,73	2,28	8,3		1,99	2,62	11,2		1,73	2,28	10,4	
1,99	2,62	8,5		2,25	2,96	11,8		1,99	2,62	10,8	
2,25	2,96	8,5		2,38	3,13	11,9		2,25	2,96	11,6	
2,37	3,12	8,6		2,51	3,30	12,1		2,37	3,12	11,8	
2,51	3,30	8,6		2,71	3,57	12,0		2,51	3,30	12,0	
2,77	3,65	8,5		2,91	3,83	12,0		2,77	3,65	11,9	
2,91	3,83	8,5		3,12	4,10	12,0		2,91	3,83	11,8	
3,18	4,18	8,6		3,32	4,37	12,0		3,18	4,18	11,5	
3,32	4,37	8,6		3,52	4,63	12,1		3,32	4,37	12,0	
3,59	4,72	8,8		3,72	4,89	12,1		3,59	4,72	11,9	
3,72	4,89	8,9		3,93	5,17	12,0		3,72	4,89	11,8	
4,00	5,26	9,0		4,13	5,44	11,9		4,00	5,26	11,8	
4,13	5,44	9,0		4,33	5,70	12,0		4,13	5,44	11,8	
4,40	5,79	9,2		4,53	5,96	12,1		4,40	5,79	11,7	
4,53	5,96	9,3		4,72	6,22	12,2		4,53	5,96	12,0	
4,79	6,30	9,5		4,92	6,47	12,3		4,79	6,30	12,0	
4,92	6,47	9,5		5,18	6,81	12,2		4,92	6,47	11,7	
5,18	6,81	9,5		5,44	7,15	12,2		5,18	6,81	11,5	
5,44	7,15	9,4		5,63	7,41	12,2		5,44	7,15	11,5	
5,83	7,66	9,0		5,83	7,66	12,2		5,83	7,66	11,7	
6,22	8,18	8,8		6,22	8,18	12,1		6,22	8,18	11,7	
6,62	8,71	9,0		6,62	8,71	11,9		6,62	8,71	11,4	
7,02	9,23	9,3		7,02	9,23	11,6		7,02	9,23	11,1	
7,41	9,75	9,7		7,41	9,75	11,5		7,41	9,75	11,1	
7,81	10,27	10,0		7,81	10,27	11,9		7,81	10,27	11,3	
8,20	10,78	9,9		8,20	10,78	11,9		8,20	10,78	11,5	
8,60	11,31	9,5		8,60	11,31	11,8		8,60	11,31	11,5	
8,99	11,83	9,2		8,99	11,83	11,4		8,99	11,83	11,3	
9,38	12,35	9,0		9,38	12,35	11,2		9,38	12,35	10,9	
9,78	12,87	9,0		9,78	12,87	11,2		9,78	12,87	10,7	
10,19	13,40	9,4		10,19	13,40	11,2		10,19	13,40	10,5	
10,58	13,92	9,7		10,58	13,92	11,1		10,58	13,92	10,6	
10,97	14,43	9,9		10,97	14,43	11,1		10,97	14,43	10,5	
11,36	14,94	9,7		11,36	14,94	10,8		11,36	14,94	10,8	
11,78	15,49	9,3		11,78	15,49	10,7		11,78	15,49	10,7	
12,16	16,00	9,4		12,16	16,00	10,8		12,16	16,00	10,5	
12,64	16,63	9,4		12,64	16,63	10,7		12,64	16,63	10,2	
13,02	17,14	9,7		13,02	17,14	10,5		13,02	17,14	9,8	
13,42	17,66	9,8		13,42	17,66	10,2		13,42	17,66	9,6	
13,81	18,17	9,8		13,81	18,17	10,2		13,81	18,17	9,7	
14,18	18,66	9,8		14,18	18,66	10,1		14,18	18,66	9,8	
14,64	19,27	9,2		14,64	19,27	10,1		14,64	19,27	9,8	
15,02	19,76	9,0		15,02	19,76	9,8		15,02	19,76	9,5	
15,39	20,26	8,7		15,39	20,26	9,2		15,39	20,26	9,1	
15,78	20,76	9,0		15,78	20,76	8,8		15,78	20,76	8,8	
16,26	21,39	9,2		16,26	21,39	8,8		16,26	21,39	8,4	
16,63	21,88	9,6		16,63	21,88	8,9		16,63	21,88	8,2	
17,00	22,37	9,9		17,00	22,37	9,1		17,00	22,37	8,2	
17,37	22,86	9,5		17,37	22,86	9,0		17,37	22,86	8,2	
17,85	23,49	9,1		17,85	23,49	8,8		17,85	23,49	8,1	

DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P06048

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Galliera (BO)**

Cantiere: **Discarica Hera**

Data apertura e descrizione: **22/04/25**

Data emissione rapporto: **15/05/2025**

Sondaggio n. 3 Campione: 13

Profondità di prelievo: **22.50 – 23.10 m**

Qualità campione: **Q5**

Dimensioni campione: L = 60 cm

Prof. di prelievo - Alto: 22.500 m	Prof. reale (m)	P.P. (Kg/cm ²)	T.V. (Kg/cm ²)	<u>Descrizione del campione</u>	Prove eseguite
	22.50	0.9	0.2	Limo con argilla e sabbia, grigio scura (GLEY 1 4/1 Dark Greenish Gray), consistente, umido, con sostanza organica.	APE, LLP, LLR, GRA, EDO, TUU, TCU
		1.3	0.5		
		1.0	0.4		
Prof. di prelievo - Basso: 23.10 m	23.10				

Note:

Legenda: (tra parentesi): sigla Munsell Soil Color Charts; **APE:** aperture e descrizione; **UMD:** umidità; **PDV:** peso di volume; **PSP:** peso specifico; **LLP:** limite liquido e plastico; **LLR:** limite di ritiro; **GRA:** granulometria; **CLS:** classificazione; **PRM:** permeabilità (ED edometro; TRX in cella triassiale); **EDO:** edometria; **TCU:** triassiale CIU; **TCD:** triassiale CID; **TUU:** triassiale UU; **ELL:** Espansione laterale libera; **TGD:** taglio diretto; **TGR:** taglio residuo; **PRT:** proctor (ST standard; MD: modificata).

RAPPORTO DI PROVA N°: P06050 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 22/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 23/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

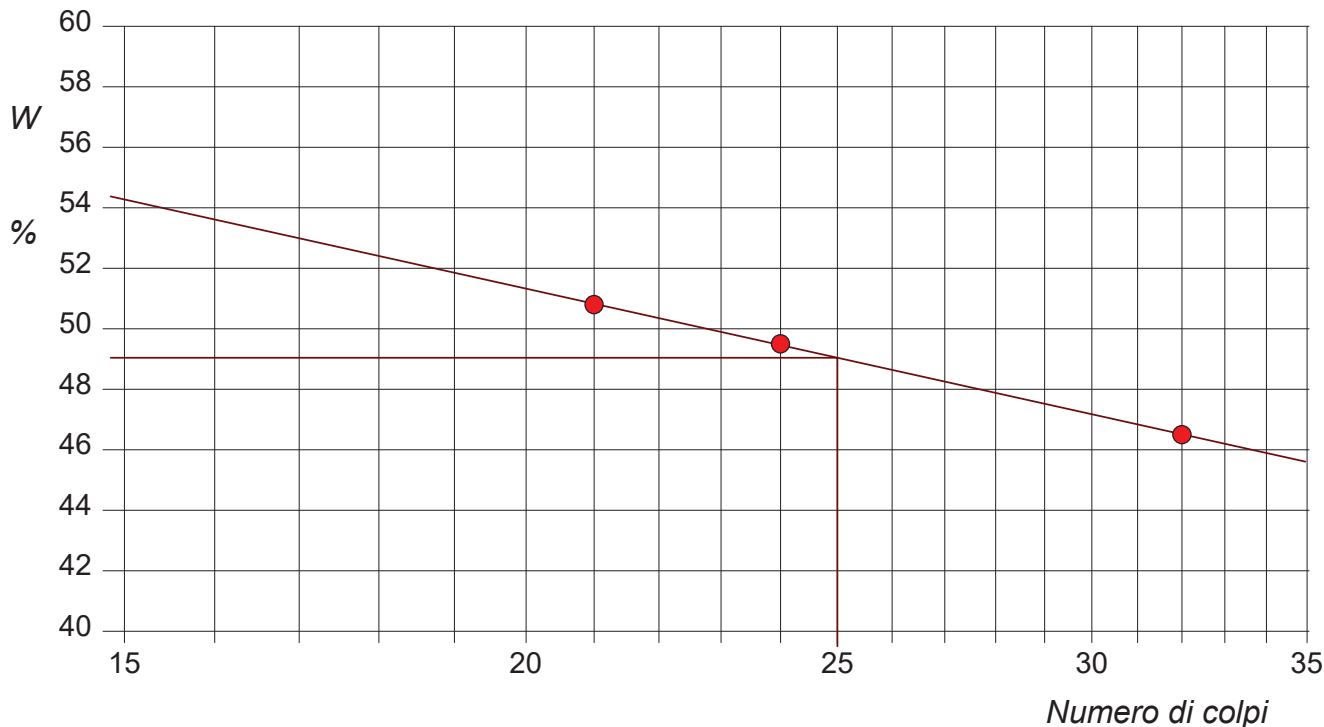
Limite di liquidità 49,0 %

Limite di plasticità 31,0 %

Indice di plasticità 18,0 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	21	24	32			Umidità (%)	28,6	33,3
Umidità (%)	50,8	49,5	46,5			Umidità media	31,0	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: **P06050** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 22/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 23/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

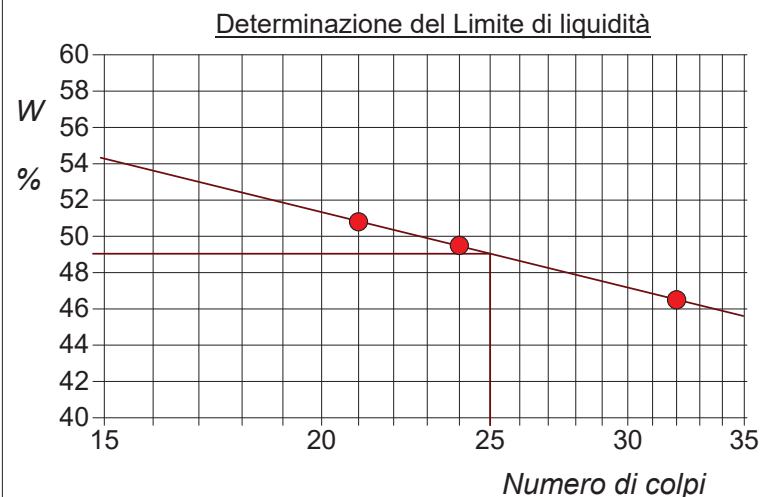
CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Limite di liquidità	49,0	%
Limite di plasticità	31,0	%
Indice di plasticità	18,0	%
Indice di consistenza	1,01	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici

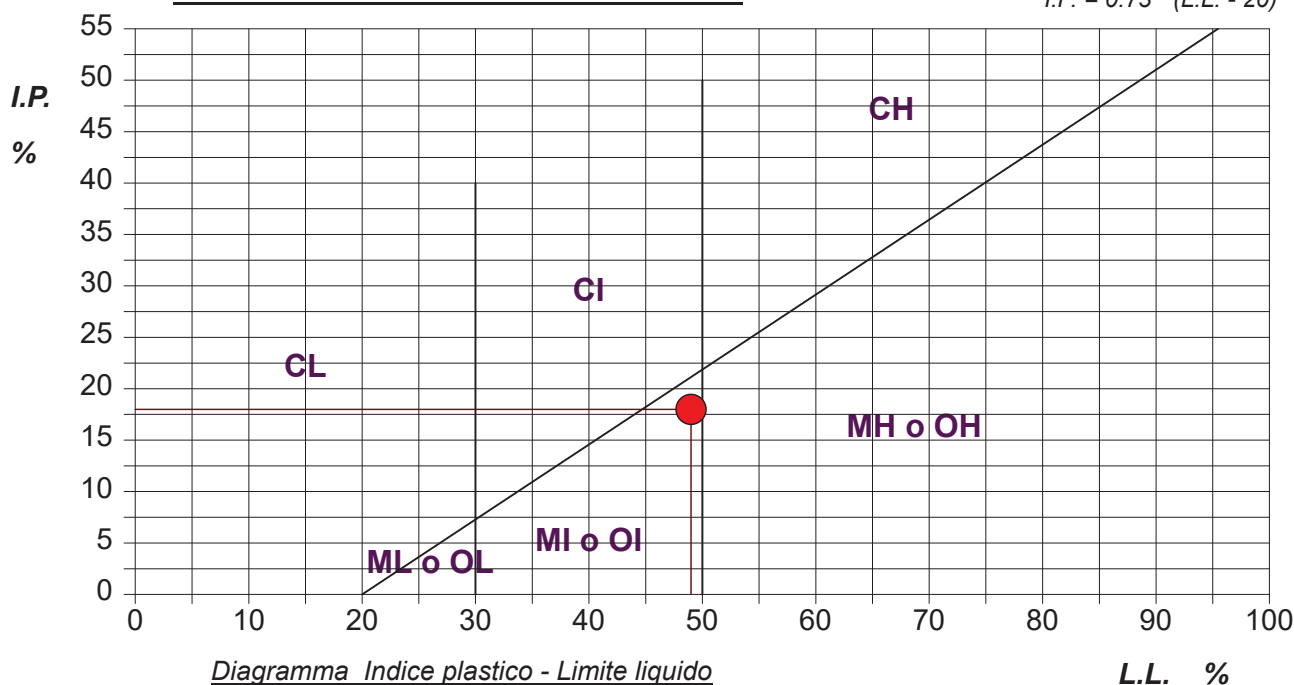
I - Media plasticità

O - Argille e limi organici

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P06050	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 23/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 24/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: I3 PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

LIMITE DI RITIRO

Modalità di prova: Norma ASTM D4943-18

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 98 %

Limite di ritiro = 11,9 %

Coefficiente di ritiro = 1,82

Ritiro di volume = 32,75

Ritiro lineare = 9,01

RAPPORTO DI PROVA N°: P06049 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 24/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

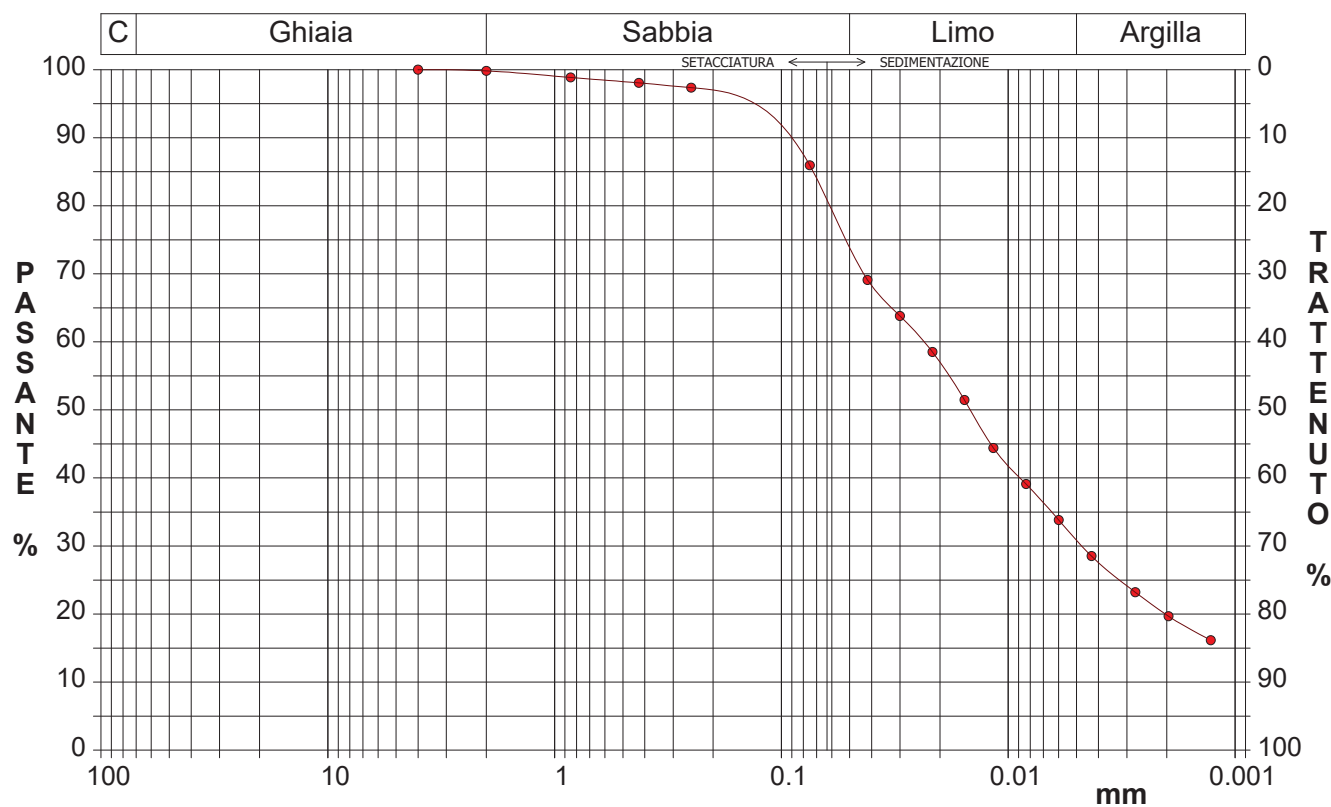
CAMPIONE: I3

PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,8 %	D10	---	mm
Sabbia	25,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,0 %	D30	0,00471	mm
Limo	43,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	86,0 %	D50	0,01468	mm
Argilla	30,9 %			D60	0,02368	mm
				D90	0,11496	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,0000	100,00	0,0750	85,95	0,0116	44,40	0,0020	19,69		
2,0000	99,82	0,0417	69,10	0,0083	39,10	0,0013	16,16		
0,8500	98,86	0,0300	63,81	0,0060	33,81				
0,4250	98,05	0,0216	58,51	0,0043	28,52			Setacci	5
0,2500	97,36	0,0156	51,45	0,0028	23,22			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06051	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 14/05/25	Inizio analisi: 18/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi: 05/05/25
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3		CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	7,0			0,10	29,1			0,10	50,2	2880,00	65,9	0,10	79,2		
0,25	7,7			0,25	30,8			0,25	50,2	3600,00	66,2	0,25	79,2		
0,40	11,1			0,40	30,8			0,40	53,3			0,40	85,8		
0,50	11,1			0,50	31,6			0,50	53,3			0,50	85,8		
1,00	14,3			1,00	32,7			1,00	54,6			1,00	87,6		
2,00	17,3			2,00	33,6			2,00	56,3			2,00	90,1		
4,00	18,9			4,00	34,5			4,00	57,6			4,00	91,6		
8,00	19,8			8,00	35,3			8,00	58,7			8,00	93,1		
15,00	20,4			15,00	35,9			15,00	59,5			15,00	94,2		
30,00	21,1			30,00	36,5			30,00	60,4			30,00	95,4		
60,00	21,9			60,00	37,1			60,00	61,3			60,00	96,5		
120,00	22,5			120,00	37,8			120,00	62,1			120,00	97,6		
240,00	23,1			240,00	38,4			240,00	62,9			240,00	99,6		
480,00	23,7			480,00	39,1			480,00	63,7			480,00	101,4		
960,00	24,3			960,00	39,7			960,00	64,6			960,00	102,5		
1440,00	24,7			1440,00	41,0			1440,00	65,0			1440,00	103,1		
								1800,00	65,3						

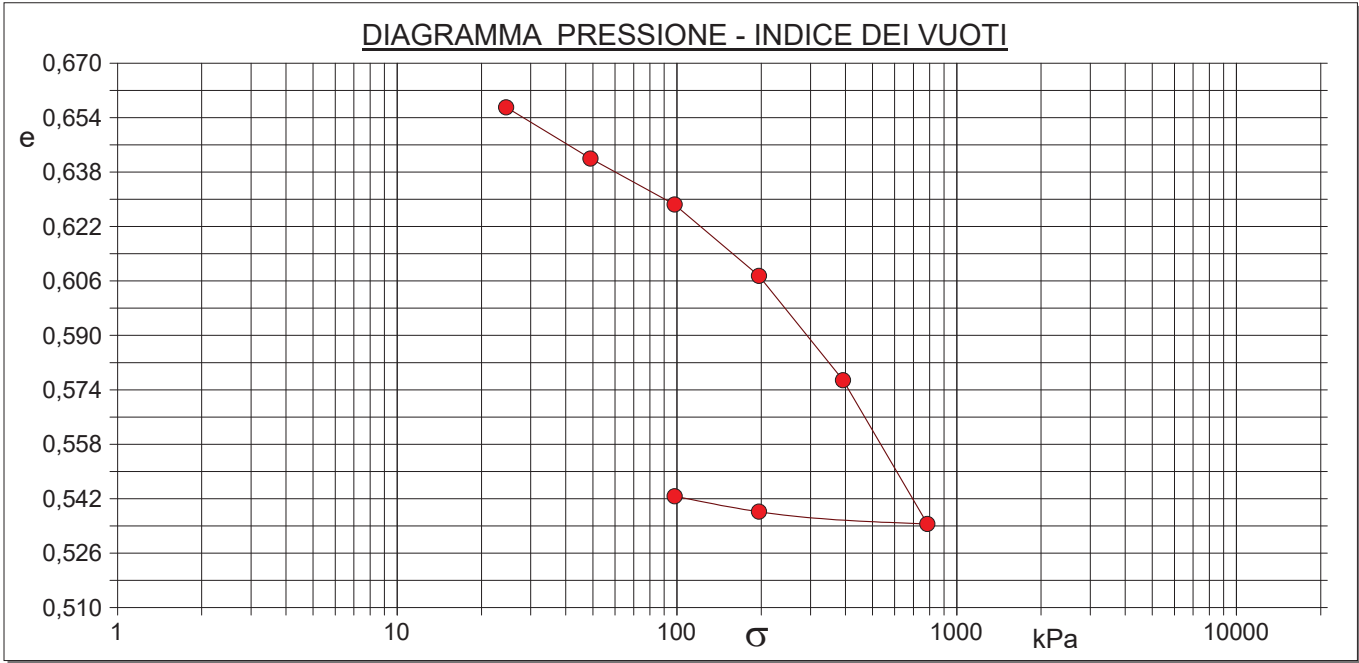
Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	104,3														
0,25	127,5														
0,40	130,4														
0,50	132,2														
1,00	135,1														
2,00	137,6														
4,00	139,7														
8,00	141,5														
15,00	143,0														
30,00	144,6														
60,00	146,0														
120,00	147,7														
240,00	149,1														
480,00	150,6														
960,00	152,3														
1440,00	153,4														
1800,00	153,9														

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m	22.50 - 23.10

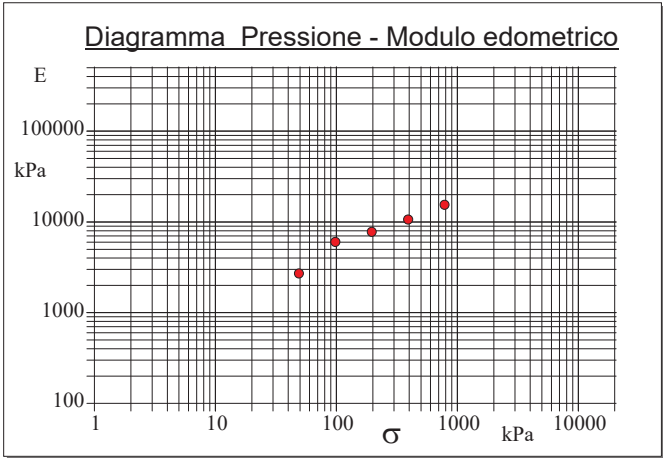
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,25	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,73
Umidità (%)	24,7	Volume provino (cm³)	39,65	Porosità (%)	42,34
Peso specifico	2,73	Volume dei vuoti (cm³)	16,79	Saturazione (%)	91,7



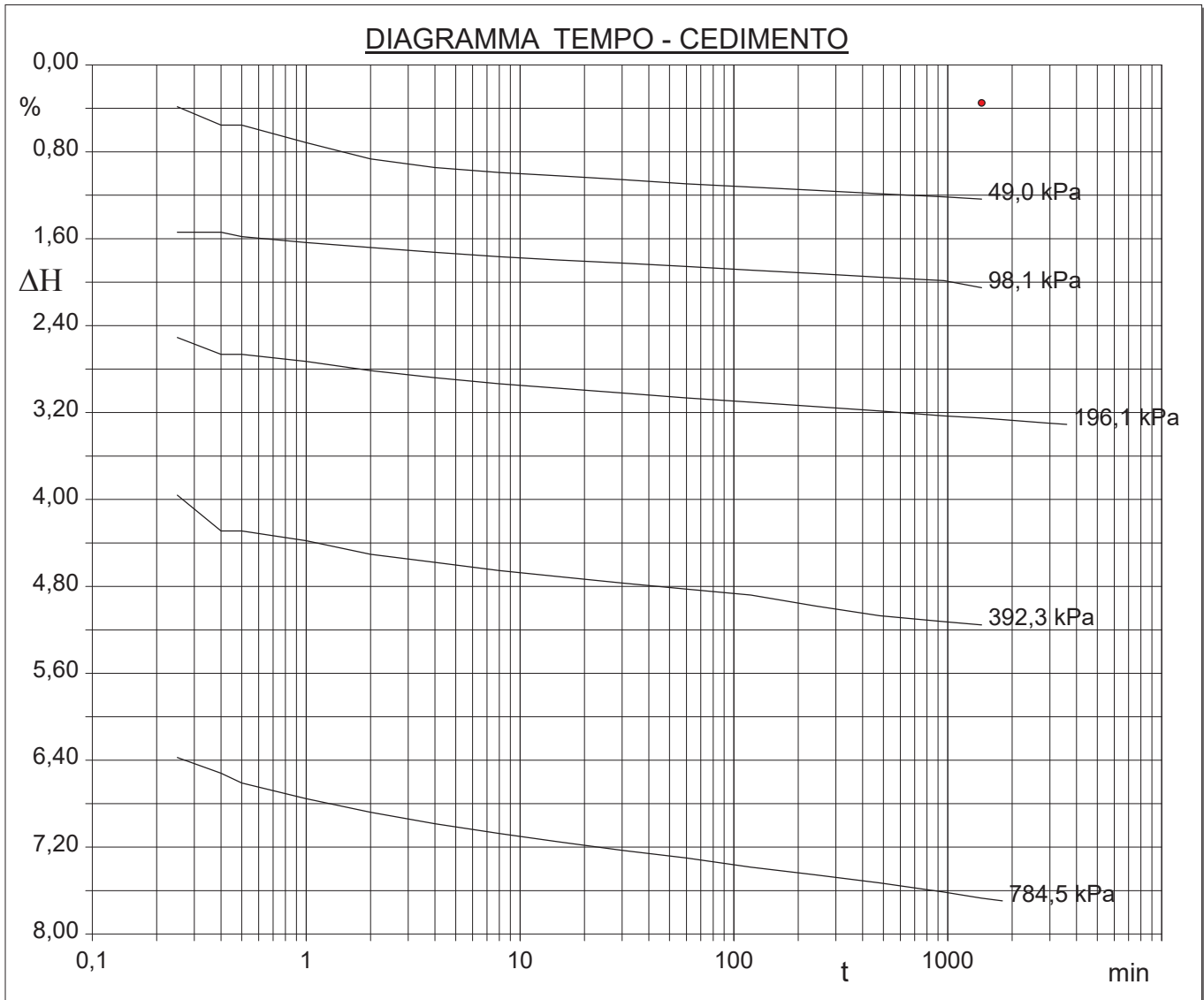
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
24,5	6,6	0,657		
49,0	24,7	0,642	0,050	2709
98,1	41,0	0,628	0,045	6016
196,1	66,2	0,608	0,070	7783
392,3	103,1	0,577	0,102	10631
784,5	153,9	0,535	0,140	15444
1569,0	149,6	0,538	0,006	
3138,0	144,1	0,543	0,015	



COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Galliera (BO)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14



CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi:
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione:	Fine analisi:
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3		CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

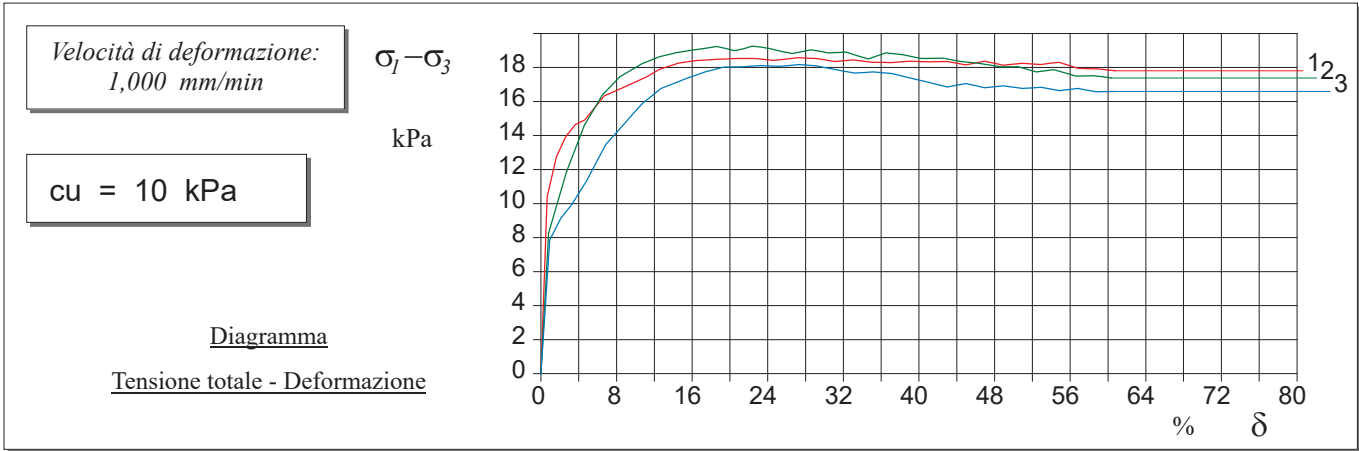
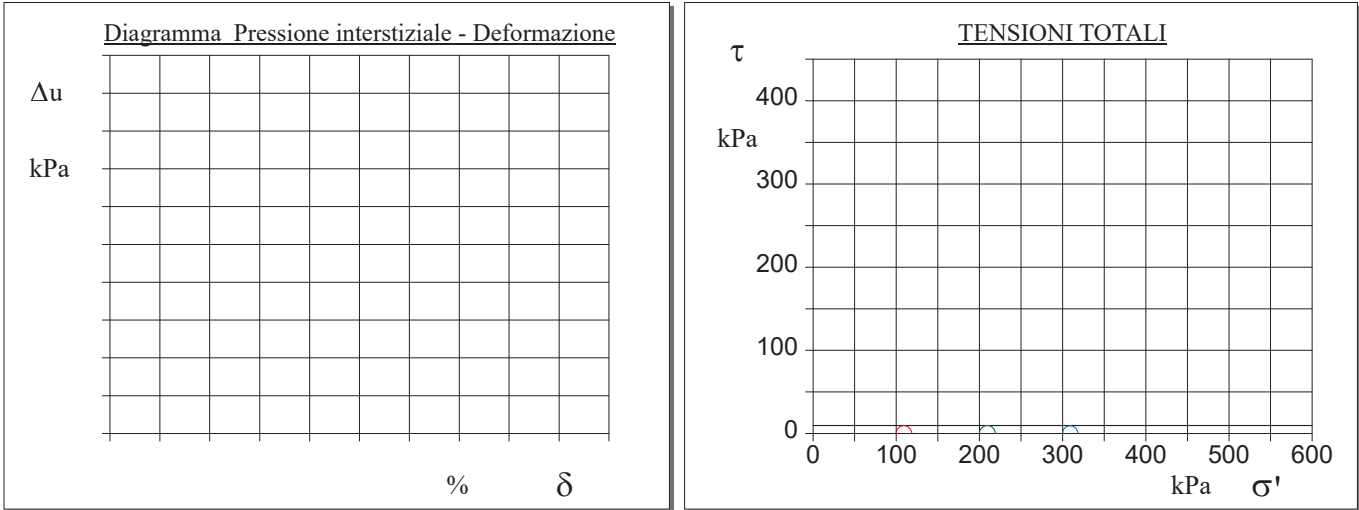
PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δv kPa
0,13	0,66	10,4		0,16	0,82	8,3		0,18	0,92	7,9	
0,33	1,64	12,7		0,35	1,76	10,1		0,42	2,10	9,1	
0,53	2,63	13,9		0,54	2,71	11,9		0,66	3,28	10,0	
0,73	3,64	14,6		0,73	3,66	13,2		0,81	4,07	10,7	
0,93	4,64	14,9		0,92	4,61	14,6		0,97	4,87	11,4	
1,13	5,67	15,6		1,11	5,55	15,5		1,17	5,86	12,4	
1,34	6,70	16,3		1,30	6,49	16,4		1,37	6,85	13,5	
1,54	7,68	16,6		1,49	7,43	16,9		1,56	7,82	14,1	
1,73	8,66	16,8		1,67	8,37	17,5		1,76	8,80	14,7	
1,99	9,95	17,1		1,91	9,53	17,8		1,96	9,78	15,3	
2,25	11,24	17,5		2,14	10,70	18,2		2,15	10,76	15,9	
2,38	11,90	17,7		2,32	11,62	18,4		2,35	11,74	16,3	
2,51	12,56	17,9		2,51	12,55	18,6		2,54	12,72	16,8	
2,71	13,56	18,1		2,69	13,47	18,8		2,81	14,03	17,1	
2,91	14,57	18,3		2,88	14,40	18,9		3,07	15,35	17,3	
3,12	15,59	18,3		3,11	15,56	19,0		3,27	16,36	17,5	
3,32	16,61	18,4		3,35	16,73	19,1		3,47	17,37	17,7	
3,52	17,60	18,5		3,53	17,66	19,2		3,67	18,35	17,9	
3,72	18,60	18,5		3,72	18,59	19,2		3,87	19,34	18,0	
3,93	19,63	18,5		3,91	19,53	19,1		4,07	20,33	18,0	
4,13	20,66	18,5		4,09	20,46	19,0		4,26	21,32	18,0	
4,33	21,65	18,5		4,28	21,40	19,1		4,46	22,30	18,1	
4,53	22,65	18,5		4,47	22,35	19,3		4,66	23,28	18,1	
4,72	23,62	18,5		4,66	23,31	19,2		4,85	24,27	18,1	
4,92	24,59	18,4		4,86	24,28	19,1		5,05	25,27	18,1	
5,18	25,88	18,5		5,09	25,44	18,9		5,25	26,27	18,1	
5,44	27,18	18,6		5,32	26,61	18,8		5,46	27,28	18,2	
5,63	28,15	18,5		5,51	27,57	18,9		5,65	28,26	18,1	
5,83	29,13	18,5		5,71	28,54	19,0		5,85	29,25	18,1	
6,02	30,11	18,4		5,89	29,47	19,0		6,05	30,24	18,0	
6,22	31,09	18,4		6,08	30,41	18,9		6,25	31,23	17,9	
6,42	32,08	18,4		6,27	31,34	18,9		6,44	32,21	17,8	
6,62	33,08	18,4		6,46	32,28	18,9		6,64	33,20	17,7	
6,82	34,08	18,4		6,69	33,45	18,7		6,84	34,18	17,7	
7,02	35,09	18,3		6,92	34,62	18,5		7,03	35,17	17,7	
7,21	36,07	18,3		7,11	35,56	18,7		7,23	36,15	17,7	
7,41	37,06	18,3		7,30	36,50	18,9		7,43	37,13	17,6	
7,61	38,04	18,3		7,49	37,44	18,8		7,62	38,11	17,5	
7,81	39,03	18,4		7,68	38,38	18,7		7,82	39,09	17,4	
8,00	40,00	18,4		7,86	39,31	18,6		8,01	40,06	17,3	
8,20	40,98	18,3		8,05	40,24	18,5		8,21	41,04	17,1	
8,40	41,98	18,3		8,28	41,41	18,5		8,40	42,02	17,0	
8,60	42,98	18,4		8,52	42,58	18,5		8,60	42,99	16,9	
8,79	43,96	18,3		8,70	43,51	18,5		8,80	43,98	17,0	
8,99	44,94	18,2		8,89	44,44	18,4		9,00	44,98	17,1	
9,19	45,93	18,3		9,08	45,38	18,3		9,19	45,96	16,9	
9,38	46,92	18,4		9,26	46,31	18,2		9,39	46,94	16,8	
9,58	47,92	18,3		9,50	47,48	18,1		9,59	47,93	16,9	
9,78	48,92	18,1		9,73	48,66	18,0		9,78	48,92	16,9	
9,99	49,93	18,2		9,92	49,59	18,0		9,99	49,93	16,8	
10,19	50,93	18,2		10,11	50,53	18,0		10,19	50,94	16,8	
10,38	51,91	18,2		10,29	51,47	17,9		10,38	51,92	16,8	
10,58	52,89	18,2		10,48	52,41	17,7		10,58	52,90	16,8	
10,77	53,86	18,2		10,67	53,35	17,8		10,77	53,87	16,7	
10,97	54,83	18,3		10,86	54,28	17,9		10,97	54,85	16,6	
11,36	56,79	18,0		11,32	56,62	17,5		11,36	56,80	16,8	
11,78	58,88	17,9		11,70	58,49	17,5		11,75	58,77	16,6	
12,16	60,79	17,8		12,07	60,36	17,4		12,15	60,75	16,6	

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: I3	PROFONDITA': m	22.50 - 23.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D2850-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	ϕ cm	γ kN/m³	γ _s	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ _I –σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_I+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_I-\sigma_3}{2}$ kPa
1	2,00	6,00	19,4	2,73	23,9	91,8	100	0	100	27,2	19	109	9
2	2,00	6,00	19,5	2,73	25,5	95,6	200	0	200	22,3	19	210	10
3	2,00	6,00	19,5	2,73	24,6	94,0	300	0	300	27,3	18	309	9
H _o ϕ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini				γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione				σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure			δ _f - Deformazione a rottura σ _I σ ₃ - Tensioni totali		



RAPPORTO DI PROVA N°: P06053	Pagina 1/7	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 18/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:		Apertura campione:	Fine analisi: 29/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Galliera (BO)
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI SATURAZIONE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

Prov. 1 - Passo 1	5	83,0
--------------------------	---	------

Tempo	U
min	kPa
0	1,0
2	78,0
5	98,0

Prov. 3 - Passo 2

Tempo	U
min	kPa
0	83,0
1	124,0
5	136,0

Prov. 1 - Passo 2

Tempo	U
min	kPa
0	98,0
1	170,0
5	197,0

Prov. 3 - Passo 3

Tempo	U
min	kPa
0	136,0
1	167,0
5	193,0

Prov. 1 - Passo 3

Tempo	U
min	kPa
0	197,0
1	267,0
5	296,0

Prov. 2 - Passo 1

Tempo	U
min	kPa
0	1,0
1	65,0
5	89,0

Prov. 2 - Passo 2

Tempo	U
min	kPa
0	89,0
1	167,0
5	182,0

Prov. 2 - Passo 3

Tempo	U
min	kPa
0	192,0
1	278,0
5	279,0

Prov. 3 - Passo 1

Tempo	U
min	kPa
0	1,0
1	68,0

RAPPORTO DI PROVA N°: P06053

Pagina 2/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 29/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

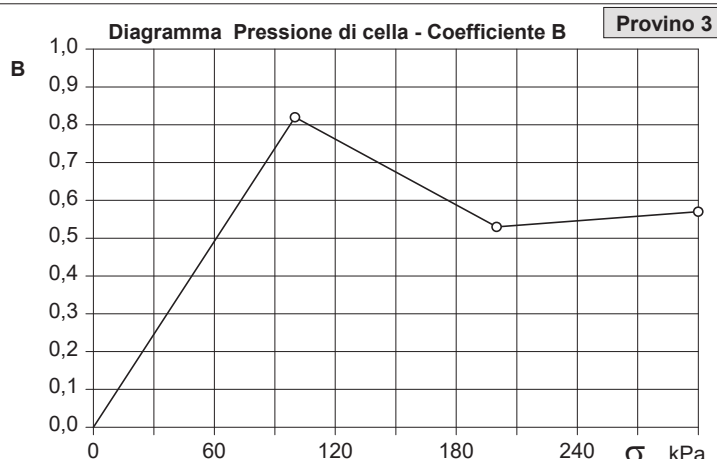
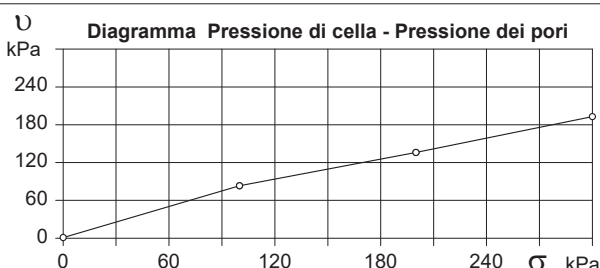
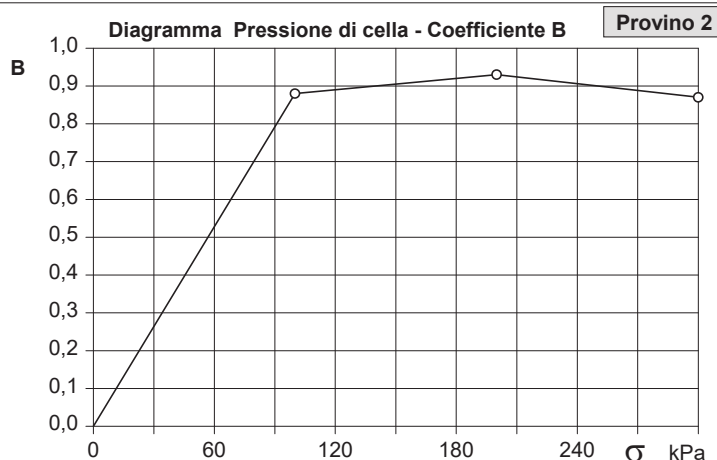
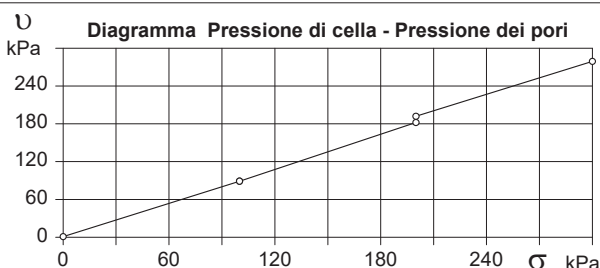
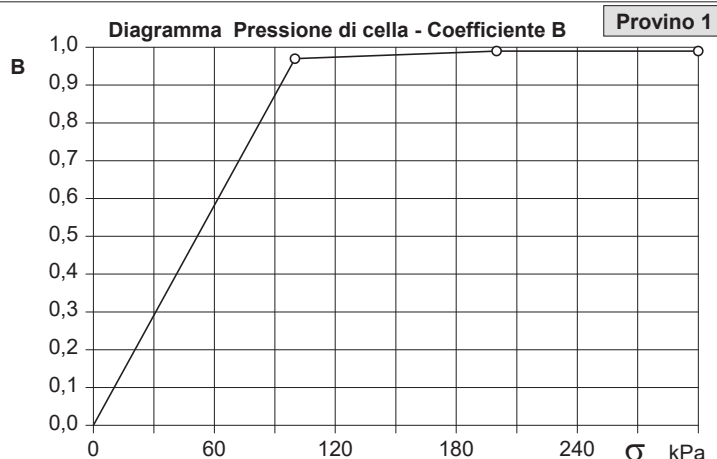
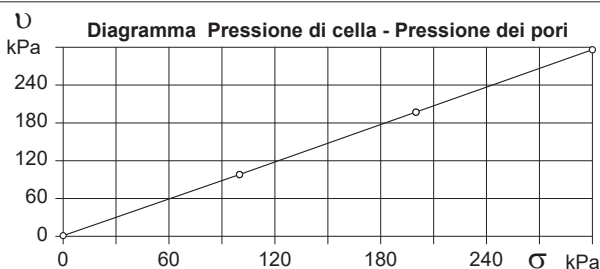
SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI SATURAZIONE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15



RAPPORTO DI PROVA N°: P06053

Pagina 3/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 29/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

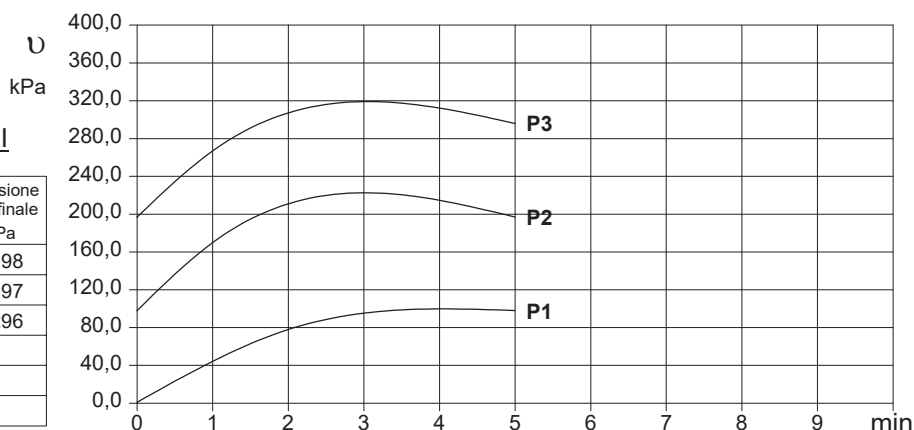
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI SATURAZIONE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

Provino 1

**Diagramma
TEMPO - PRESSIONE DEI PORI**

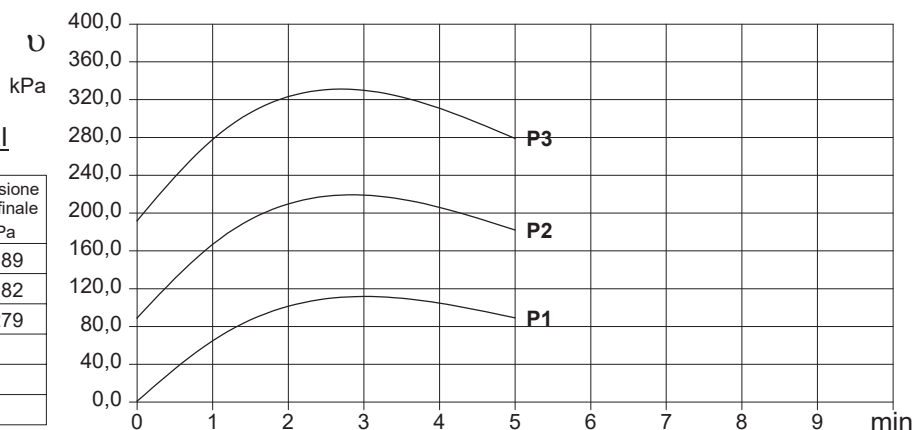
Back pressure kPa	Pressione cella iniz. kPa	Pressione cella finale kPa	Pressione pori iniz. kPa	Pressione pori finale kPa
0	0	100	1	98
100	100	200	98	197
200	200	300	197	296



Provino 2

**Diagramma
TEMPO - PRESSIONE DEI PORI**

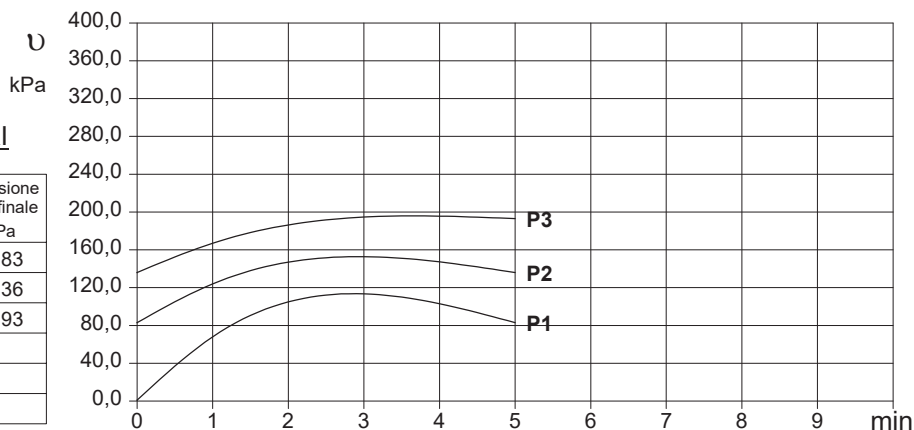
Back pressure kPa	Pressione cella iniz. kPa	Pressione cella finale kPa	Pressione pori iniz. kPa	Pressione pori finale kPa
0	0	100	1	89
100	100	200	89	182
200	200	300	192	279



Provino 3

**Diagramma
TEMPO - PRESSIONE DEI PORI**

Back pressure kPa	Pressione cella iniz. kPa	Pressione cella finale kPa	Pressione pori iniz. kPa	Pressione pori finale kPa
0	0	100	1	83
100	100	200	83	136
200	200	300	136	193



RAPPORTO DI PROVA N°: P06053 Pagina 5/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25 Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione: Fine analisi: 29/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

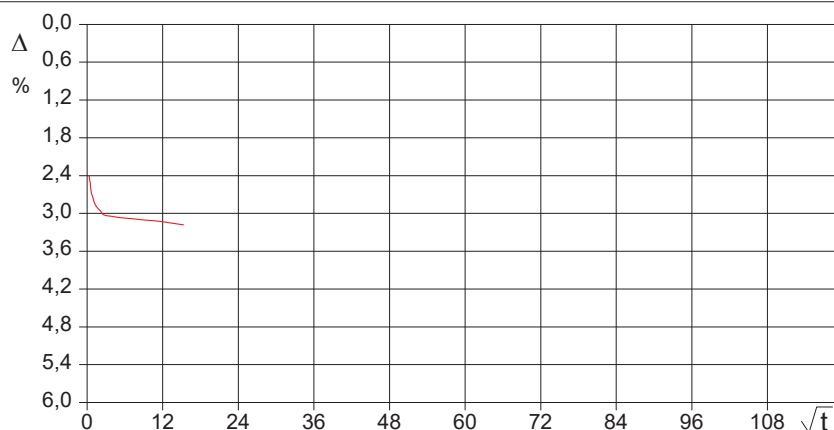
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

DIAGRAMMI TEMPO - VARIAZIONE DI VOLUME

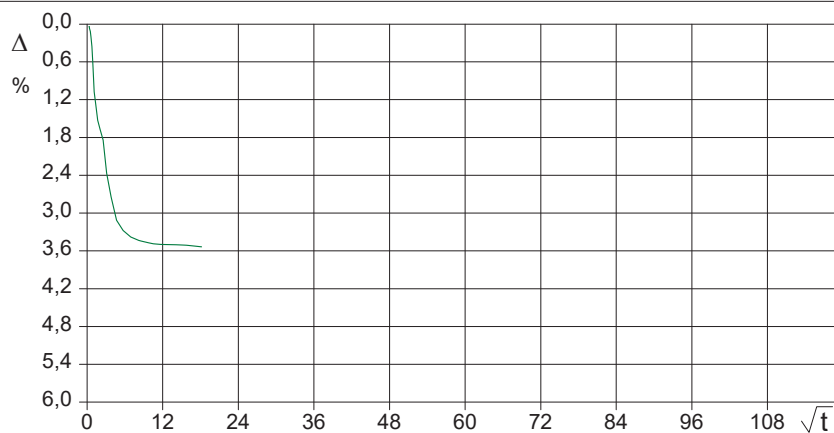
PROVINO 1

Pressione (kPa)	350
Altezza (cm)	7,60
Fattore F	1,765
T ₁₀₀ (min)	291,6
Deformaz. stimata (%)	7
Veloc. stimata (mm/min)	0,010



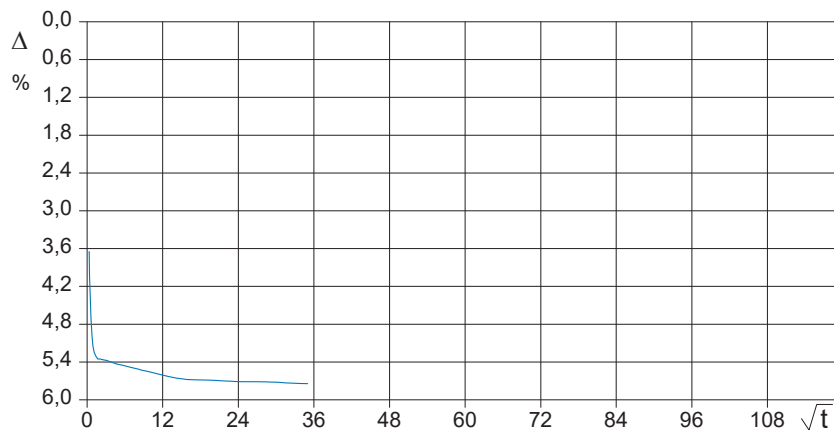
PROVINO 2

Pressione (kPa)	400
Altezza (cm)	7,60
Fattore F	1,765
T ₁₀₀ (min)	268,8
Deformaz. stimata (%)	7
Veloc. stimata (mm/min)	0,011



PROVINO 3

Pressione (kPa)	450
Altezza (cm)	7,60
Fattore F	1,765
T ₁₀₀ (min)	304,9
Deformaz. stimata (%)	7
Veloc. stimata (mm/min)	0,010



Velocità stimata di prova = $(H \cdot \text{DefV}) / (100 \cdot F \cdot T_{100})$ - Velocità stimata media di prova (mm/min): 0,010

RAPPORTO DI PROVA N°: P06053	Pagina 6/7	DATA DI EMISSIONE: 15/05/25	Inizio analisi: 18/04/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:		Apertura campione:	Fine analisi: 29/04/25
COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3		CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_I - \sigma_3$ kPa	Δu kPa
0,29	0,38	137,6	7,4	0,31	0,40	143,8	21,2	0,00	0,00	6,1	10,3
0,58	0,76	248,9	16,6	0,61	0,80	258,0	28,5	0,35	0,46	119,4	25,4
0,87	1,15	328,1	25,8	0,91	1,19	349,9	35,7	0,49	0,65	202,7	29,5
1,17	1,54	387,2	29,8	1,20	1,58	427,5	40,5	0,63	0,83	265,3	33,5
1,46	1,93	429,5	33,7	1,50	1,98	487,9	45,3	0,93	1,22	446,7	40,2
1,76	2,32	471,0	38,0	1,80	2,37	527,9	46,8	1,22	1,60	492,3	46,9
2,06	2,71	503,5	42,3	2,10	2,76	555,6	48,2	1,51	1,99	527,0	49,8
2,36	3,11	532,3	42,5	2,39	3,15	579,7	47,7	1,81	2,38	572,5	52,7
2,66	3,50	548,6	42,6	2,69	3,54	602,2	47,3	2,11	2,78	624,1	52,3
2,96	3,90	560,7	41,6	3,00	3,94	622,9	46,6	2,41	3,17	668,4	51,9
3,26	4,29	555,2	40,7	3,30	4,35	636,5	45,9	2,86	3,76	701,4	51,2
3,56	4,68	538,9	39,0	3,75	4,94	635,7	44,8	3,30	4,34	710,3	50,5
3,86	5,08	511,9	37,4	4,20	5,53	612,2	43,6	3,60	4,73	713,7	49,7
4,16	5,47	493,0	37,0	4,50	5,92	587,3	42,6	3,89	5,12	715,8	48,9
4,46	5,87	474,9	36,7	4,80	6,32	565,3	41,6	4,20	5,52	715,6	47,9
4,76	6,26	464,2	36,7	5,25	6,91	551,0	40,8	4,50	5,92	712,5	46,9
5,06	6,66	450,6	36,7	5,70	7,50	539,8	40,0	4,80	6,31	707,1	46,1
5,36	7,05	440,0	36,0	6,00	7,90	523,2	39,5	5,10	6,71	700,2	45,3
5,66	7,45	428,5	35,4	6,30	8,29	507,3	39,0	5,40	7,10	692,9	44,8
5,96	7,84	426,8	34,9	6,60	8,69	500,5	37,9	5,70	7,50	685,3	44,3
6,26	8,24	424,2	34,4	6,90	9,08	496,7	36,7	6,00	7,90	677,3	43,1
6,56	8,63	424,0	33,7	7,20	9,48	488,6	36,2	6,30	8,29	668,1	42,0
6,86	9,03	418,8	33,1	7,51	9,88	480,0	35,7	6,60	8,68	657,5	41,3
7,16	9,42	416,7	32,6	7,66	10,07	477,5	35,5	6,90	9,08	646,2	40,7
7,46	9,82	411,4	32,1	7,80	10,27	475,7	35,4	7,20	9,47	634,6	39,8
7,76	10,21	410,4	31,4	8,10	10,66	472,7	34,9	7,50	9,87	619,8	39,0
8,06	10,61	406,6	30,8	8,40	11,05	468,0	34,4	7,80	10,26	600,5	38,2
8,36	11,01	406,5	30,1	8,70	11,45	460,3	33,9	8,09	10,65	583,1	37,4
8,67	11,40	401,5	29,5	9,01	11,85	451,8	33,4	8,39	11,04	572,3	37,5
8,97	11,80	397,6	29,6	9,31	12,25	445,0	33,2	8,70	11,44	556,9	37,7
9,27	12,20	389,5	29,8	9,61	12,64	439,3	33,1	9,00	11,84	527,3	37,5
9,58	12,61	386,0	28,8					9,30	12,24	499,5	37,4
9,89	13,02	379,7	27,8					9,61	12,64	490,3	36,7
								9,91	13,04	493,2	36,0

RAPPORTO DI PROVA N°: P06053

Pagina 7/7

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DATA DI EMISSIONE: 15/05/25

Inizio analisi: 18/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 29/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

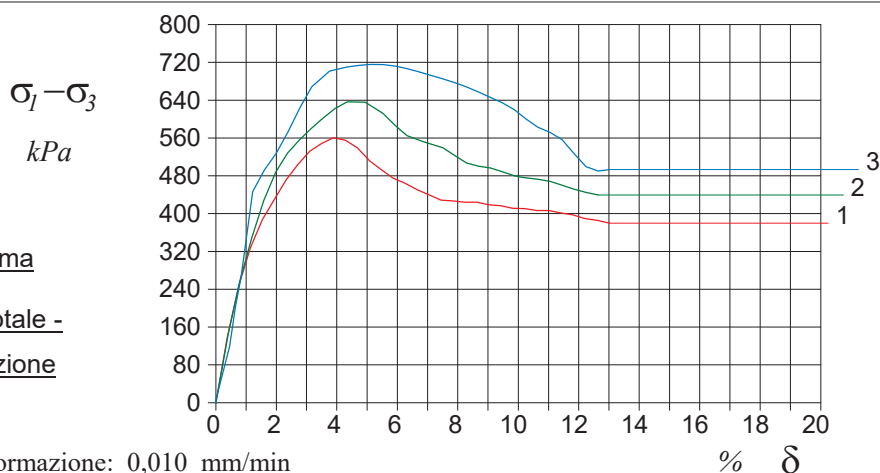
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 22.50 - 23.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

P	Dimensioni	Caratteristiche fisiche	Consolidazione	Valori finali o a rottura
n	H _o φ cm cm	γ γ _s w _o S _o kN/m ³ % %	σ ₃ u _o σ' ₃ ΔV/V ΔH/H kPa kPa kPa % %	w _f δ _f σ ₁ -σ ₃ u % % kPa kPa
1	7,60 3,81	19,6 2,67 23,3 96,0	550 200 350 5,8 1,1	19,2 3,9 561 242
2	7,60 3,81	19,3 2,67 27,8 100,0	600 200 400 1,4 2,6	22,5 4,3 636 246
3	7,60 3,81	19,0 2,67 22,9 87,8	650 200 450 1,8 1,2	19,2 5,1 716 249
H _o φ - Altezza e diametro provini w _o w _f - Umidità iniziale e finale		γ γ _s - Peso di volume e peso spec. S _o - Grado di saturazione iniziale	ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume σ ₃ /u _o - Press. di cella/Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ σ' - Tensioni totali e efficaci

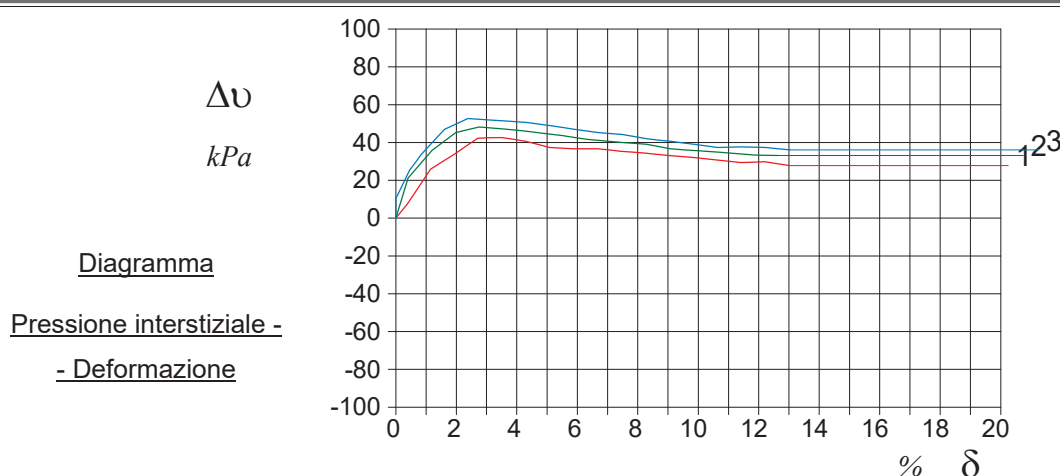


Tipo di rottura

Provino 1

Provino 2

Provino 3



COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Galliera (BO)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	22.50 - 23.10

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D4767-15

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione				
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s	w _o %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	ΔV/V %	ΔH/H %
1	7,60	3,81	19,6	2,67	23,3	96,0	550	200	350	5,8	1,1
2	7,60	3,81	19,3	2,67	27,8	100,0	600	200	400	1,4	2,6
3	7,60	3,81	19,0	2,67	22,9	87,8	650	200	450	1,8	1,2

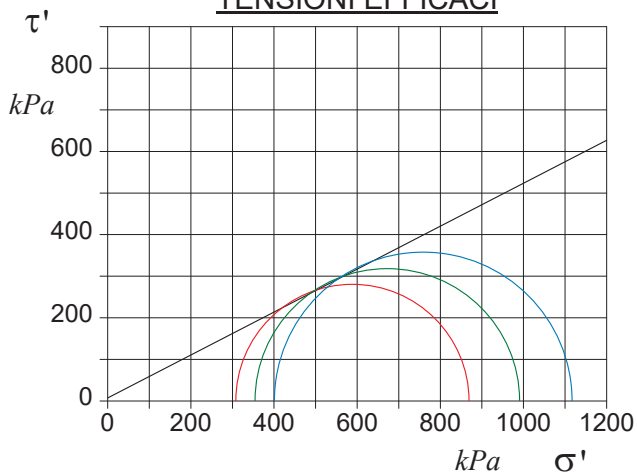
Velocità di deformazione

v = 0,010 mm/min

H_o - Altezza dei provini
 φ - Diametro dei provini
 w_o - Umidità iniziale
 w_f - Umidità finale
 γ - Peso di volume
 γ_s - Peso specifico
 S - Grado di saturazione
 ΔH - Variazione di altezza
 ΔV - Variazione di volume
 σ₃ - Pressione di cella
 u_o - Back pressure
 δ_f - Deformazione a rottura
 σ₁ σ₃ - Tensioni totali
 σ'₁ σ'₃ - Tensioni efficaci
 u - Pressione interstiziale

Pr.	Coefficienti di press. interstiz.		Valori finali o a rottura						
n°	A _f	B	w _f %	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	u kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	0,07	0,00	19,2	3,9	561	242	630	589	280
2	0,07	0,00	22,5	4,3	636	246	718	672	318
3	0,07	0,00	19,2	5,1	716	249	808	759	358

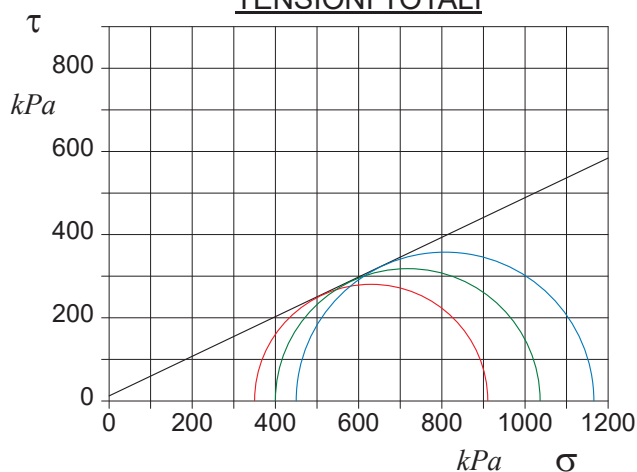
TENSIONI EFFICACI



$c' = 7 \text{ kPa}$

$\phi' = 25,3^\circ$

TENSIONI TOTALI



$c = 12 \text{ kPa}$

$\phi = 23,5^\circ$

CAMPIONI DISTURBATI

RAPPORTO DI PROVA N°: **P06054** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 16/05/25

Inizio analisi: 12/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 16/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

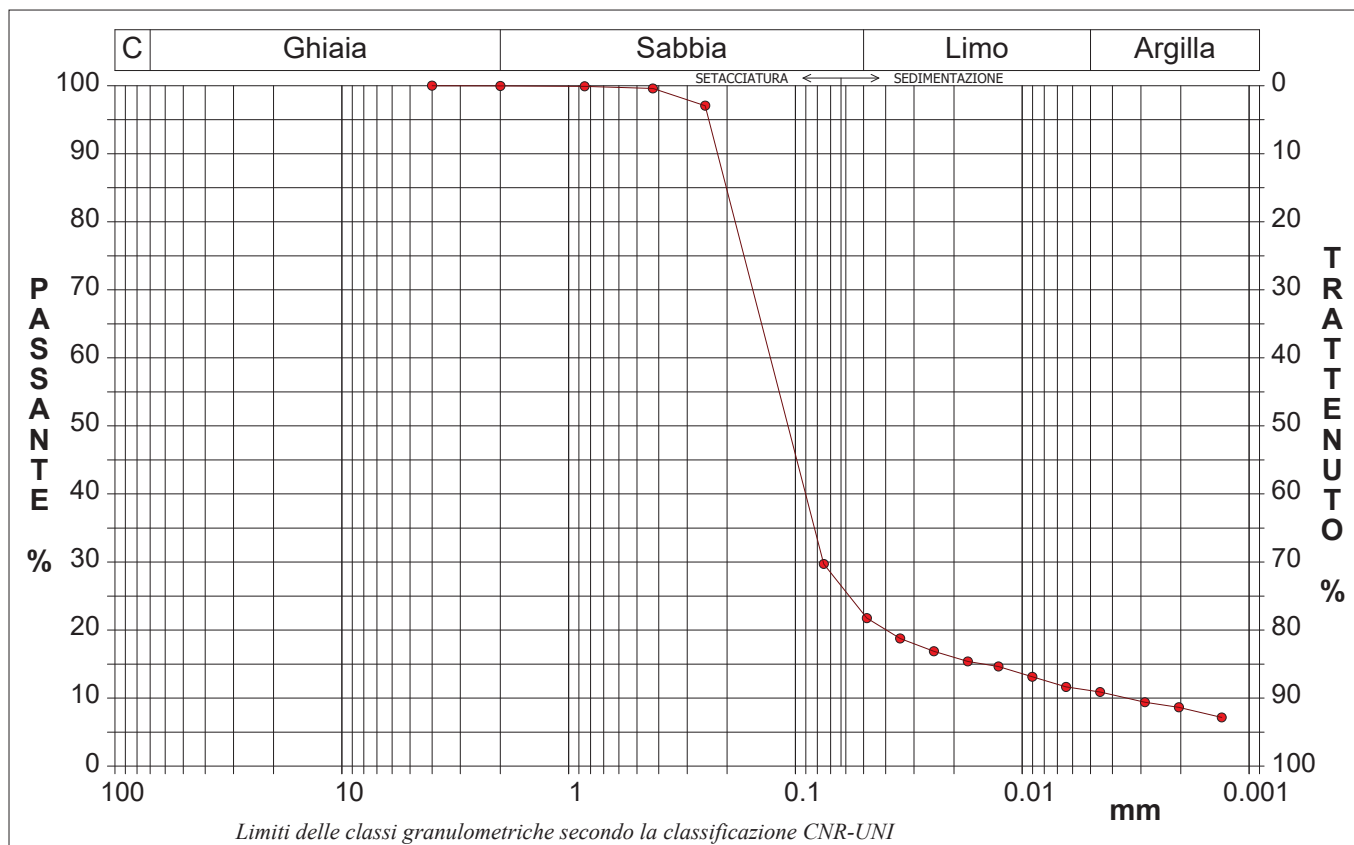
CAMPIONE D1

PROFONDITA': 5.80-6.20m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00345 mm	
Sabbia	77,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,5 %	D30	0,07538 mm	
Limo	11,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	29,7 %	D50	0,10778 mm	
Argilla	11,1 %			D60	0,12888 mm	
Coefficiente di uniformità		37,32	Coefficiente di curvatura	12,77	D90	0,22037 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,0000	100,00	0,0750	29,72	0,0127	14,64	0,0020	8,65		
2,0000	99,95	0,0485	21,76	0,0090	13,15	0,0013	7,15		
0,8500	99,91	0,0345	18,76	0,0064	11,65				
0,4250	99,60	0,0245	16,89	0,0045	10,90			Setacci	5
0,2500	97,06	0,0174	15,39	0,0029	9,40			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06055 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 16/05/25

Inizio analisi: 12/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 16/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

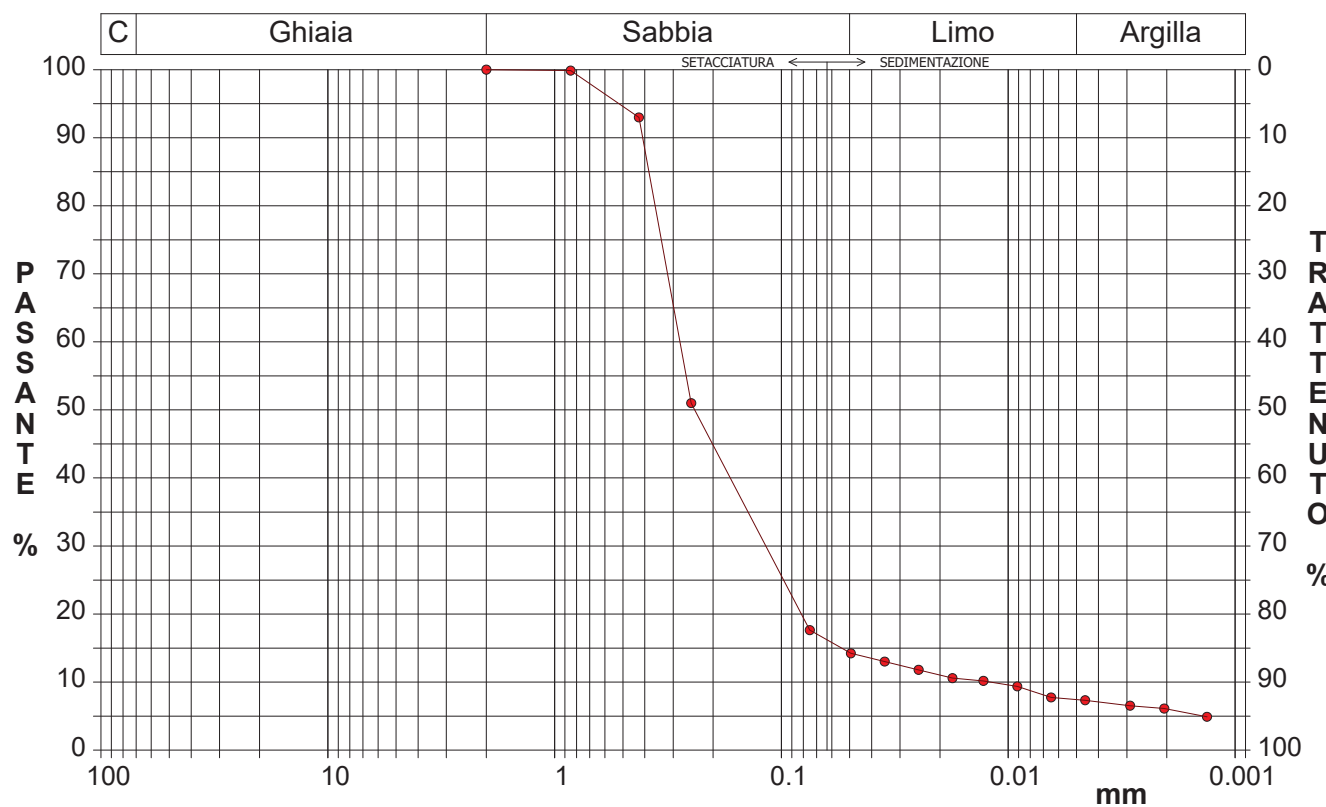
CAMPIONE D2

PROFONDITA': 13.20-13.50m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,01189 mm
Sabbia	85,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	92,0 %	D30	0,11715 mm
Limo	6,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	17,6 %	D50	0,24111 mm
Argilla	7,4 %			D60	0,28011 mm
				D90	0,40930 mm
Coefficiente di uniformità		23,55	Coefficiente di curvatura		4,12



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0494	14,24	0,0091	9,37	0,0013	4,91		
0,8500	99,87	0,0350	13,03	0,0065	7,75				
0,4250	92,98	0,0248	11,81	0,0046	7,35				
0,2500	51,00	0,0176	10,59	0,0029	6,53			Setacci	4
0,0750	17,64	0,0129	10,19	0,0021	6,13			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06056 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 16/05/25

Inizio analisi: 12/05/25

Apertura campione:

Fine analisi: 16/05/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 1

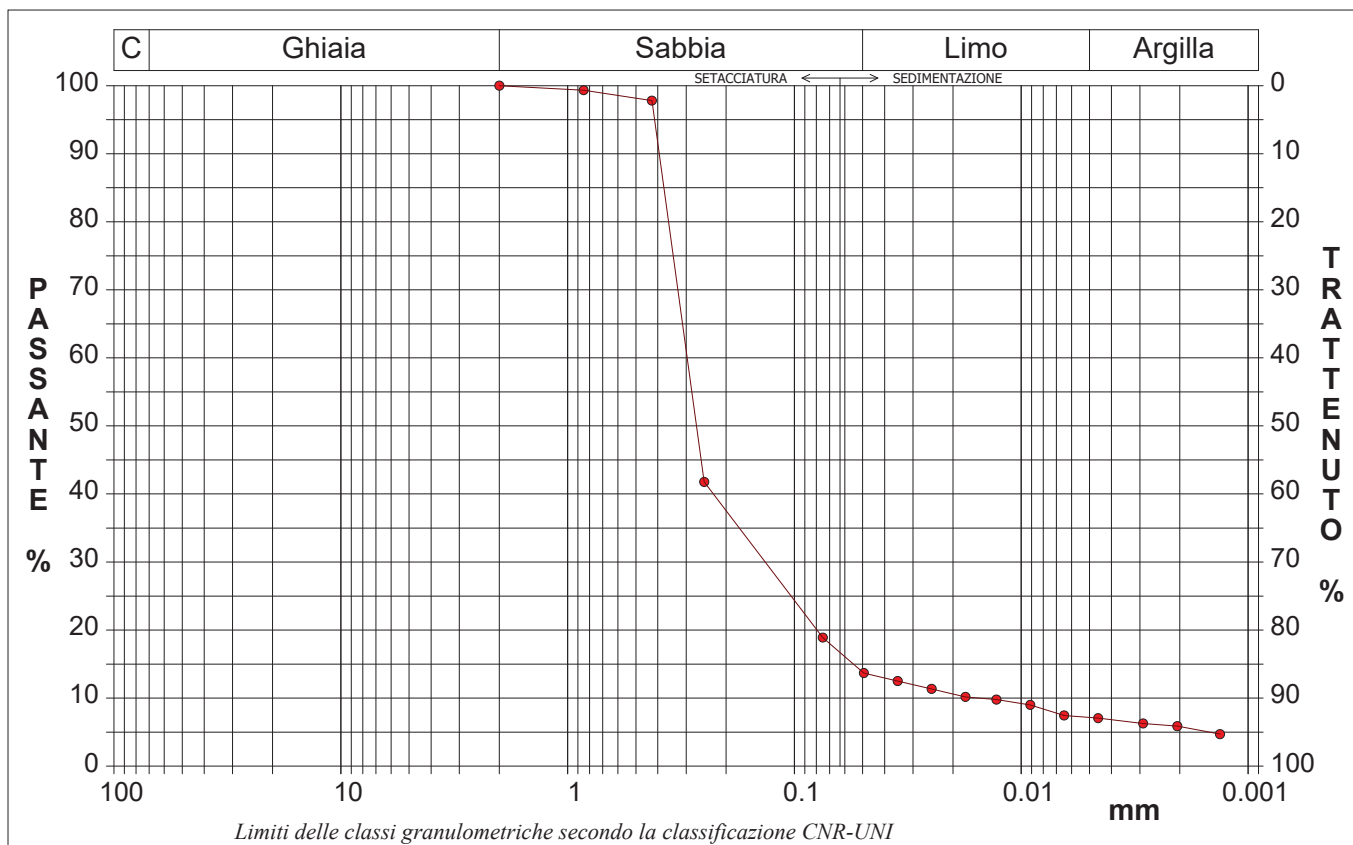
CAMPIONE D3

PROFONDITA': 29.00-29.40m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,01526 mm
Sabbia	86,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,6 %	D30	0,13451 mm
Limo	6,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18,9 %	D50	0,27027 mm
Argilla	7,2 %			D60	0,29711 mm
				D90	0,39474 mm
Coefficiente di uniformità		19,47	Coefficiente di curvatura		3,99



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0494	13,69	0,0091	9,01	0,0013	4,72		
0,8500	99,33	0,0350	12,52	0,0065	7,45				
0,4250	97,80	0,0248	11,35	0,0046	7,06				
0,2500	41,77	0,0176	10,18	0,0029	6,28			Setacci	4
0,0750	18,91	0,0129	9,79	0,0021	5,89			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06057 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 24/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

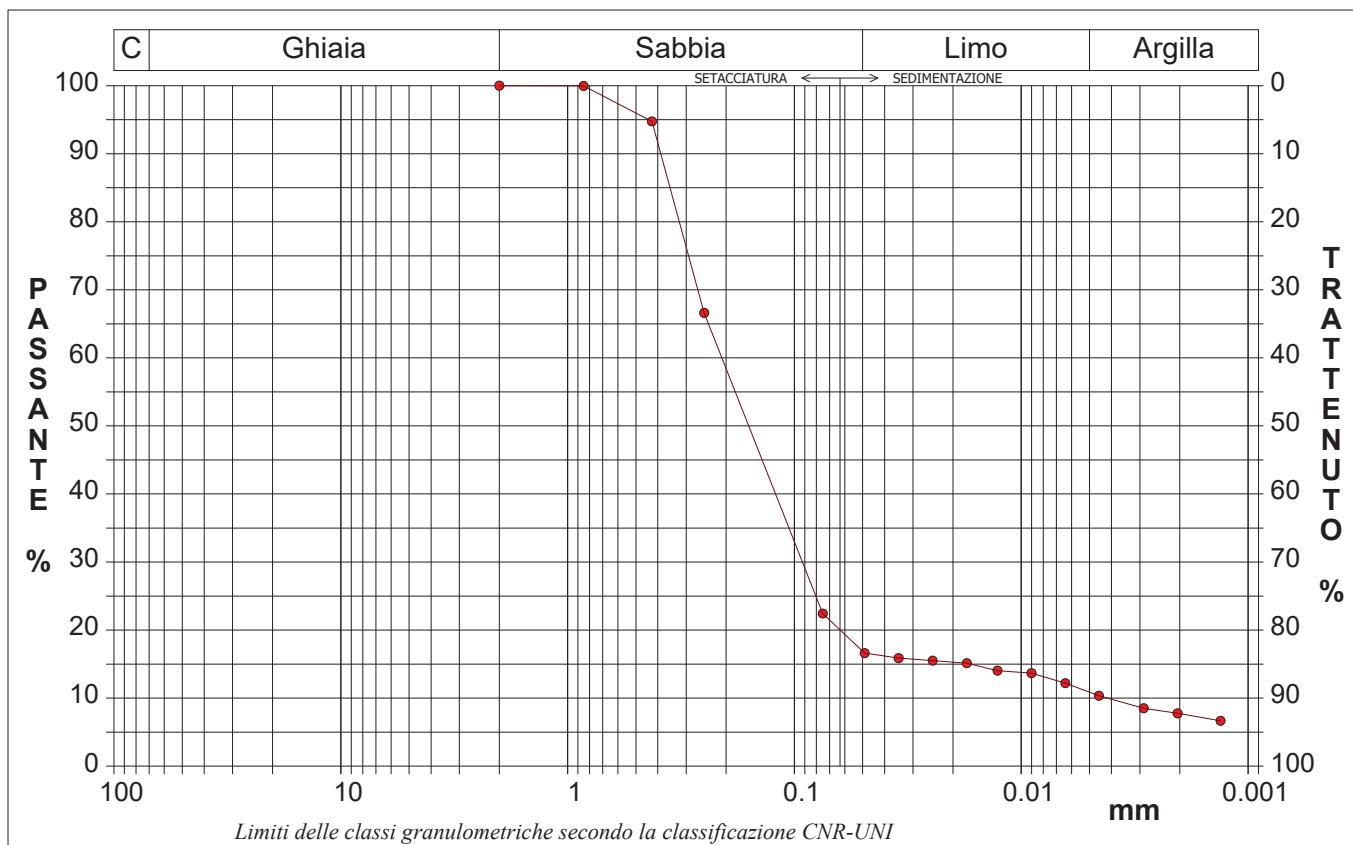
CAMPIONE: D1

PROFONDITA': m 5.80 - 6.30

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00416 mm
Sabbia	83,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	94,1 %	D30	0,09217 mm
Limo	6,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	22,4 %	D50	0,15897 mm
Argilla	10,9 %			D60	0,20877 mm
				D90	0,38861 mm
Coefficiente di uniformità		50,15	Coefficiente di curvatura		9,77



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0490	16,61	0,0090	13,67	0,0013	6,67		
0,8500	99,95	0,0347	15,88	0,0064	12,19				
0,4250	94,75	0,0246	15,51	0,0045	10,35				
0,2500	66,61	0,0174	15,14	0,0029	8,51			Setacci	4
0,0750	22,44	0,0127	14,04	0,0020	7,77			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06058 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 24/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

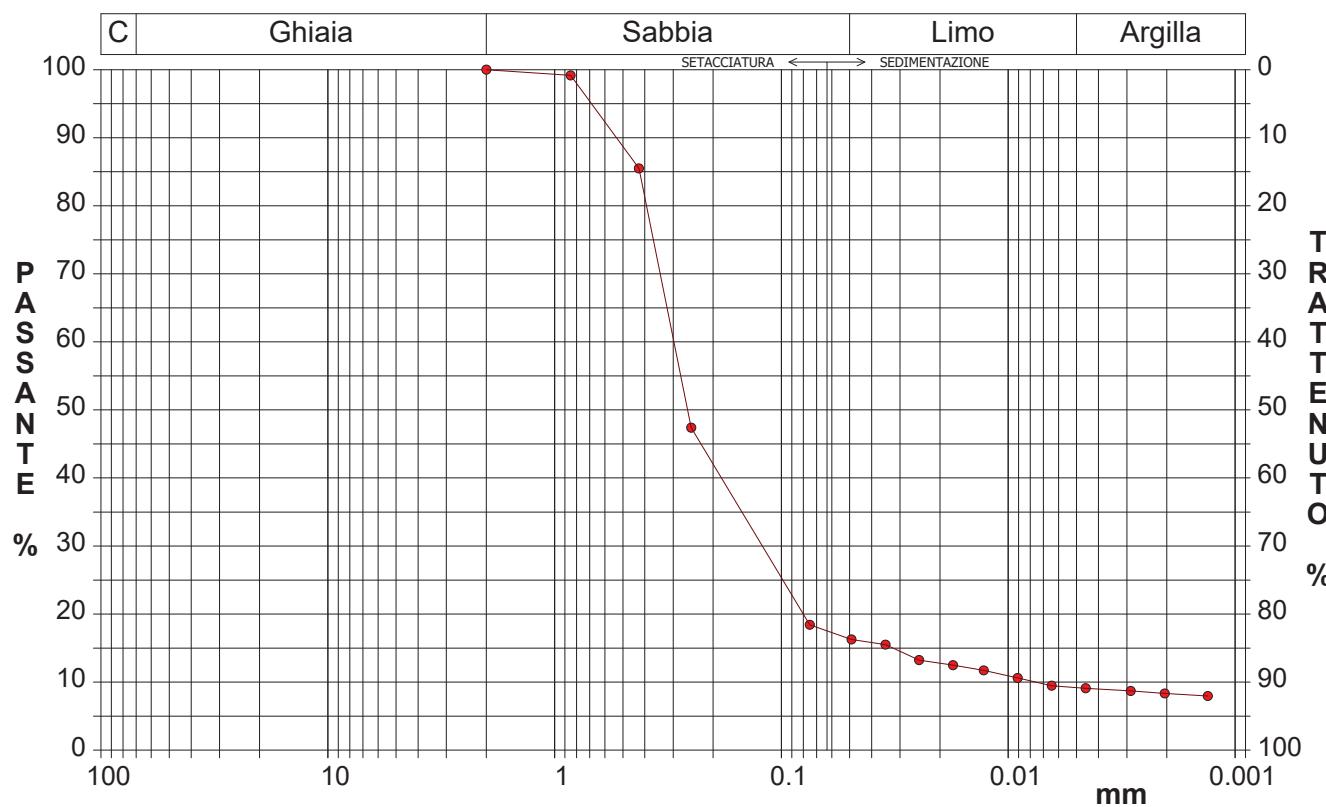
CAMPIONE: D2

PROFONDITA': m 12.80 - 13.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00756 mm
Sabbia	83,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	84,7 %	D30	0,12127 mm
Limo	7,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18,4 %	D50	0,25920 mm
Argilla	9,2 %			D60	0,29793 mm
				D90	0,53389 mm
Coefficiente di uniformità		39,43	Coefficiente di curvatura		6,53



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0491	16,27	0,0091	10,60	0,0013	7,96		
0,8500	99,16	0,0348	15,51	0,0064	9,47				
0,4250	85,51	0,0247	13,25	0,0046	9,10				
0,2500	47,40	0,0175	12,49	0,0029	8,72			Setacci	4
0,0750	18,44	0,0128	11,74	0,0020	8,34			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06059 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 24/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 2

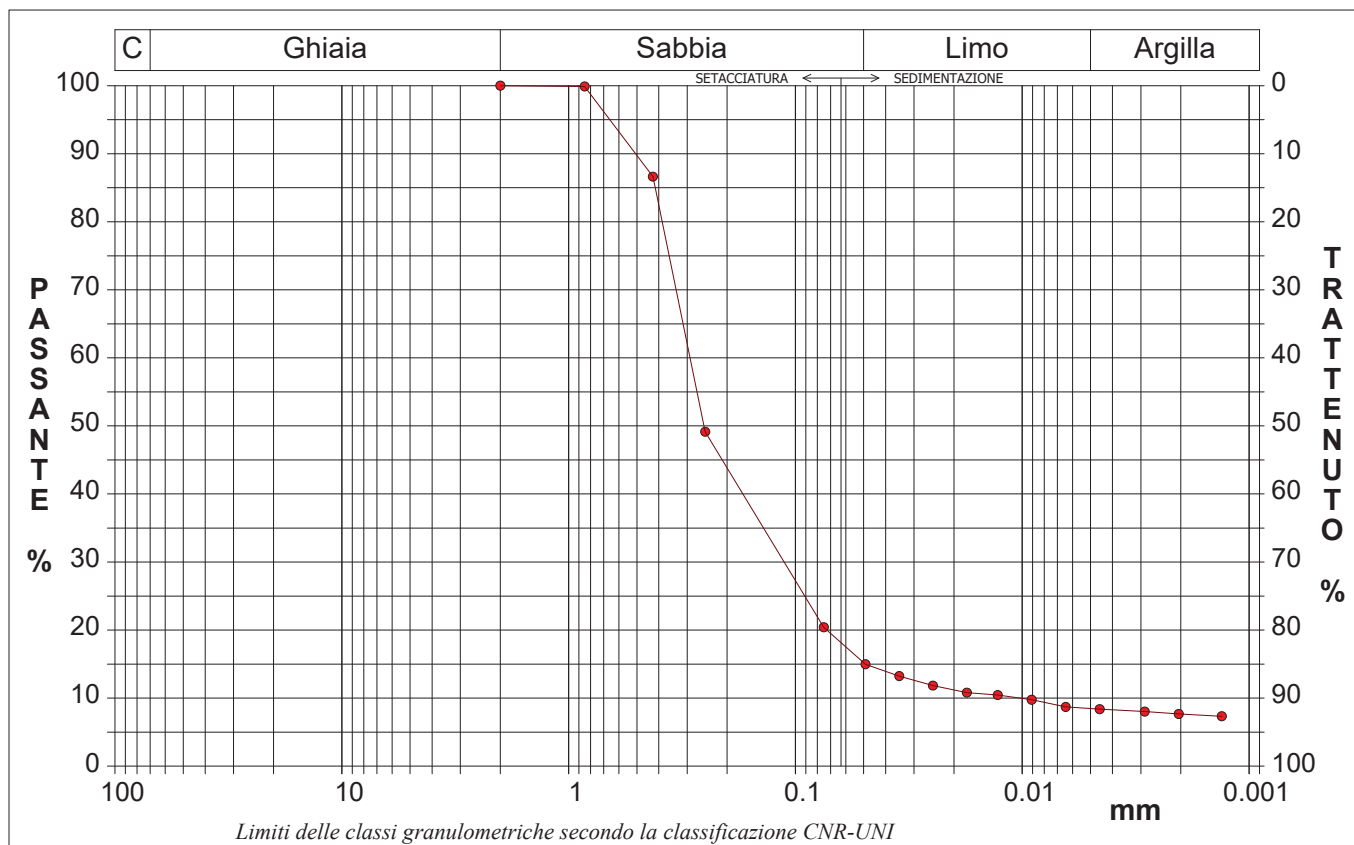
CAMPIONE: D3

PROFONDITA': m 28.00 - 29.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,01022 mm
Sabbia	84,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	85,8 %	D30	0,11210 mm
Limo	6,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	20,4 %	D50	0,25306 mm
Argilla	8,5 %			D60	0,29153 mm
				D90	0,50675 mm
Coefficiente di uniformità		28,52	Coefficiente di curvatura		4,22



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0491	14,97	0,0091	9,76	0,0013	7,33		
0,8500	99,89	0,0349	13,24	0,0064	8,72				
0,4250	86,64	0,0247	11,85	0,0046	8,37				
0,2500	49,14	0,0175	10,80	0,0029	8,02			Setacci	4
0,0750	20,41	0,0128	10,46	0,0020	7,68			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06060 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 24/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

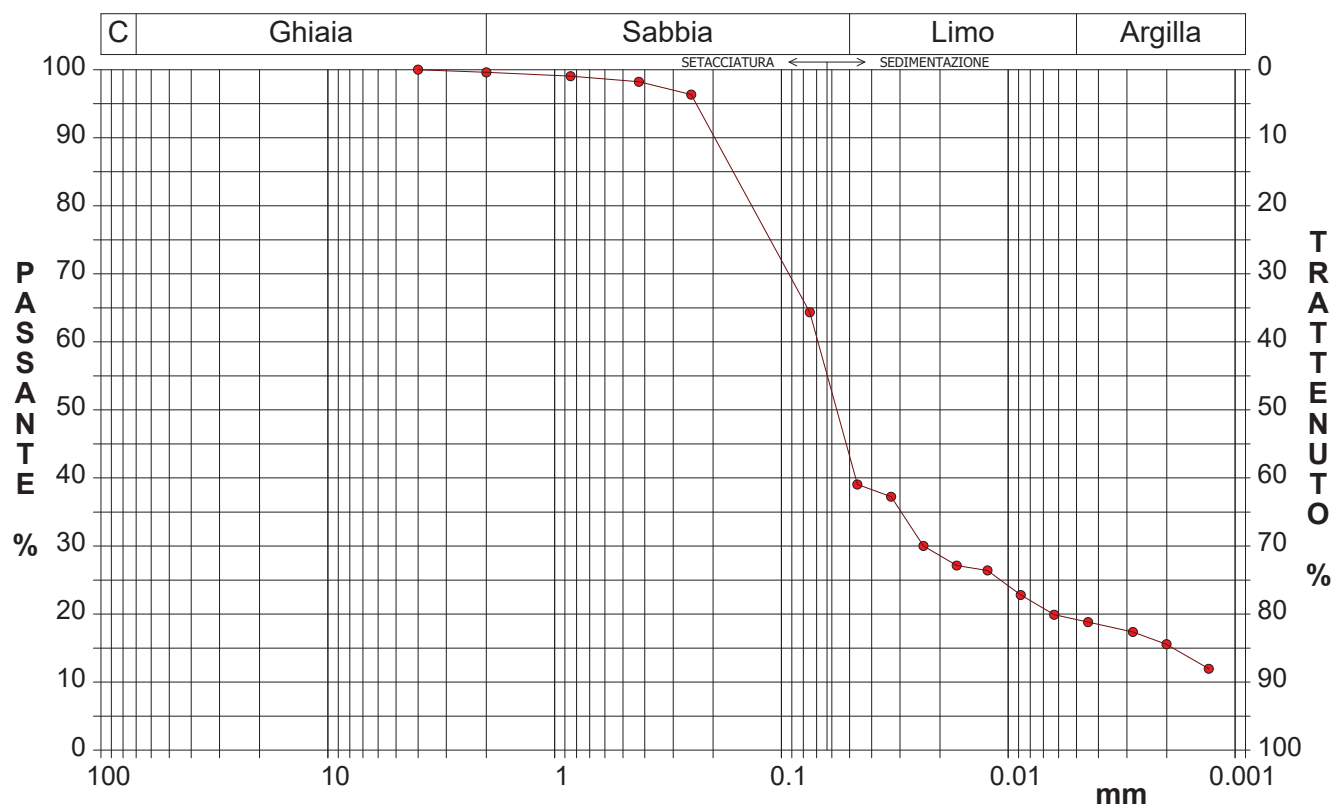
CAMPIONE: D1

PROFONDITA': m 5.00 - 6.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,6 %	D10	---	mm
Sabbia	56,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,2 %	D30	0,02363	mm
Limo	23,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	64,4 %	D50	0,05700	mm
Argilla	19,2 %			D60	0,06901	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	
				D90	0,19694	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,0000	100,00	0,0750	64,35	0,0123	26,41	0,0020	15,57		
2,0000	99,61	0,0462	39,05	0,0088	22,79	0,0013	11,96		
0,8500	99,04	0,0328	37,24	0,0063	19,90				
0,4250	98,21	0,0237	30,02	0,0044	18,82			Setacci	5
0,2500	96,34	0,0169	27,13	0,0028	17,38			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06061 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 18/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 24/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

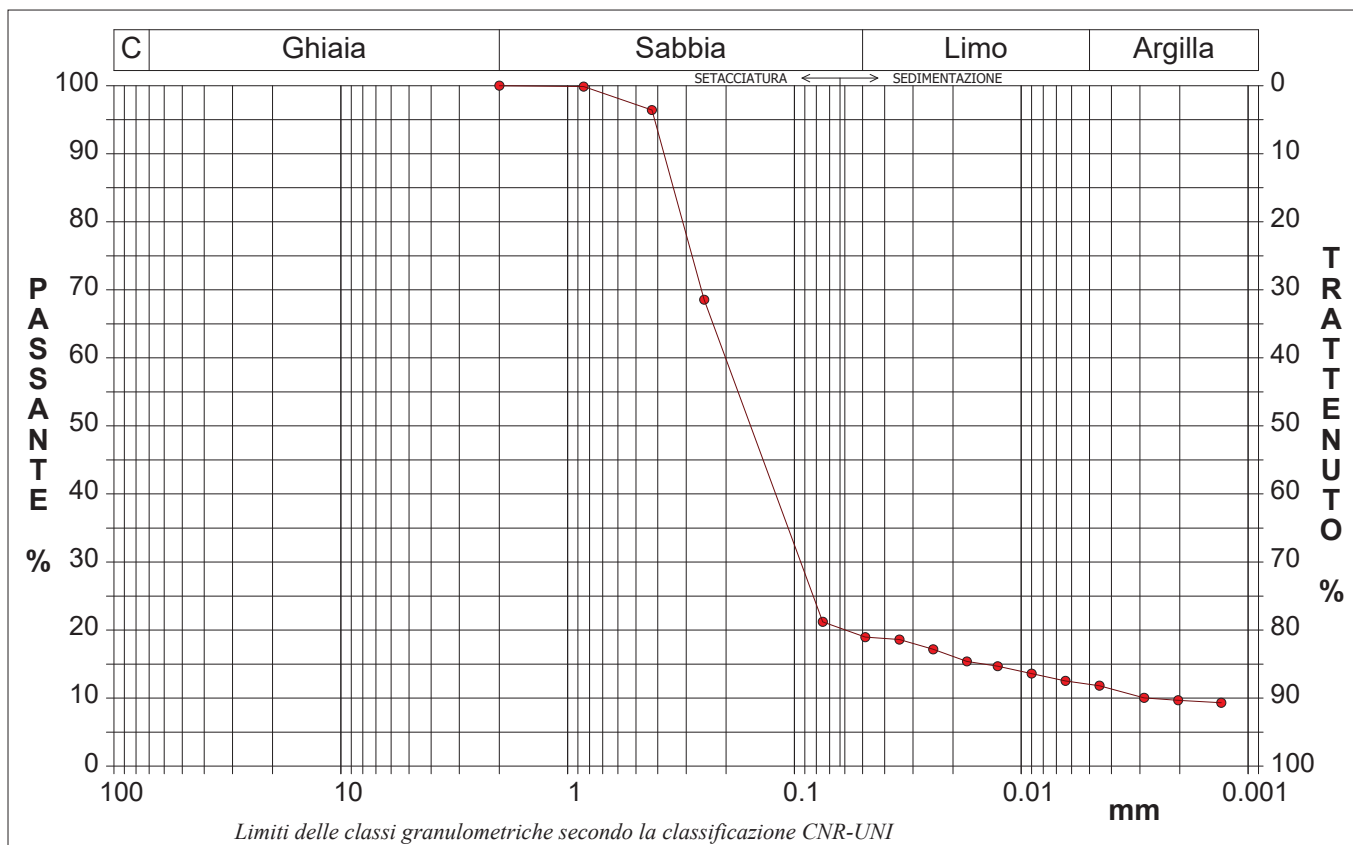
CAMPIONE: D2

PROFONDITA': m 13.00 - 13.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00277 mm
Sabbia	80,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,8 %	D30	0,09378 mm
Limo	7,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	21,2 %	D50	0,15596 mm
Argilla	12,0 %			D60	0,20113 mm
				D90	0,37608 mm
Coefficiente di uniformità		72,67	Coefficiente di curvatura		15,80



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0487	18,97	0,0090	13,61	0,0013	9,32		
0,8500	99,86	0,0344	18,61	0,0064	12,54				
0,4250	96,42	0,0244	17,18	0,0045	11,82				
0,2500	68,55	0,0174	15,40	0,0029	10,04			Setacci	4
0,0750	21,21	0,0127	14,68	0,0020	9,68			Punti sediment.	11

RAPPORTO DI PROVA N°: P06062 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/25

Inizio analisi: 28/04/25

Apertura campione:

Fine analisi: 30/04/25

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Galliera (BO)

SONDAGGIO: 3

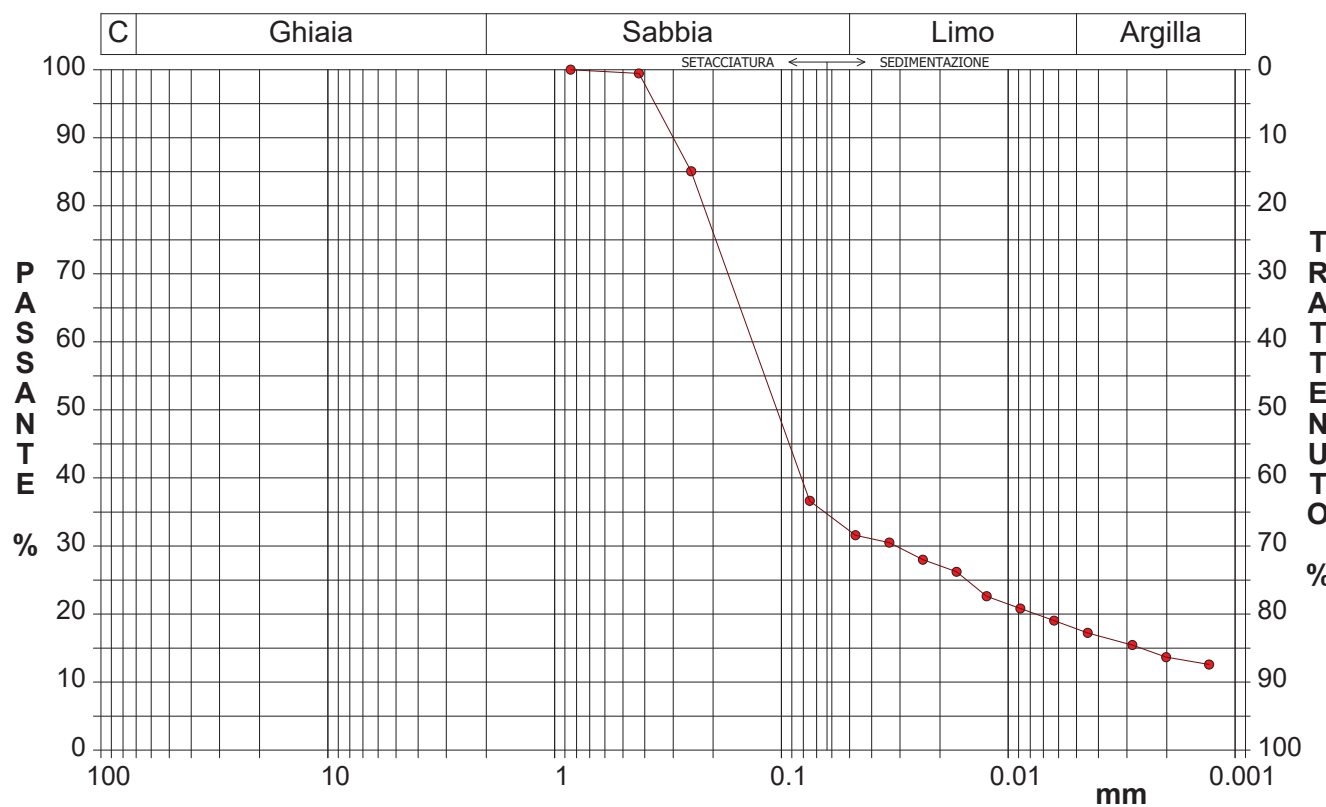
CAMPIONE: D3

PROFONDITA': m 28.00 - 29.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	67,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,1 %	D30	0,03119	mm
Limo	14,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,6 %	D50	0,10456	mm
Argilla	17,8 %			D60	0,13406	mm
				D90	0,29985	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0334	30,51	0,0063	19,04				
0,4250	99,45	0,0238	28,00	0,0045	17,25				
0,2500	85,07	0,0169	26,21	0,0028	15,45				
0,0750	36,63	0,0125	22,62	0,0020	13,66			Setacci	3
0,0471	31,59	0,0088	20,83	0,0013	12,58			Punti sediment.	11