

Programma Ambiente Apuane S.p.a.

Discarica per rifiuti non pericolosi – loc. Porta
Comuni di Montignoso e Pietrasanta



Risultati delle indagini geognostiche e delle analisi di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei rifiuti già conferiti in discarica e delle ipotetiche miscele di quelli oggetto di richiesta di autorizzazione

2 - *Relazione tecnica*

INDICE

PREMESSA	pag. 4
1.ANALISI DI LABORATORIO	pag. 5
1.1 Analisi granulometriche	pag. 6
1.1.1 Analisi della frazione fine	pag. 7
1.1.2 Classificazioni in base alla frazione fine	pag. 9
1.1.3 Classificazione secondo le Norme Italiane CNR-UNI 10006	pag. 9
1.2 Prova edometrica o di compressione ad espansione laterale impedita	pag. 11
1.2.1 Processo di consolidazione e cedimenti	pag. 11
1.2.2 Modalità di esecuzione della prova edometrica	pag. 12
1.2.3 Parametri ricavati	pag. 13
1.3 Prova di taglio diretto, consolidata drenata, tramite "Scatola di Casagrande"	pag. 14
1.3.1 Strumentazione utilizzata	pag. 14
1.3.2 Modalità di esecuzione della prova e dei parametri ottenuti	pag. 14
2. CAMPIONI PRELEVATI NEL "LOTTO B" ALL'INTERNO DEI RIFIUTI MISTI	pag. 15
2.1 Analisi granulometrica	pag. 15
2.2 Analisi frazione fine	pag. 17
2.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande	pag. 17
2.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006	pag. 18
2.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche	pag. 18
2.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio	pag. 19
3. CAMPIONI PRELEVATI NEL "LOTTO B" ALL'INTERNO DEL RIFIUTO COSTITUITO DA MARMETTOLA DI "MARMO-RESINE"	pag. 20
3.1 Analisi granulometrica	pag. 20
3.2 Analisi frazione fine	pag. 21
3.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande	pag. 22
3.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006	pag. 22
3.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche	pag. 23
3.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio	pag. 23
4. CAMPIONI PRELEVATI NEL "LOTTO C" ALL'INTERNO DEL RIFIUTO COSTITUITO DA MARMETTOLA DI MARMO E GRANITO	pag. 24
4.1 Analisi granulometrica	pag. 24
4.2 Analisi frazione fine	pag. 25
4.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande	pag. 26

4.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006	pag. 27
4.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche	pag. 27
4.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio	pag. 28
5. CAMPIONI PRELEVATI NEL "LOTTO C" COSTITUITO DA MARMETTOLA CONFERITA IN DISCARICA DA DIVERSI ANNI	pag. 29
5.1 Analisi granulometrica	pag. 29
5.2 Analisi frazione fine	pag. 30
5.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande	pag. 30
5.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006	pag. 31
5.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche	pag. 31
5.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio	pag. 32
6. CAMPIONI PRELEVATI ALL'INTERNO DELLE MISCELE PREDISPOSTE NELL'IMPIANTO AUTORIZZATO DI CAORSO	pag. 33
6.1 Analisi granulometrica	pag. 33
6.2 Analisi frazione fine	pag. 34
6.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande	pag. 35
6.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006	pag. 35
6.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche	pag. 36
6.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio	pag. 37
7.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI RIFIUTI MISTI PRESENTI ALL'INTERNO DEL "LOTTO B"	pag. 38
7.1.1 Caratteristiche granulometriche	pag. 38
7.1.2 Caratteristiche geotecniche	pag. 38
7.1.3 Risultati della prova penetrometrica statica eseguita precedentemente	pag. 40
7.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL RIFIUTO COSTITUITO DA MARMETTOLA DI "MARMO-RESINE" PRESENTE ALL'INTERNO DEL "LOTTO B"	pag. 41
7.2.1 Caratteristiche granulometriche	pag. 41
7.2.2 Caratteristiche geotecniche	pag. 41
7.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL RIFIUTO COSTITUITO DA MARMETTOLA DI MARMO E GRANITO PRESENTE ALL'INTERNO DEL "LOTTO C"	pag. 43
7.3.1 Caratteristiche granulometriche	pag. 43
7.3.2 Caratteristiche geotecniche	pag. 43
7.3.3 Risultati delle prove penetrometriche statiche eseguite precedentemente	pag. 45
7.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL RIFIUTO CHE COSTITUISCE L'ARGINE DEL "LOTTO C" (MARMETTOLA CONFERITA IN DISCARICA DA DIVERSI ANNI)	pag. 47
7.4.1 Caratteristiche granulometriche	pag. 47
7.4.2 Caratteristiche geotecniche	pag. 47

7.4.3 Risultati della prova penetrometrica statica eseguita precedentemente	pag. 48
7.5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE MISCELE DI RIFIUTO PREDISPOSTE NELL'IMPIANTO AUTORIZZATO DI FOSSADELLO DI CAORSO	pag. 49
7.5.1 Caratteristiche granulometriche "Miscela n.1"	pag. 49
7.5.2 Caratteristiche granulometriche "Miscela n.2"	pag. 49
7.5.3 Caratteristiche geotecniche "Miscela n.1"	pag. 50
7.5.4 Caratteristiche geotecniche "Miscela n.2"	pag. 51

PREMESSA

Per incarico della **Programma Ambiente Apuane S.p.A.**, è stata eseguita la "Caratterizzazione geotecnica" dei rifiuti già conferiti in discarica e di due ipotetiche miscele ottenute mescolando in diverse proporzioni i rifiuti per i quali viene richiesta l'Autorizzazione.

In particolare, in questa relazione, vengono descritte le analisi di laboratorio eseguite sui campioni e riassunti in tabelle riepilogative i dati ottenuti.

Per i risultati di ogni singola prova si rimanda alla "**Relazione analitica**" allegata.

Come già ricordato attualmente la discarica è suddivisa in 4 lotti distinti, denominati "A1", "A2", "B" e "C"; all'interno del Lotto B, inoltre, sono presenti due tipologie distinte di rifiuto.

I campioni analizzati sono stati prelevati all'interno delle due tipologie di rifiuto conferite nel Lotto B e all'interno di quelli presenti nel Lotto C.

Complessivamente sono stati prelevati n.19 campioni di rifiuto così distribuiti (vedi Tav. n.1):

- Lotto "B" in cui sono presenti rifiuti misti: **Sondaggio S5, S6, e S7**, con prelievo dei campioni **C1, C2, C3, C4, C5 e C6**.
- Lotto "B" in cui sono presenti i rifiuti costituiti da marmettola di marmo-resine: **Sondaggio S8 e S9**, con prelievo dei campioni **C7, C8, C9 e C10**.
- Lotto "C" in cui sono presenti i rifiuti costituiti da marmettola di marmo e granito: **Sondaggio S10, S11, S12 e S13**, con prelievo dei campioni **C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17 e C18**.
- Sull'**argine** del Lotto "C", costituito da marmettola stoccata in discarica da circa 3 anni, è stato prelevato il campione **C19**.

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche dei nuovi CER, richiesti nella Variante di Progetto della Discarica di Porta, non avendo a disposizione depositi di questo materiale, perché non ancora autorizzato, è stato approntato un campo prove all'interno di un impianto autorizzato in località Fossadello di Caorso, in Provincia di Piacenza.

Su due miscele opportunamente preparate con quantità prefissate di tipologie di rifiuti richiesti in autorizzazione, sono state eseguite due prove penetrometriche statiche e prelevati quattro campioni.

I campioni sono così classificati:

- **Miscela n.1:** sono stati prelevati due campioni denominati **M1-C1 e M1-C2**;
- **Miscela n.2:** sono stati prelevati due campioni denominati **M2-C1 e M2-C2**.

Nella prima parte della relazione vengono brevemente descritte le analisi di laboratorio eseguite, evidenziando i risultati ottenibili da ciascuna prova.

Di seguito vengono riassunti, per ogni tipologia di rifiuto indagato, i risultati ottenuti dalle analisi di laboratorio eseguite.

Nell'ultima parte della relazione sono riassunti, in tabelle riepilogative, i principali parametri geotecnici medi di ogni tipologia di rifiuto.

Nella relazione sono inserite

- Tav.n.1 = Ubicazione dei sondaggi e punti di prelievo dei campioni di rifiuto (scala 1:1.000)
- Tav.n.2 = Ubicazione delle prove penetrometriche statiche eseguite precedentemente
Tabelle a grafici penetrometrici

1. ANALISI DI LABORATORIO

Per la caratterizzazione geotecnica dei rifiuti speciali non pericolosi, presenti all'interno dei vari lotti della discarica di Porta, e delle ipotetiche miscele di quelli oggetto di richiesta di autorizzazione, oltre alle prove dirette in sito, sono state eseguite una serie di analisi di laboratorio su un significativo numero di campioni.

Nella "**Relazione Analitica**" sono riportate tutte le operazioni di sondaggio, che hanno consentito di prelevare i campioni di terreno, ed i risultati delle analisi di laboratorio.

Di seguito, invece, sono dettagliatamente descritte le analisi eseguite e i risultati ottenuti, suddividendo i rifiuti per tipologie omogenee.

Per tutti i rifiuti indagati i campioni sono stati prelevati a profondità diverse, in modo da omogeneizzarne sia la composizione che le caratteristiche geotecniche.

1.1 ANALISI GRANULOMETRICHE

La granulometria di un terreno, nel caso in oggetto di un rifiuto, è l'assortimento, sotto l'aspetto dimensionale, delle varie particelle che lo compongono.

La sua conoscenza è di importanza fondamentale in quanto consente di prevederne il comportamento meccanico e geotecnico.

L'**analisi granulometrica** consiste in una serie di operazioni sperimentali, e relative elaborazioni di dati, che consente di giungere alla determinazione delle dimensioni dei granuli e delle percentuali in peso relative a ciascuna frazione granulometrica.

Per frazione granulometrica si intende l'insieme delle particelle i cui diametri sono compresi entro limiti prefissati.

Granulometricamente si considerano due grandi classi di rocce sciolte:

- ❑ **classe superiore** (frazione a grana grossa o molto grossa) le cui particelle sono trattenute al setaccio ASTM n.200 con maglia da 0.075mm;
- ❑ **classe inferiore** (frazione a grana fine o molto fine) le cui particelle passano attraverso le maglie del suddetto setaccio.

Il procedimento di analisi granulometrica è diverso per le due classi: per la classe superiore si esegue una **setacciatura meccanica** con vagli di dimensioni decrescenti, mentre per quella inferiore si adotta il procedimento per **sedimentazione (aerometria)**.

Sulla base delle percentuali di passante ottenute tramite la setacciatura meccanica e delle dimensioni dei granuli della frazione fine, ottenute tramite il processo di sedimentazione, è possibile eseguire una classificazione granulometrica completa dei campioni.

Nel nostro caso la classificazione è stata eseguita seguendo la nomenclatura suggerita dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana).

I terreni che presentano una **percentuale di frazione fine**, limo e argilla passante al setaccio ASTM n.200, **inferiore al 35% in peso**, sono definiti **granulari**.

Questi terreni sono caratterizzati da una conduttività idraulica (**permeabilità**) elevata, tale cioè da consentire una *dissipazione praticamente istantanea delle sovrappressioni interstiziali* conseguenti ad una variazione delle tensioni totali imposte al contorno in **regime statico**.

Per questi materiali, contrariamente a quanto accade in quelli coesivi, è lecito supporre che il comportamento meccanico, a livello microscopico, sia sostanzialmente controllato unicamente dalla **forza di gravità** e di **attrito**, agenti al contatto tra i singoli grani, mentre risulta trascurabile l'interazione di tipo fisico-chimico tra le particelle solide e le fasi liquide e tra particella e particella.

1.1.1 Analisi della frazione fine

I terreni che invece presentano una **percentuale di frazione fine**, limo e argilla passante al setaccio ASTM n.200, **superiore al 35% in peso**, sono definiti **coesivi**.

Dato che il comportamento di questi terreni è funzione del contenuto d'acqua (w_n), sui campioni è stata eseguita la determinazione dei **Limiti di Atterberg**.

Un terreno a grana fine, infatti, può presentarsi in quattro differenti stati fisici in funzione del suo contenuto d'acqua (w_n) e, dato che il valore corrispondente al passaggio da uno stato all'altro varia da terreno a terreno, una misura dell'umidità naturale può servire come mezzo di identificazione e classificazione.

Inoltre, poiché nei terreni fini l'interazione tra le particelle è influenzata dal contenuto d'acqua, le caratteristiche di compressibilità e resistenza al taglio possono essere correlate ai valori limite di umidità che individuano il passaggio tra i vari stati.

I limiti di Atterberg, o limiti di consistenza, rappresentano proprio i contenuti d'acqua corrispondenti ai limiti di separazione tra due stati fisici del terreno.

I terreni fini sono infatti caratterizzati dai seguenti tre limiti:

- ❑ **limite liquido** (w_L): esprime il minimo contenuto d'acqua per il quale il terreno scorre per effetto di una piccola pressione e si comporta come un fluido viscoso;
- ❑ **limite plastico** (w_p): minimo contenuto d'acqua per il quale il terreno può essere deformato plasticamente senza frantumarsi;
- ❑ **limite di ritiro** (w_s): contenuto d'acqua al di sotto del quale il terreno non subisce più variazioni di volume se viene essiccato.

Dalla conoscenza dei Limiti di Atterberg possono essere ottenuti gli indici rappresentativi della **consistenza** dei terreni coesivi.

- 1) **Indice di plasticità**: viene definito come il campo di variazione del contenuto d'acqua all'interno del quale il terreno ha comportamento "plastico", ossia può essere deformato o rimaneggiato senza cambio di volume e senza fessurarsi.

Questo valore, caratteristico del tipo di terreno, dipende dalla percentuale e dal tipo di argilla presente e si valuta tramite la seguente relazione:

$$IP = w_L - w_p$$

Nella seguente tabella viene riportata la classificazione dei terreni in base all'indice di plasticità:

Indice di plasticità (IP)	0-5	5-15	15-40	>40
Tipo di terreno	Non plastico	Poco plastico	Plastico	Molto plastico

Tabella n.1.1: Classificazione dei terreni in base all'indice di plasticità

2) Indice di consistenza: viene definito come il grado di compattezza raggiunto dal terreno in rapporto al suo contenuto d'acqua allo stato naturale.

Questo valore, variabile in funzione del contenuto d'acqua, si valuta tramite la seguente relazione:

$$IC = \frac{w_L - w_n}{IP}$$

Nella seguente tabella è riportata la classificazione dei terreni in base all'indice di consistenza:

Stato del terreno	Fluido	Fluidico plastico	Molle plastico	Plastico	Solido plastico	Semisolido	Solido
Indice di consistenza (IC)	< 0 con $w_n > w_L$	0 – 0.25	0.25 – 0.50	0.50 – 0.75	0.75 – 1.0	> 1.0 con $w_n > w_s$	> 1.0 con $w_n < w_s$

Tabella n.1.2: Classificazione dei terreni in base all'indice di consistenza

Ad un aumento dell'indice di consistenza corrispondono un incremento della resistenza al taglio ed una riduzione della compressibilità.

3) Indice di Attività: questo indice, introdotto da Skempton per tener conto anche del ruolo della mineralogia dei materiali argillosi, è valutato tramite la seguente relazione:

$$I_a = \frac{IP}{CF}$$

dove CF = percentuale in peso della frazione argillosa.

L'attività di un terreno fine è quindi strettamente connessa all'indice di plasticità ed alla percentuale in peso della frazione argillosa.

Nel grafico seguente è riportata la classificazione dei terreni fini in base all'indice di attività:

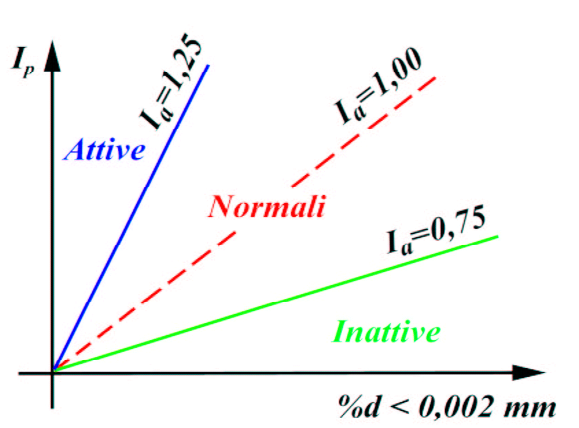


Figura n.1.1 Classificazione dei terreni fini in base all'indice di attività

1.1.2 Classificazioni in base alla frazione fine

Il comportamento dei limi e delle argille è influenzato, oltre che dalle dimensioni dei granuli, anche dal tipo di minerale.

Per poter classificare questi terreni si può far ricorso alla "**Carta di plasticità di Casagrande**" che mette in relazione il limite liquido e l'indice di plasticità.

La carta viene suddivisa in sei regioni differenti dalla retta A di equazione:

$$PI = 0.73 (w_L - 20)$$

e dalle due rette verticali:

$$w_L = 30 \quad \text{e} \quad w_L = 50$$

Tutti i punti che ricadono al di sopra della retta A sono argille inorganiche, la cui plasticità, a seconda del valore di w_L , è definita bassa ($w_L < 30$), media ($30 < w_L < 50$) o elevata ($w_L > 50$).

I terreni al di sotto della linea A possono essere limi inorganici, argille organiche e limi organici.

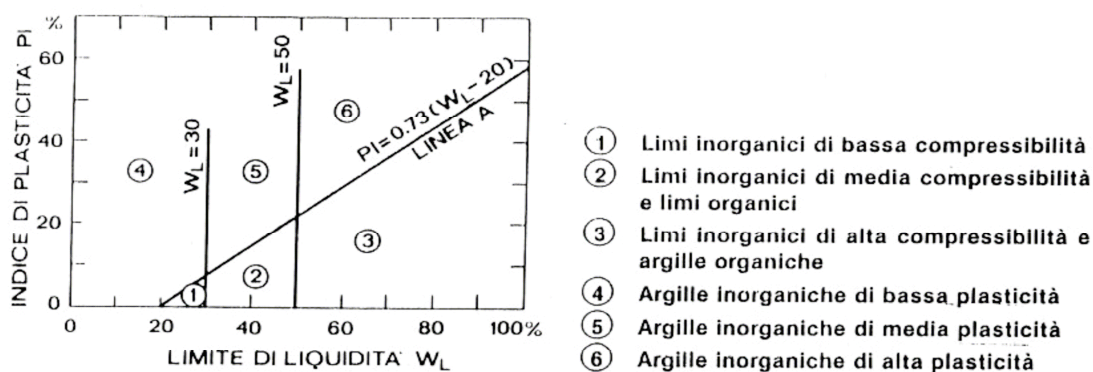


Figura n.1.2 Classificazione dei terreni in base alla Carta di plasticità di Casagrande

Al crescere di w_L aumenta la compressibilità, mentre al crescere della plasticità diminuisce l'attrito, ossia la coesione.

Spostandoci verso l'alto e verso destra, quindi, peggiorano le caratteristiche geotecniche dei terreni.

1.1.3 Classificazione secondo le Norme Italiane CNR-UNI 10006

Un sistema di classificazione usato nel campo delle costruzioni stradali è stato proposto dalla HRB (Highway Research Board) e revisionato successivamente dall'American Association of State Highway Officials (sistema noto come AASHTO).

Questa classificazione è stata ripresa e codificata in Italia all'interno delle norme CNR-UNI 10006 (vedi Tab. n.1.3).

In base a tale sistema i terreni inorganici sono suddivisi in 7 gruppi da A-1 a A7, al diminuire delle dimensioni granulometriche.

I gruppi sono successivamente suddivisi in 12 sottogruppi.

Ai primi tre gruppi (A-1, A-2 e A-3) appartengono le terre ghiaio-sabbiose, caratterizzate dall'avere un passante al setaccio ASTM n.200 con maglia da 0.075mm inferiore al 35%.

Ai successivi quattro gruppi (da A-4 a A-7) appartengono le terre limo-argillose, caratterizzate dall'avere un passante al setaccio da 0.075mm superiore al 35%.

I terreni altamente organici, invece, sono classificati come A-8.

Ogni campione di materiale contenente un'alta percentuale di fine può essere caratterizzato anche in base all'**Indice di gruppo I.G.** che si calcola mediante la seguente formula:

$$I.G. = 0.2 \cdot a + 0.005 \cdot a \cdot c + 0.01 \cdot b \cdot d$$

in cui:

a = (passante al setaccio con maglia da 0.075mm) - 35 (con massimo 40)

b = (passante al setaccio con maglia da 0.075mm) - 15 (con massimo 40)

c = (limite di liquidità) - 40 (minimo 0 e massimo 40)

d = (indice di plasticità) - 10 (minimo 0 e massimo 20).

L'indice di gruppo qualifica il comportamento statico di un terreno, con portanza tanto maggiore quanto più basso è l'indice stesso.

Di seguito viene indicativamente riassunta una classificazione delle qualità portanti del terreno come sottofondo, in base al valore di I.G.

- Se risulta $I.G. = 0$ il terreno si classifica come buono
- Se risulta $1.0 < I.G. < 10$ il terreno si classifica come mediocre
- Se risulta $10 < I.G. < 20$ il terreno si classifica come cattivo o pessimo

Classificazione generale	Terre ghiaiose - sabbiose							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri	
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%						
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8	
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A 7-5	A 7-8		
Analisi granulometrica Frazione passante al setaccio														
2 UNI 2332 %	≤ 50													
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	≥50											
0,075 UNI 2332 %	≤15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	≤ 35		
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332														
Limite liquido				≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	>40	≤ 40		
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤10max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	>10	>10		
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sab- biosa, sabbia grossa, pomice, scorie vul- caniche, pozzolane		Sabbia fi- na	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili me- diamente plastiche	Argille fortemente com- pressibili e fortemente plastiche	Torbe di recente o remota for- mazione, detriti organici di origi- ne palustre	
Qualità portanti quale terreno di sotto- fondo, in assenza di gelo	Da eccellenti a buone					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o molto scarsa				
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente indi- viduabili a vista	Aspri al tatto. Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto -Una tenacità media e elevata allo stato asciutto indica la pre- senza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato a- sciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi di colore bruno o nero - Facilmente individuabili a vista	

Tabella 1.3: Classificazione dei terreni secondo il sistema HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006)

1.2 PROVA EDOMETRICA o di COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE IMPEDITA

Dato che il rifiuto, che verrà man mano stoccato in discarica, sarà sottoposto a un processo di consolidazione, dovuto al costipamento generato dal passaggio dei mezzi e dal peso degli strati sovrastanti, sui campioni prelevati sono state eseguite delle prove edometriche in modo da poter valutare l'entità dei cedimenti e la loro evoluzione nel tempo.

Inoltre tali prove hanno consentito di determinare, anche se in via indiretta, la permeabilità dei rifiuti già conferiti in discarica.

Prima di descrivere le modalità con cui sono state eseguite le prove edometriche verranno brevemente riportati i principi fondamentali della teoria della consolidazione.

1.2.1 Processo di consolidazione e cedimenti

Si consideri un **terreno saturo** ed a grana fine e si immagini di *incrementare la pressione* su di esso; inizialmente l'incremento verrà sopportato quasi esclusivamente dall'acqua contenuta nei suoi pori.

Nell'**acqua interstiziale** si svilupperà una **sovrappressione idrostatica** che, qualora vi siano degli strati permeabili a contatto con il terreno, tenderà ad espellerla.

Non appena l'acqua comincerà a fuoriuscire dai pori, la sovrappressione idrostatica andrà gradualmente **dissipandosi** e l'incremento di carico applicato si tradurrà, altrettanto gradualmente, in un aumento della **pressione effettiva** agente sulla struttura solida del terreno.

Durante questo processo di trasferimento, la massa di terreno subirà una **graduale diminuzione di volume**, di entità pari al **volume dell'acqua espulsa**: a questo fenomeno si dà il nome di **consolidazione** ed all'incremento di pressione esterna si dà il nome di **pressione consolidante**.

Quando tutta la pressione consolidante si sarà tradotta in incremento di tensione effettiva σ_v' non fuoriuscirà più acqua dai pori e si sarà raggiunta una nuova condizione di equilibrio.

A questo punto il processo di consolidazione è completo ed il terreno è totalmente consolidato sotto quella pressione applicata.

Per quanto riguarda la **velocità di consolidazione** questa dipende dalla *velocità con la quale l'acqua fuoriesce dai pori* ed è pertanto **direttamente proporzionale** alla **permeabilità** del terreno.

La conoscenza del processo di consolidazione permette di valutare i cedimenti.

Nei terreni granulari, come ghiaie e sabbie, la permeabilità è così elevata da poter ipotizzare che in esse il cedimento si completi con la stessa velocità con la quale vengono applicati i carichi esterni (**cedimento immediato**).

Nei terreni coesivi, il cedimento può invece essere distinto nelle seguenti tre fasi:

- 1) **cedimento iniziale**: dovuto alla rapida espulsione dell'aria, per effetto dell'incremento di pressione indotto; è assente nei terreni saturi e si esplica in tempi brevissimi
- 2) **cedimento primario**: dovuto all'espulsione dell'acqua dai pori per effetto dei carichi indotti, è una fase che si esplica in tempi tanto più lunghi quanto i terreni sono impermeabili; è di gran lunga il cedimento più importante
- 3) **cedimento secondario**: segue il cedimento primario, dopo la completa espulsione di acqua dai pori, ed è causato da fenomeni di riassetto strutturale; è caratteristico delle argille nelle quali, dopo che tutta l'acqua è stata espulsa, si hanno dei contatti più diretti tra le particelle.

1.2.2 Modalità di esecuzione della prova edometrica

La prova edometrica riproduce in laboratorio le condizioni di consolidazione monodimensionale realizzando perfettamente il modello reologico ipotizzato da TERZAGHI e permettendo quindi di studiare la **deformabilità monodimensionale** e la **consolidazione unidirezionale** di un campione di terreno sottoposto ad espansione laterale impedita.

La prova permette di stimare l'**entità del cedimento** e la **velocità di consolidazione** di uno strato compressibile sottoposto a carichi assiali verticali, a cui sia consentito di drenarsi liberamente verso l'alto e verso il basso e impedito di espandersi lateralmente.

Nella discarica i rifiuti si trovano proprio in una condizione che può essere assimilata a quella di un provino all'interno della cella edometrica.

La prova viene effettuata con un apparecchio detto "**EDOMETRO**" composto essenzialmente da una **cella di consolidazione**, costituita da un anello metallico, fisso o mobile, che contiene il campione di terreno, al di sopra del quale vengono posti due dischi di materiale poroso, per permettere un drenaggio assiale, e da una attrezzatura di carico mediante la quale si possono applicare al provino stesso **pressioni verticali costanti**.

Il **campione** è contenuto da un cilindro rigido, a pareti indeformabili, ed è a contatto, alla base ed in testa, con **due pietre porose** che consentono di condurre la prova in condizioni **drenate** (si ha un drenaggio assiale), permettendo cioè alla pressione dell'acqua di dissiparsi liberamente.

L'insieme provino- anello rigido- pietre porose è posto in un contenitore pieno d'acqua distillata in modo da assicurare la continuità liquida; in questo modo si previene l'essiccamento del provino nel corso della prova, si annullano le tensioni di capillarità, si fornisce l'acqua di assorbimento durante la fase di scarico (rigonfiamento) e si rendono trascurabili le sovrappressioni interstiziali prodotte dall'applicazione del carico di prova.

La sequenza degli incrementi del carico assiale viene effettuata per successiva applicazione di pesi, ogni volta che la deformazione sia stabilizzata.

Applicando il carico l'acqua va in pressione e fuoriesce dalle pietre porose determinando una variazione del volume del campione che viene registrata da un **ESTENSIMETRO COMPARATORE**.

Quando quest'ultimo segna un valore costante il cedimento si è esaurito e si può procedere ad un nuovo incremento di carico.

Tale modalità di prova è detta a **carico controllato**, per distinguerla da quella a velocità di deformazione controllata usata nelle prove triassiali, nelle quali l'incremento di carico viene graduato automaticamente in modo da avere una velocità di deformazione costante nel tempo.

Nelle prove eseguite i provini sono stati fatti consolidare applicando otto incrementi successivi di pressione verticale e mantenendo costante ciascun incremento fino a che il **cedimento** non sia risultato praticamente esaurito.

I vari **incrementi di carico verticale σ_v'** sono stati applicati in *progressione geometrica*, ossia il valore successivo è sempre il **DOPPIO** di quello precedente.

Incrementi di carico verticale σ_v' (kN/m ²) o (kPa)							
25	50	100	200	400	800	1600	3200

La **fase di scarico**, invece, è stata eseguita con un numero di intervalli pari alla **metà** di quelli utilizzati in fase di carico.

Fase di scarico σ_v' (kN/m ²) o (kPa)			
800	200	50	25

1.2.3 Parametri ricavati

Nei tabulati dei risultati della prova di consolidazione edometrica sono forniti, per ogni incremento o decremento di carico, i seguenti parametri:

- ❑ le variazioni progressive dell'altezza del provino δH al termine di ogni ciclo di carico o scarico in millimetri;
- ❑ la variazione percentuale ϵ dell'altezza del provino ;
- ❑ l'indice dei pori e ;
- ❑ il coefficiente di compressibilità a_v in kPa⁻¹;
- ❑ il modulo edometrico M in kPa;
- ❑ il coefficiente di consolidazione primaria C_v in cm²/sec;
- ❑ il coefficiente di permeabilità K in m/sec;
- ❑ il coefficiente di consolidazione secondaria C_α in percentuale.

Tra questi parametri i più importanti sono sicuramente il **modulo edometrico M** , che consente di stimare l'entità del cedimento, ed il **coefficiente di consolidazione C_v** , che permette di fare previsioni sulla sua **durata**.

1.3 PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA DRENATA, TRAMITE "SCATOLA DI CASAGRANDE"

Per valutare i parametri di **resistenza al taglio di picco** dei rifiuti già stoccati in discarica e delle ipotetiche miscele di quelli per i quali viene richiesta l'autorizzazione, sono state eseguite delle prove di taglio dirette consolidate drenate "CD" mediante apparecchio di Casagrande.

1.3.1 Strumentazione utilizzata

L'apparecchio utilizzato consta di una scatola, a sezione circolare di diametro 63.5mm, divisa in due parti; il provino di terreno viene introdotto nella scatola medesima interponendolo fra due griglie di lamelle sottili, che si immorsano nel terreno, e fra due pietre porose.

La metà inferiore della scatola è rigidamente fissata all'interno di un contenitore che può scorrere su rulli muovendosi a velocità costante, mentre la parte superiore contrasta contro un anello dinamometrico: il movimento della parte inferiore della scatola viene trasmesso attraverso il provino alla parte superiore e, quindi, all'anello dinamometrico la cui deformazione indica la forza di taglio.

Il carico normale viene applicato al provino mediante un sistema di leve che agisce su una sfera di acciaio applicata su un pistone metallico.

La variazione di volume che si manifesta sia durante la consolidazione che conseguentemente all'applicazione della forza tagliente, viene rilevata mediante un comparatore applicato sopra la scatola.

Il dispositivo appena descritto è noto come tipo a **deformazioni controllate**.

1.3.2 Modalità di esecuzione della prova e parametri ottenuti

Per eseguire una prova **consolidata drenata (CD)** il provino viene prima lasciato consolidare completamente sotto il carico normale, dopodiché viene sottoposto alle forze taglienti con una velocità talmente bassa da consentire la dissipazione delle pressioni generate nell'acqua interstiziale.

Le prove in oggetto sono state eseguite su tre provini fatti consolidare, per un tempo di 24 ore, sotto le pressioni crescenti di 100, 200 e 400kPa.

La velocità di deformazione necessaria a produrre il "taglio" è stata, per tutti i provini, pari a 0.005mm/minuto.

Per ciascun provino su un diagramma sono stati riportati, sull'asse delle ascisse le tensioni normali di consolidazione, mentre sull'asse delle ordinate i corrispondenti valori degli sforzi di taglio che hanno portato alla rottura.

L'inclinazione sull'orizzontale della retta che unisce i punti trovati rappresenta l'**angolo di attrito interno ϕ'** del terreno, mentre l'ordinata intercettata dall'intersezione della retta sull'asse delle Y, fornisce il valore della **coesione efficace c'** .

2. Campioni prelevati nel "Lotto B" all'interno di rifiuti misti

In questa tipologia di rifiuto sono stati realizzati i sondaggi denominati **S5**, **S6** e **S7**.

In ogni sondaggio sono state prelevate due fustelle per un totale di sei campioni.

Come già descritto nella Relazione analitica, il prelievo dei campioni è stato spesso difficoltoso per l'elevata resistenza offerta dal rifiuto alla penetrazione della fustella Shelby.

Per questo motivo i campioni prelevati sono risultati, talvolta, di lunghezza inferiore a quella del campionatore.

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella Tav. n.1 mentre di seguito vengono riassunte le profondità alle quali sono stati prelevati i campioni:

- **Sondaggio S5** campione **C1**: prelevato alla profondità compresa fra **3.85** e **4.0m** dal p.c.
- **Sondaggio S5** campione **C2**: prelevato alla profondità compresa fra **5.0** e **5.2m** dal p.c.
- **Sondaggio S6** campione **C3**: prelevato alla profondità compresa fra **5.0** e **5.3m** dal p.c.
- **Sondaggio S6** campione **C4**: prelevato alla profondità compresa fra **6.0** e **6.4m** dal p.c.
- **Sondaggio S7** campione **C5**: prelevato alla profondità compresa fra **3.0** e **3.3m** dal p.c.
- **Sondaggio S7** campione **C6**: prelevato alla profondità compresa fra **4.0** e **4.4m** dal p.c.

2.1 Analisi granulometrica

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i risultati ottenuti per i sei campioni analizzati.

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA MECCANICA

Analisi granulometrica	Diametro setaccio (mm)	Campione					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
% passante totale	25.000	100.0	100	91.2	100.0	94.3	91.9
	10.000	84.6	80.4	85.1	94.7	77.4	82.7
	5.000	73.8	66.1	82.3	91.7	69.9	77.1
	2.000	64.1	59.0	79.5	88.2	64.4	72.8
	0.420	47.3	34.7	69.1	74.9	45.7	58.5
Setaccio ASTM N.200	0.075	37.8	20.9	35.2	41.1	21.6	33.4

Tabella 2.1: Risultati analisi granulometrica per setacciatura

Nella tabella precedente sono evidenziate le percentuali di passante al setaccio ASTM n.200, con maglia da 0.075mm, che evidenziano, per tutti i campioni, la preponderanza della frazione grossolana su quella fine e molto fine.

Come ricordato in precedenza i passanti all'ultimo setaccio sono stati analizzati per sedimentazione.

Sulla base delle percentuali di passante sopra ricordate e delle dimensioni dei granuli, ottenute tramite il processo di sedimentazione, è stato possibile eseguire una classificazione granulometrica dei campioni.

La classificazione è stata effettuata seguendo le raccomandazioni A.G.I.

Dato che la maggior parte dei campioni sono risultati prevalentemente sabbiosi, la classe delle sabbie è stata ulteriormente distinta in **sabbia grossa** (diametro dei grani compreso tra 0.5 e 2.0mm), **sabbia media** (diametro dei grani compreso tra 0.25 e 0.5mm) e **sabbia fine** (diametro dei grani compreso tra 0.06 e 0.25mm).

	Campione											
Litologia	C1		C2		C3		C4		C5		C6	
% Ghiaia	35.9		41.0		20.5		11.8		35.6		27.2	
% Sabbia grossa	32.7	15.0	41.6	22.0	51.6	10.0	52.4	11.0	46.5	17.0	43.7	14.0
% Sabbia media		6.0		7.0		10.0		10.0		10.0		9.0
% Sabbia fine		11.7		12.6		31.6		31.4		19.5		20.7
% Limo	27.4		15.2		22.8		29.8		14.7		24.1	
% Argilla	4.0		2.2		5.1		6.0		3.2		5.0	

Tabella 2.2: Classi granulometriche secondo le raccomandazioni A.G.I.

N.B. *In grassetto viene evidenziata la granulometria preponderante.*

L'esame delle percentuali mette in evidenza come i campioni appartengano alla classe granulometrica delle sabbie, ad eccezione del campione n.1 che presenta un maggior contenuto di elementi attribuibili alla classe delle ghiaie.

Nella frazione fine il limo è sempre predominante sulla parte argillosa, presente in percentuali piuttosto basse.

La suddivisione delle sabbie ha invece permesso di verificare che in queste prevalgono a volte quelle grossolane, più spesso quelle fini, mentre la classe media è quella meno rappresentata.

Sulla base delle percentuali granulometriche sopra riportate, seguendo la nomenclatura suggerita dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana), i campioni sono così denominati.

Campione C1	"Ghiaia con sabbia e limo"
Campione C2	"Sabbia grossa con ghiaia limosa"
Campione C3	"Sabbia fine limosa e ghiaiosa debolmente argillosa"
Campione C4	"Sabbia fine con limo debolmente ghiaiosa e argillosa"
Campione C5	"Sabbia fine con ghiaia debolmente limosa"
Campione C6	"Sabbia fine con ghiaia limosa debolmente argillosa"

Tabella 2.3: Nomenclatura secondo le raccomandazioni A.G.I.

2.2 Analisi della frazione fine

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti analizzando la frazione fine.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Umidità naturale (w_n)	25.39	25.39	30.77	30.77	31.58	31.58
Limite liquido (w_l)	31	n.d.	40	34	37	n.d.
Limite plastico (w_p)	27	n.d.	34	28	33	n.d.
Indice di plasticità (IP)	4	n.d.	6	6	4	n.d.
Indice di consistenza (IC)	1.4	n.d.	1.54	0.54	1.35	n.d.
Classificazione in base a IP	Non plastico	n.d.	Poco plastico	Poco plastico	Non plastico	n.d.
Classificazione in base a IC	Semisolido	n.d.	Semisolido	Plastico	Semisolido	n.d.

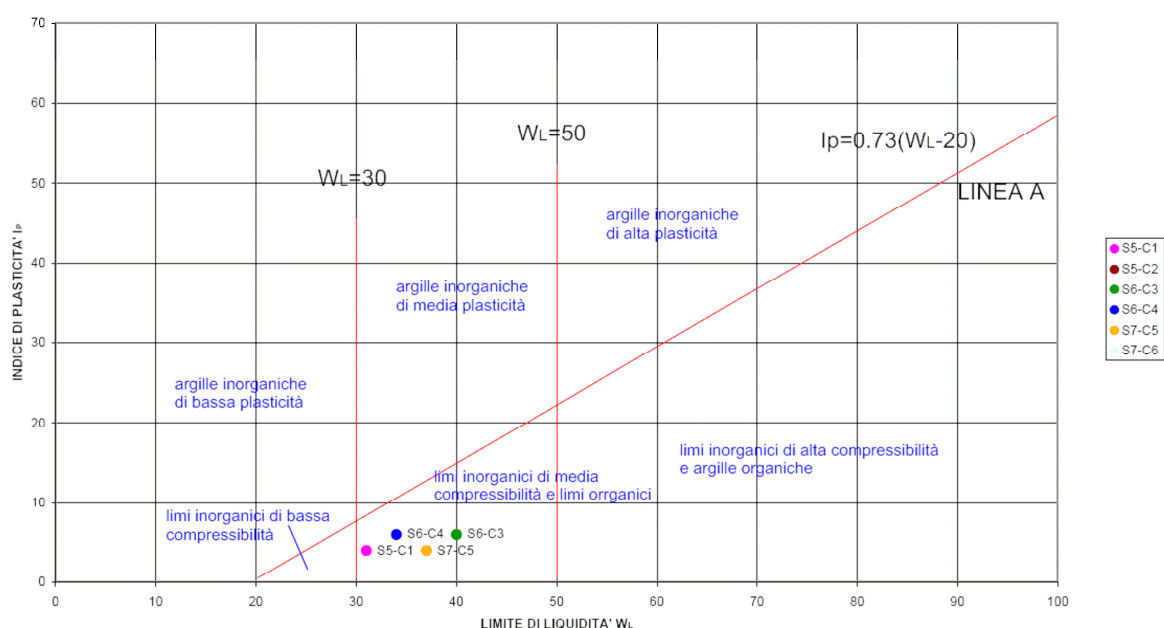
Tabella 2.4: Tabella riassuntiva limiti di Atterberg

Per questi campioni, data la natura prevalentemente granulare, non è stata effettuata la valutazione dell'attività.

Dalla tabella si nota come i rifiuti presenti in questa parte del lotto B siano costituiti da materiali prevalentemente granulari, caratterizzati da un comportamento variabile da poco plastico a non plastico.

2.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande

I campioni per i quali è stato possibile determinare i Limiti di Atterberg ricadono, nella Carta di plasticità di Casagrande, all'interno del campo dei "Limi inorganici di media compressibilità".



2.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti utilizzando la classificazione CNR-UNI 10006.

Campioni	Indice di gruppo I.G.	Gruppo	Classificazione in base a I.G.	Tipo di terreno
C1	1	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C2	0	A1-b	Terreno buono	Sabbia grossa
C3	0	A4	Terreno buono	Limo poco compressibile
C4	1	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C5	0	A1-b	Terreno buono	Sabbia grossa
C6	0	A2-4	Terreno buono	Sabbia con ghiaia limosa

Tabella 2.5: Tabella riassuntiva classificazione CNR-UNI 10006

Questa classificazione mette in risalto la natura prevalentemente granulare e la buona qualità complessiva, dal punto di vista geotecnico, dei rifiuti stoccati in questa parte del Lotto B.

In particolare il basso valore dell'indice di gruppo indica che questi materiali hanno un buon comportamento statico e, quindi, anche una buona portanza.

2.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche

Come visto in precedenza nel rifiuto stoccato all'interno di questa parte del Lotto B sono stati prelevati n.6 campioni.

Data la natura prevalentemente granulare del rifiuto ed il suo elevato grado di compattezza, i campioni recuperati con le fustelle sono risultati di lunghezza generalmente inferiore a 60cm.

Per ogni sondaggio è stato possibile ricostruire un solo provino ottenuto miscelando la frazione fine di ciascun campione.

Le prove edometriche sono state, quindi, solamente tre.

Ogni provino da sottoporre alla prova è stato ottenuto "miscelando" la frazione passante al setaccio di apertura 5mm di ciascun campione, ricompattata alle condizioni di massa volumica e contenuto d'acqua naturali medi.

Di seguito sono riassunti, in un'unica tabella, i risultati medi ottenuti per questa tipologia di rifiuto dalle tre prove edometriche eseguite, rimandando alla relazione analitica per la visione completa dei risultati di ciascuna prova.

Nella tabella riassuntiva sono riportati solamente i dati relativi agli incrementi di carico e modificate alcune unità di misura per renderle più facilmente correlabili ai parametri generalmente utilizzati in geotecnica.

Incrementi di carico	Variazioni di altezza	Deformazione percentuale	Indice dei vuoti	Indice di compressibilità	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità	Coefficiente di consolidazione secondaria
σ_v'	δH	ϵ	e	a_v	M	C_v	K	C_α
(Kg/cm ²)	(mm)	(%)		(Kg/cm ²) ⁻¹	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)	(%)
0.254	0.0577	0.2883	0.9250					
0.509	0.0840	0.4200	0.9227	1.0140×10^{-4}	307.8	1.44×10^{-3}	1.41×10^{-10}	0.080
1.019	0.1627	0.8133	0.9150	1.5064×10^{-4}	154.2	5.84×10^{-3}	4.75×10^{-10}	0.0197
2.039	0.3107	1.5533	0.9007	1.4059×10^{-4}	150.5	3.02×10^{-3}	2.49×10^{-10}	0.0403
4.079	0.4910	2.4550	0.8833	8.4807×10^{-5}	239.3	2.74×10^{-3}	1.38×10^{-10}	0.0543
8.157	0.7650	3.8250	0.8567	6.4060×10^{-5}	357.1	2.39×10^{-3}	7.70×10^{-11}	0.0703
16.315	1.2313	6.1567	0.8107	5.3270×10^{-5}	392.0	1.88×10^{-3}	1.88×10^{-10}	0.1780
32.630	1.9637	9.8183	0.7383	4.0363×10^{-5}	506.5	6.01×10^{-3}	2.06×10^{-10}	0.2687

Tabella 2.6: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove edometriche

Le prove mostrano un modulo edometrico elevato ed un coefficiente di consolidazione alto, che consente un andamento delle sovrappressioni abbastanza rapido nel tempo.

2.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio

Anche in questo caso, per ogni sondaggio, sono state miscelate le frazioni fini di ciascun campione e, quindi, eseguita un'unica prova di taglio.

Data la presenza di elementi grossolani i provini sono stati ricavati sulla frazione passante al setaccio di apertura 5mm mediante costipamento manuale.

Di seguito sono riassunti, in un'unica tabella, i risultati ottenuti dalle tre prove di taglio eseguite, rimandando alla relazione analitica per la visione completa dei risultati di ciascuna prova.

Campioni	Angolo di attrito interno efficace	Coesione efficace
	(ϕ')	(c')
Sondaggio S5 miscela campioni C1-C2	40°	0.483 kg/cm ²
Sondaggio S6 miscela campioni C3-C4	38°	0.223 kg/cm ²
Sondaggio S7 miscela campioni C5-C6	37°	0.340 kg/cm ²

Tabella 2.7: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove di taglio diretto consolidate drenate (CD).

I risultati delle prove mostrano angoli di attrito interno piuttosto elevati e valori medi della coesione.

3 Campioni prelevati nel "Lotto B" all'interno del rifiuto costituito da marmettola di "marmo-resine"

In questa tipologia di rifiuto sono stati realizzati i sondaggi denominati **S8** e **S9**.

In ogni sondaggio sono state prelevate due fustelle, per un totale di quattro campioni.

Come già descritto nella Relazione analitica, il prelievo dei campioni è stato spesso difficoltoso per l'elevata resistenza offerta dal rifiuto alla penetrazione della fustella Shelby.

Per questo motivo i campioni prelevati sono risultati, talvolta, di lunghezza inferiore a quella del campionatore.

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella Tav. n.1, mentre di seguito sono riassunte le profondità alle quali sono stati prelevati i campioni:

- **Sondaggio S8** campione **C7**: prelevato alla profondità compresa fra **3.0** e **3.5m** dal p.c.
- **Sondaggio S8** campione **C8**: prelevato alla profondità compresa fra **4.7** e **5.2m** dal p.c.
- **Sondaggio S9** campione **C9**: prelevato alla profondità compresa fra **4.6** e **5.1m** dal p.c.
- **Sondaggio S9** campione **C10**: prelevato alla profondità compresa fra **6.0** e **6.5m** dal p.c.

3.1 Analisi granulometrica

Di seguito, nelle tabelle, sono riassunti i risultati ottenuti per i quattro campioni analizzati.

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA MECCANICA

Analisi granulometrica	Diametro setaccio (mm)	C7	C8	C9	C10
% passante totale	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0
	10.000	100.0	100.0	100.0	100.0
	5.000	100.0	100.0	100.0	100.0
	2.000	96.4	97.1	95.9	99.5
	0.420	86.3	83.5	88.3	99.0
Setaccio ASTM N.200	0.075	64.5	61.7	78.0	96.3

Tabella 3.1: Risultati analisi granulometrica per setacciatura

Per questi campioni le percentuali di passante al setaccio ASTM n.200, con maglia da 0.075mm, hanno evidenziato la netta prevalenza della frazione fine su quella grossolana.

Sulla base delle percentuali di passante sopra ricordate e delle dimensioni dei granuli, ottenute tramite il processo di sedimentazione, è stato possibile eseguire una classificazione granulometrica dei campioni.

La classificazione è stata effettuata seguendo le raccomandazioni A.G.I.

Litologia	Campione			
	C7	C8	C9	C10
% Ghiaia	2.9	3.6	4.1	0.5
% Sabbia	42.1	37.7	21.5	7.7
% Limo	47.0	47.8	59.6	73.5
% Argilla	8.0	10.9	14.8	18.3

Tabella 3.2: Classi granulometriche secondo le raccomandazioni A.G.I.

Nella tabella in grassetto viene evidenziata la granulometria preponderante.

L'esame delle percentuali mette in evidenza come i campioni appartengano alla classe granulometrica dei **limi**, seguiti in subordine dalle sabbie, con basse percentuali di argilla.

Sulla base delle percentuali granulometriche sopra riportate i campioni sono così denominati.

Campione C7	"Limo con sabbia debolmente argilloso"
Campione C8	"Limo con sabbia debolmente argilloso"
Campione C9	"Limo sabbioso debolmente argilloso"
Campione C10	"Limo argilloso debolmente sabbioso"

Tabella 3.3: Nomenclatura secondo le raccomandazioni A.G.I.

3.2 Analisi della frazione fine

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti analizzando la frazione fine.

	C7	C8	C9	C10
Umidità naturale (w_n)	23.4	26.8	23.5	21.2
Limite liquido (w_l)	30	29	30	28
Limite plastico (w_p)	25	23	24	24
Indice di plasticità (IP)	5	6	6	4
Indice di consistenza (IC)	1.32	0.37	1.08	1.70
Indice di attività (I_a)	0.62	0.55	0.40	0.21
Classificazione in base a IP	Poco plastico	Poco plastico	Poco plastico	Non plastico
Classificazione in base a IC	Semisolido	Molle plastico	Semisolido	Semisolido
Classificazione in base a I_a	Inattivo	Inattivo	Inattivo	Inattivo

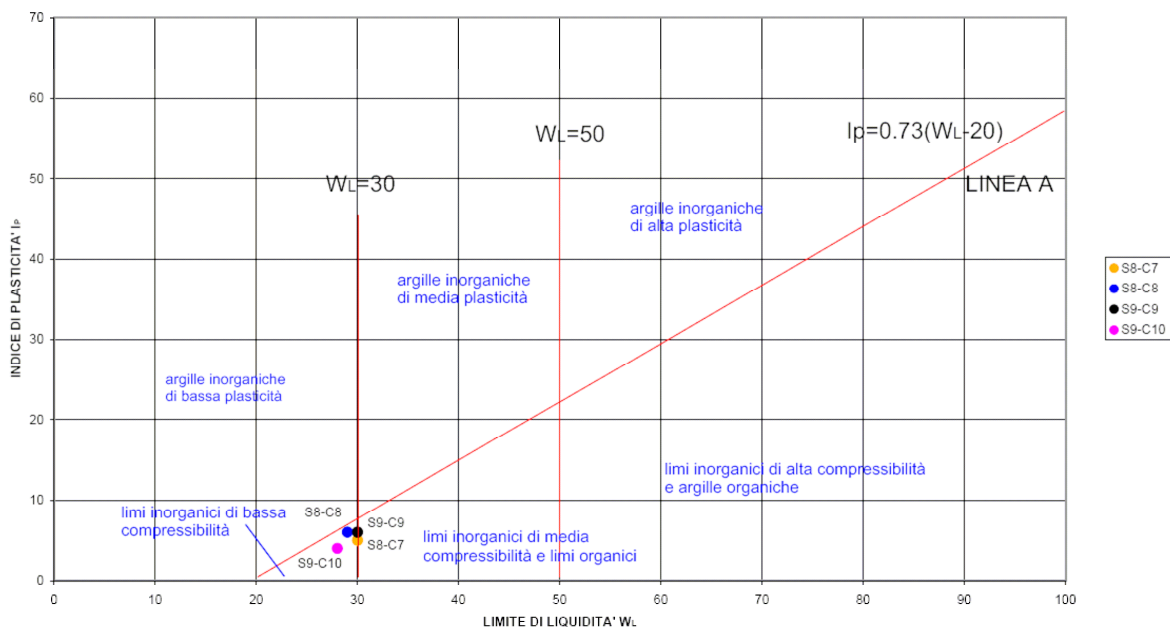
Tabella 3.4: Tabella riassuntiva limiti di Atterberg

Dalla tabella si nota come i rifiuti di questa zona del lotto B, pur essendo costituiti prevalentemente da **limo**, presentano comunque un comportamento variabile da "poco plastico" a "non plastico".

Per quanto riguarda l'indice di consistenza il campione C8 presenta un comportamento "molle-plastico", non riferibile alle caratteristiche geotecniche intrinseche del materiale, ma ad un maggiore contenuto di acqua interstiziale.

3.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande

Tutti i campioni prelevati nella marmettola, costituita da "marmo-resine", ricadono nella Carta di plasticità di Casagrande all'interno del campo dei **"Limi inorganici di bassa compressibilità"**.



3.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti utilizzando la classificazione CNR-UNI 10006.

Campioni	Indice di gruppo I.G.	Gruppo	Classificazione in base a I.G.	Tipo di terreno
C7	6	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C8	5	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C9	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C10	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile

Tabella 2.5: Tabella riassuntiva classificazione CNR-UNI 10006

Questa classificazione mette in risalto che la marmettola, pur essendo costituita prevalentemente da **limo**, presenta un basso valore dell'indice di gruppo e, quindi, una discreta portanza.

3.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche

Su ognuno dei 4 campioni prelevati è stata eseguita una prova edometrica.

Per ottenere un valore caratteristico dei parametri geotecnici di questo rifiuto è stata eseguita una media dei valori, rimandando alla relazione analitica per la visione completa dei risultati di ciascuna prova.

Nella tabella riassuntiva sono riportati solamente i dati relativi agli incrementi di carico e modificate alcune unità di misura per renderle più facilmente correlabili ai parametri generalmente utilizzati in geotecnica.

Incrementi di carico	Variazioni di altezza	Deformazione percentuale	Indice dei vuoti	Indice di compressibilità	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione primaria	Coefficiente di permeabilità	Coefficiente di consolidazione secondaria
σ'_v	δH	ϵ	e	a_v	M	C_v	K	C_α
(Kg/cm ²)	(mm)	(%)		(Kg/cm ²) ⁻¹	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)	(%)
0.254	0.2085	1.0425	0.7683					
0.509	0.3325	1.6625	0.7573	4.368×10^{-4}	43.21	3.14×10^{-3}	3.37×10^{-10}	0.0735
1.019	0.5200	2.6000	0.6950	3.267×10^{-4}	57.88	1.04×10^{-3}	1.85×10^{-10}	0.1047
2.039	0.7663	3.8313	0.7188	2.118×10^{-4}	83.97	1.47×10^{-3}	1.76×10^{-10}	0.1600
4.079	1.0513	5.2563	0.6930	1.207×10^{-4}	144.29	1.81×10^{-3}	2.63×10^{-10}	0.3592
8.157	1.4245	7.1225	0.6569	7.746×10^{-5}	219.56	1.38×10^{-3}	6.38×10^{-11}	0.2610
16.315	1.8453	9.2263	0.6223	4.266×10^{-5}	388.76	1.36×10^{-3}	3.49×10^{-10}	0.3182
32.630	2.3218	11.6088	0.5795	2.353×10^{-5}	690.40	1.27×10^{-3}	1.85×10^{-10}	0.3467

Tabella 3.6: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove edometriche

Le prove mostrano un modulo edometrico che tende a migliorare all'aumentare delle tensioni applicate.

Il coefficiente di consolidazione, piuttosto alto, consente la dissipazione delle sovrappressioni in un tempo abbastanza rapido.

3.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio

Di seguito sono riassunti, in un'unica tabella, i risultati ottenuti dalle quattro prove di taglio eseguite, rimandando alla relazione analitica per la visione completa dei risultati di ciascuna prova.

Campioni	Angolo di attrito interno efficace	Coesione efficace
	(ϕ')	(c')
Sondaggio S8 campione C7	24°	0.295
Sondaggio S8 campione C8	25°	0.235
Sondaggio S8 campione C9	28°	0.260
Sondaggio S8 campione C10	29°	0.230

Tabella 3.7: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove di taglio diretto consolidate drenate (CD).

Le prove hanno fornito valori di angolo di attrito e coesione più bassi rispetto a quelli dei rifiuti misti presenti nel lotto "B".

4 Campioni prelevati nel "Lotto C" all'interno del rifiuto costituito da marmettola di marmo e granito

In questa tipologia di rifiuto sono stati realizzati i sondaggi denominati **S10, S11, S12 e S13**.

In ogni sondaggio sono state prelevate due fustelle per un totale di otto campioni.

Come già descritto nella Relazione analitica, il prelievo dei campioni è stato spesso difficoltoso per l'elevata resistenza offerta dal rifiuto alla penetrazione della fustella Shelby.

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella Tav. n.1, mentre di seguito sono riassunte le profondità alle quali sono stati prelevati i campioni:

- **Sondaggio S10** campione **C11**: prelevato alla profondità compresa fra **3.3** e **3.9m** dal p.c.
- **Sondaggio S10** campione **C12**: prelevato alla profondità compresa fra **8.0** e **8.6m** dal p.c.
- **Sondaggio S11** campione **C13**: prelevato alla profondità compresa fra **2.1** e **2.7m** dal p.c.
- **Sondaggio S11** campione **C14**: prelevato alla profondità compresa fra **4.0** e **4.4m** dal p.c.
- **Sondaggio S12** campione **C15**: prelevato alla profondità compresa fra **3.4** e **4.0m** dal p.c.
- **Sondaggio S12** campione **C16**: prelevato alla profondità compresa fra **6.4** e **7.0m** dal p.c.
- **Sondaggio S13** campione **C17**: prelevato alla profondità compresa fra **2.7** e **3.3m** dal p.c.
- **Sondaggio S13** campione **C18**: prelevato alla profondità compresa fra **7.0** e **7.6m** dal p.c.

4.1 Analisi granulometrica

Nelle tabelle sono riportati i risultati ottenuti per gli otto campioni analizzati.

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA MECCANICA

Analisi granulometrica	Diametro setaccio (mm)	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
% passante totale	25.000	100.0	100.0	94.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	10.000	100.0	97.9	93.8	98.8	100.0	100.0	100.0	98.9
	5.000	100.0	95.7	92.7	97.0	100.0	100.0	97.3	98.2
	2.000	99.7	94.1	91.5	95.8	100.0	98.9	94.4	95.3
	0.420	99.0	89.8	88.3	93.4	99.1	94.8	87.1	86.4
Setaccio ASTM N.200	0.075	95.8	78.0	82.1	72.2	90.0	86.3	75.9	69.7

Tabella 4.1: Risultati analisi granulometrica per setacciatura

Per questi campioni le percentuali di passante al setaccio ASTM n.200, con maglia da 0.075mm, hanno evidenziato, la netta prevalenza della frazione fine su quella grossolana.

Sulla base delle percentuali di passante e delle dimensioni dei granuli, ottenute tramite il processo di sedimentazione, è stato possibile eseguire una classificazione granulometrica dei campioni.

Di seguito si riporta la classificazione eseguita secondo le raccomandazioni A.G.I.

	Campione							
Litologia	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
% Ghiaia	0.3	5.9	8.5	4.2	0.0	1.1	5.6	4.7
% Sabbia	6.4	21.3	13.2	31.2	15.9	16.5	23.4	33.0
% Limo	75.1	61.1	62.7	54.0	70.9	66.3	56.8	54.9
% Argilla	18.2	11.7	15.6	10.6	13.2	16.1	14.2	7.4

Tabella 4.2: Classi granulometriche secondo le raccomandazioni A.G.I.

Nella tabella in grassetto viene evidenziata la granulometria preponderante.

L'esame delle percentuali di ogni classe mette in evidenza come i campioni appartengano alla classe granulometrica dei **limi**.

Sulla base delle percentuali granulometriche sopra riportate i campioni sono così denominati.

Campione C11	"Limo argilloso debolmente sabbioso"
Campione C12	"Limo sabbioso debolmente argilloso e ghiaioso"
Campione C13	"Limo argilloso debolmente sabbioso e ghiaioso"
Campione C14	"Limo con sabbia fine debolmente argilloso"
Campione C15	"Limo sabbioso debolmente argilloso"
Campione C16	"Limo sabbioso e argilloso"
Campione C17	"Limo sabbioso debolmente argilloso e ghiaioso"
Campione C18	"Limo con sabbia fine debolmente argilloso"

Tabella 4.3: Nomenclatura secondo le raccomandazioni A.G.I.

4.2 Analisi della frazione fine

Di seguito sono riassunti, in due tabelle distinte, i risultati ottenuti analizzando la frazione fine.

	C11	C12	C13	C14
Umidità naturale (w_n)	30.5	26.2	26.5	21.1
Limite liquido (w_l)	27	29	29	23
Limite plastico (w_p)	23	24	25	20
Indice di plasticità (IP)	4	5	4	3
Indice di consistenza (IC)	<0	0.56	0.62	0.63
Indice di attività (I_a)	0.22	0.43	0.26	0.28
Classificazione in base a IP	Non plastico	Poco plastico	Non plastico	Non plastico
Classificazione in base a IC	Fluidico	Plastico	Plastico	Plastico
Classificazione in base a I_a	Inattivo	Inattivo	Inattivo	Inattivo

Tabella 4.4.1: Tabella riassuntiva limiti di Atterberg dei primi quattro campioni

	C15	C16	C17	C18
Umidità naturale (w_n)	25.2	27.5	26.4	26.9
Limite liquido (w_l)	26	27.0	29	25
Limite plastico (w_p)	21	23.0	24	23
Indice di plasticità (IP)	5	4	5	2
Indice di consistenza (IC)	0.16	<0	0.52	<0
Indice di attività (I_a)	0.38	0.25	0.35	0.27
Classificazione in base a IP	Poco plastico	Non plastico	Non plastico	Non plastico
Classificazione in base a IC	Fluidico-plastico	Fluidico	Plastico	Fluidico
Classificazione in base a I_a	Inattivo	Inattivo	Inattivo	Inattivo

Tabella 4.4.2: Tabella riassuntiva limiti di Atterberg degli ultimi quattro campioni

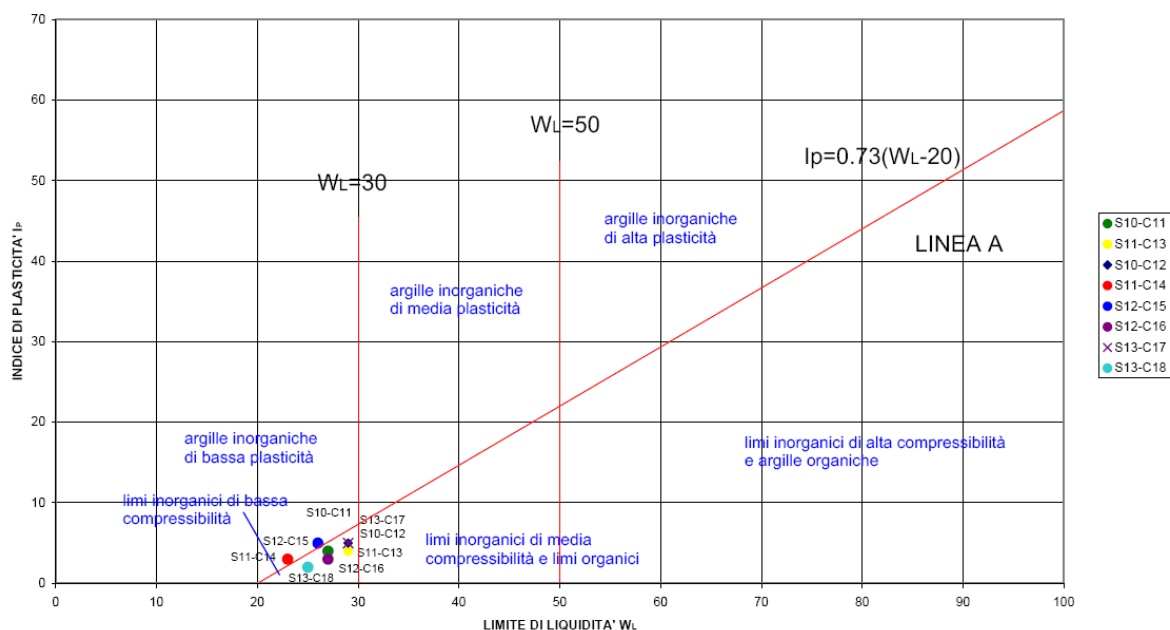
Dalla tabella si nota come la marmettola conferita nel "Lotto C" presenta complessivamente caratteristiche granulometriche leggermente più scadenti rispetto ai terreni presenti nel lotto B.

In particolare, in base all'indice di plasticità, tutti i campioni possono essere definiti come "non plastici" o "poco plastici".

Per quanto riguarda l'indice di consistenza, definito come il grado di compattezza raggiunto dal terreno in rapporto al suo contenuto d'acqua allo stato naturale e non riferibile alle caratteristiche geotecniche intrinseche del materiale, alcuni campioni sono stati classificati come "fluidici", in quanto non hanno ancora avuto il tempo di perdere il proprio contenuto d'acqua interstiziale.

4.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande

Tutti i campioni prelevati nella marmettola, costituita da "marmo-resine", ricadono nella Carta di plasticità di Casagrande all'interno del campo dei **"Limi inorganici di bassa compressibilità"**.



4.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti utilizzando la classificazione CNR-UNI 10006.

Campioni	Indice di gruppo I.G.	Gruppo	Classificazione in base a I.G.	Tipo di terreno
C11	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C12	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C13	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C14	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C15	7	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C16	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C17	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
C18	8	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile

Tabella 4.5: Tabella riassuntiva classificazione CNR-UNI 10006

Anche questa classificazione evidenzia che la marmettola, pur essendo costituita prevalentemente da **limo**, presenta un basso valore dell'indice di gruppo e, quindi, una discreta portanza.

4.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche

Su ognuno degli 8 campioni prelevati nel rifiuto del "Lotto C", costituito da marmettola di marmo e granito, è stata eseguita una prova edometrica.

Per ottenere un valore caratteristico dei parametri geotecnici di questo rifiuto è stata eseguita una media dei valori, rimandando alla relazione analitica per la visione completa dei risultati di ciascuna prova.

Nella tabella riassuntiva sono riportati solamente i dati relativi agli incrementi di carico e modificate alcune unità di misura per renderle di facile lettura e correlabili ai parametri generalmente utilizzati in geotecnica.

Incrementi di carico	Variazioni di altezza	Deformazione percentuale	Indice dei vuoti	Indice di compressibilità	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità	Coefficiente di consolidazione secondaria
σ_v	δH	ε	e	a_v	M	C_v	K	C_α
(Kg/cm ²)	(mm)	(%)		(Kg/cm ²) ⁻¹	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)	(%)
0.254	0.175	0.874	0.820					
0.509	0.330	1.649	0.803	5.5951×10^{-4}	35.9	3.33×10^{-3}	5.06×10^{-10}	0.0976
1.019	0.568	2.839	0.781	4.2451×10^{-4}	45.4	4.51×10^{-3}	1.95×10^{-10}	0.1300
2.039	0.878	4.391	0.753	2.7301×10^{-4}	68.0	5.37×10^{-3}	1.25×10^{-10}	0.1677
4.079	1.273	6.364	0.716	1.7011×10^{-4}	105.7	7.12×10^{-3}	1.00×10^{-10}	0.2078
8.157	1.732	8.658	0.674	1.9218×10^{-4}	181.3	4.99×10^{-3}	4.99×10^{-11}	0.2408
16.315	2.271	11.356	0.625	5.5020×10^{-5}	306.6	3.92×10^{-3}	2.19×10^{-11}	0.2423
32.630	2.896	14.482	0.567	3.0710×10^{-5}	527.7	5.63×10^{-3}	1.45×10^{-11}	0.3480

Tabella 4.6: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove edometriche

Le prove hanno fornito un valore del modulo edometrico che tende a migliorare all'aumentare delle tensioni applicate.

Il coefficiente di consolidazione primaria è invece tale da consentire un rapido dissipamento delle sovrappressioni interstiziali.

4.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio

Di seguito sono riassunti, in un'unica tabella, i risultati ottenuti dalle tre prove di taglio eseguite, rimandando alla relazione analitica per la visione completa dei risultati di ciascuna prova.

Campioni	Angolo di attrito interno efficace	Coesione efficace
	(ϕ')	(c')
Sondaggio S10 campione C11	30°	0.305 kg/cm ²
Sondaggio S10 campione C12	31°	0.190 kg/cm ²
Sondaggio S11 campione C13	27°	0.220 kg/cm ²
Sondaggio S11 campione C14	24°	0.255 kg/cm ²
Sondaggio S12 campione C15	26°	0.325 kg/cm ²
Sondaggio S12 campione C16	23°	0.130 kg/cm ²
Sondaggio S13 campione C17	25°	0.195 kg/cm ²
Sondaggio S13 campione C18	24°	0.080 kg/cm ²

Tabella 4.7: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove di taglio diretto consolidate drenate (CD).

Le prove hanno fornito valori di angolo di attrito e coesione più bassi rispetto a quelli presenti nel lotto "B".

5. Campione prelevato sull'argine del "Lotto C" costituito da marmettola conferita in discarica da diversi anni

Per valutare le caratteristiche granulometriche e geotecniche della marmettola conferita in discarica da diversi anni, è stato prelevato un campione di terreno (**C19**) anche nell'argine del Lotto C, da **0.0** a **0.4m** di profondità.

Il prelievo è stato eseguito con l'ausilio di una benna meccanica, che ha consentito di infiggere la fustella nell'argine, partendo dalla sua sommità.

L'ubicazione della zona di prelievo del campione è sempre riportata nella Tav.n.1.

5.1 Analisi granulometrica

Di seguito, nelle tabelle, sono riportati i risultati ottenuti per il campione analizzato.

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA MECCANICA

Analisi granulometrica	Diametro setaccio (mm)	C19
% passante totale	25.000	100.0
	10.000	100.0
	5.000	100.0
	2.000	97.9
	0.420	82.4
Setaccio ASTM N.200	0.075	60.5

Tabella 5.1: Risultati analisi granulometrica per setacciatura

Anche per questo campione le percentuali di passante al setaccio ASTM n.200, con maglia da 0.075mm, hanno evidenziato la netta prevalenza della frazione fine su quella grossolana.

Sulla base delle percentuali di passante e delle dimensioni dei granuli, ottenute tramite il processo di sedimentazione, è stato possibile eseguire una classificazione granulometrica del campione.

Di seguito si riporta la classificazione effettuata secondo le raccomandazioni A.G.I.

Litologia	C19
% Ghiaia	2.1
% Sabbia	43.8
% Limo	46.4
% Argilla	7.7

Tabella 5.2: Classi granulometriche secondo le raccomandazioni A.G.I.

Sulla base della nomenclatura proposta dall'AGI il campione può essere denominato come "**Limo con sabbia debolmente argilloso**".

5.2 Analisi della frazione fine

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti analizzando la frazione fine.

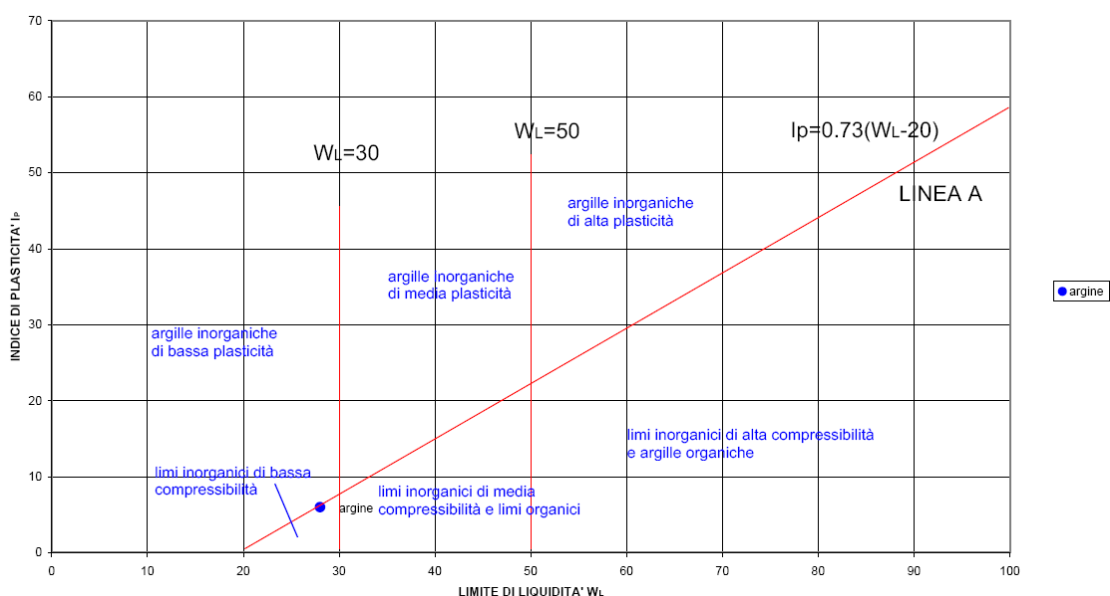
	C19
Umidità naturale (w_n)	19.01
Limite liquido (w_l)	28
Limite plastico (w_p)	22
Indice di plasticità (IP)	6
Indice di consistenza (IC)	1.498
Indice di attività (I_a)	0.78
Classificazione in base a IP	Poco plastico
Classificazione in base a IC	Semisolido
Classificazione in base a I_a	Normale

Tabella 5.3: Tabella riassuntiva limiti di Atterberg

Le analisi eseguite su questo campione hanno evidenziato che, con il tempo, la consistenza del rifiuto costituito da marmettola, aumenta notevolmente, raggiungendo un comportamento simile a quello di un materiale pressoché litificato.

5.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande

Il campione prelevato sull'argine del Lotto C ricade, nella Carta di plasticità di Casagrande, all'interno del campo dei "**Limi inorganici di bassa compressibilità**".



5.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti utilizzando la classificazione CNR-UNI 10006.

Campione	Indice di gruppo I.G.	Gruppo	Classificazione in base a I.G.	Tipo di terreno
C19	5	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile

Tabella 5.5: Tabella riassuntiva classificazione CNR-UNI 10006

Anche questa classificazione evidenzia che la marmettola che costituisce l'argine, pur essendo costituita prevalentemente da **limo**, presenta un basso valore dell'indice di gruppo e, quindi, una discreta portanza.

5.5 Risultati ottenuti dalla prova edometrica

Nella tabella riassuntiva di seguito riportata sono elencati solamente i dati relativi agli incrementi di carico e modificate alcune unità di misura per renderle più facilmente correlabili ai parametri generalmente utilizzati in geotecnica.

Incrementi di carico	Variazioni di altezza	Deformazione percentuale	Indice dei vuoti	Indice di compressibilità	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione primaria	Coefficiente di permeabilità	Coefficiente di consolidazione secondaria
σ_v	δH	ε	e	a_v	M	C_v	K	C_α
(Kg/cm ²)	(mm)	(%)		(Kg/cm ²) ⁻¹	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)	(%)
0.254	0.212	1.060	0.657					
0.509	0.322	1.610	0.648	3.625×10^{-4}	46.3			
1.019	0.436	2.180	0.638	1.868×10^{-4}	89.4	1.65×10^{-2}	1.85×10^{-9}	0.047
2.039	0.581	2.905	0.626	1.179×10^{-4}	140.6	1.41×10^{-2}	1.00×10^{-9}	0.093
4.079	0.752	3.760	0.612	6.890×10^{-5}	238.5	2.11×10^{-2}	8.85×10^{-10}	0.116
8.157	1.008	5.040	0.590	5.089×10^{-5}	318.7	1.61×10^{-2}	5.05×10^{-10}	0.160
16.315	1.347	6.735	0.562	3.309×10^{-5}	481.3	1.09×10^{-2}	2.27×10^{-10}	0.202
32.630	1.848	9.240	0.520	2.380×10^{-5}	651.3	1.45×10^{-2}	2.23×10^{-10}	0.335

Tabella 5.6: Tabella riassuntiva dei risultati della prova edometrica

La prova ha fornito un valore di modulo edometrico che tende a migliorare all'aumentare delle tensioni applicate, evidenziando un comportamento simile a quello della marmettola presente in discarica da poco tempo.

Il coefficiente di consolidazione primaria è piuttosto alto e consente una rapida evoluzione del cedimento nel tempo.

5.6 Risultati ottenuti dalla prova di taglio

Sul campione prelevato sull'argine del Lotto C è stata eseguita la prova di taglio i cui risultati sono di seguito riportati:

Campione	Angolo di attrito interno efficace	Coesione efficace
	(ϕ')	(c')
Prelievo sull'argine campione C19	33°	0.305 kg/cm ²

Tabella 4.7: Tabella riassuntiva del risultato della prova di taglio diretto consolidata drenata (CD).

La prova ha mostrato valori dell'angolo di attrito intermedi fra quelli del rifiuto misto presente nel Lotto B e quelli della marmettola conferita nel Lotto C.

6 Campioni prelevati all'interno delle miscele predisposte nell'impianto autorizzato di Fossadello di Caorso

Come dettagliatamente riportato nella relazione analitica, nell'impianto "Furia" di Fossadello di Caorso, sono state preparate due ipotetiche miscele di rifiuto, utilizzando le tipologie di terreni richieste nei nuovi codici.

All'interno di ogni miscela sono stati prelevati, con il penetrometro utilizzato per effettuare le prove statiche, due campioni su ciascuna miscela.

I campioni sono stati prelevati infiggendo una fustella tipo "Shelby", a partire dalla sommità del cumulo, utilizzando la spinta del penetrometro.

- **Miscela n.1** campione **C1**: prelevato alla profondità compresa fra **0.0** e **0.6** dal p.c.
- **Miscela n.1** campione **C2** prelevato alla profondità compresa fra **0.0** e **0.6** dal p.c.
- **Miscela n.2** campione **C1**: prelevato alla profondità compresa fra **0.0** e **0.6** dal p.c.
- **Miscela n.2** campione **C2** prelevato alla profondità compresa fra **0.0** e **0.6** dal p.c.

6.1 Analisi granulometrica

Nelle successive tabelle sono riassunti i risultati ottenuti per i quattro campioni analizzati.

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA MECCANICA

Analisi granulometrica	Diametro setaccio (mm)	M1 C1	M1 C2	M2 C1	M2 C1
% passante totale	25.000	100.0	100.0	100.0	84.2
	10.000	95.3	93.8	90.2	77.7
	5.000	91.0	91.4	87.3	74.4
	2.000	87.5	89.0	84.4	71.7
	0.420	80.7	83.6	77.5	64.6
Setaccio ASTM N.200	0.075	57.3	59.5	45.4	44.8

Tabella 6.1: Risultati analisi granulometrica per setacciatura

Per i campioni prelevati nella miscela n.1 le percentuali di passante al setaccio ASTM n.200, con maglia da 0.075mm, hanno evidenziato la prevalenza della frazione fine su quella grossolana.

Per i campioni prelevati nella miscela n.2, invece, si è riscontrata la prevalenza della frazione grossolana su quella fine.

Sulla base delle percentuali di passante sopra ricordate e delle dimensioni dei granuli, ottenute tramite il processo di sedimentazione, è stato possibile eseguire una classificazione granulometrica dei campioni.

Data la presenza di un'elevata percentuale di sabbia, questa classe è stata ulteriormente distinta in **sabbia grossa** (diametro dei grani compreso tra 0.5 e 2.0mm), **sabbia media** (diametro dei grani compreso tra 0.25 e 2.0mm) e **sabbia fine** (diametro dei grani compreso tra 0.06 e 0.25mm).

Litologia	M1 C1		M1 C2		M2 C1		M2 C3	
% Ghiaia	12.5		11.0		15.6		28.3	
% Sabbia grossa	31.9	8.5	33.6	6.0	47.6	6.4	33.6	7.0
% Sabbia media		5.0		5.0		10.0		6.0
% Sabbia fine		18.4		22.6		31.2		20.6
% Limo	45.9		45.3		30.0		31.4	
% Argilla	9.7		10.1		6.8		6.7	

Tabella 6.2: Classi granulometriche secondo le raccomandazioni A.G.I.

Nella tabella in grassetto viene evidenziata la granulometria preponderante.

L'esame delle percentuali mette in evidenza come la prima miscela sia costituita da terreni appartenenti principalmente alla classe granulometrica dei **limi**, mentre nella seconda siano prevalenti le **sabbie**.

Sulla base delle percentuali granulometriche sopra riportate i campioni sono così denominati.

Campione M1 C1	"Limo con sabbia fine debolmente ghiaioso e argilloso"
Campione M1 C2	"Limo con sabbia fine debolmente ghiaioso e argilloso"
Campione M2 C1	"Sabbia fine con limo debolmente ghiaiosa e argillosa"
Campione M2 C2	"Sabbia fine con limo debolmente ghiaiosa e argillosa"

Tabella 6.3: Nomenclatura secondo le raccomandazioni A.G.I.

6.2 Analisi della frazione fine

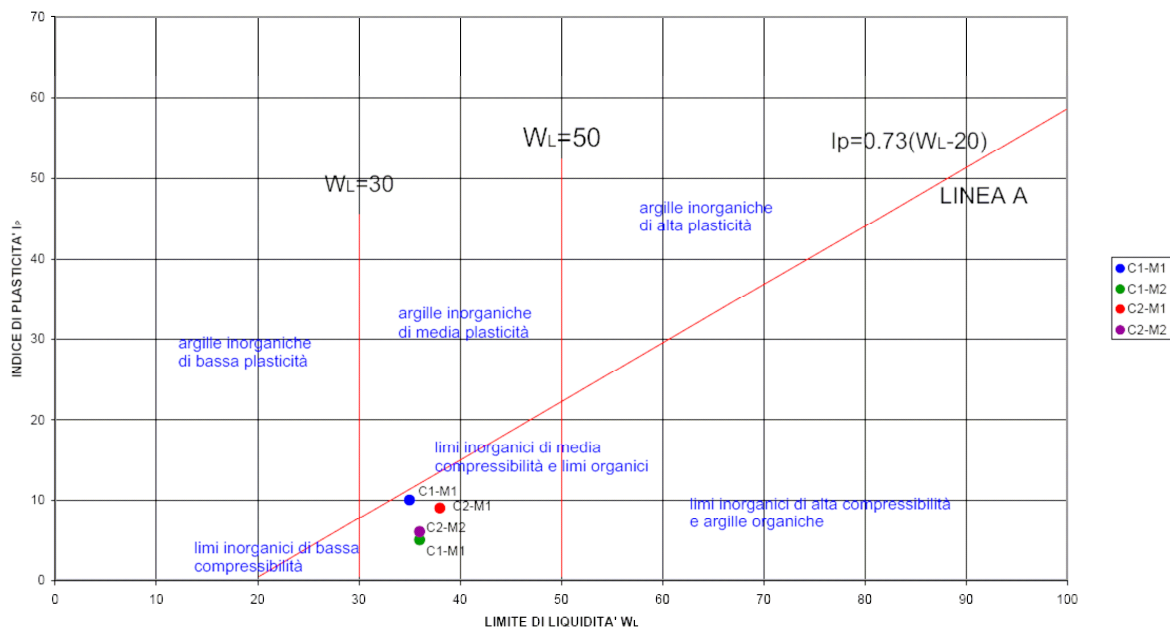
Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti analizzando la frazione fine.

	M1 C1	M1 C2	M2 C1	M2 C2
Umidità naturale (w_n)	28.3	27.0	26.8	26.7
Limite liquido (w_l)	35	38	36	36
Limite plastico (w_p)	25	29	31	30
Indice di plasticità (IP)	10	9	5	6
Indice di consistenza (IC)	0.67	1.22	1.84	1.55
Indice di attività (I_a)	1.0	0.89	0.73	0.89
Classificazione in base a IP	Poco plastico	Poco plastico	Poco plastico	Poco plastico
Classificazione in base a IC	Plastico	Semisolido	Semisolido	Semisolido
Classificazione in base a I_a	Normale	Normale	Inattivo	Normale

Tabella 6.4: Tabella riassuntiva limiti di Atterberg

6.3 Classificazione secondo la Carta di plasticità di Casagrande

I campioni prelevati nelle "miscele" ricadono, nella Carta di plasticità di Casagrande, all'interno del campo dei **"Limi inorganici di media compressibilità"**.



6.4 Classificazione secondo le Norme CNR-UNI 10006

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti utilizzando la classificazione CNR-UNI 10006.

Campioni	Indice di gruppo I.G.	Gruppo	Classificazione in base a I.G.	Tipo di terreno
M1 C1	4	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
M1 C2	5	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
M2 C1	2	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile
M2 C2	2	A4	Terreno mediocre	Limo poco compressibile

Tabella 6.5: Tabella riassuntiva classificazione CNR-UNI 10006

Con questa classificazione entrambe le miscele rientrano all'interno dei **limi** poco compressibili.

Le analisi eseguite su tutti i campioni hanno permesso di attribuire indici di gruppo bassi e, quindi, discreti valori di portanza.

6.5 Risultati ottenuti dalle prove edometriche

Su ogni miscela sono stati prelevati due campioni, per ognuno dei quali è stata eseguita la prova edometrica.

Dato che le due miscele sono risultate costituite da terreni granulometricamente differenti, nelle seguenti tabelle sono stati mediati i risultati di ciascuna miscela.

Come in precedenza sono riportati i dati relativi agli incrementi di carico e modificate alcune unità di misura per renderle più facilmente correlabili ai parametri generalmente utilizzati in geotecnica.

Incrementi di carico	Variazioni di altezza	Deformazione percentuale	Indice dei vuoti	Indice di compressibilità	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità	Coefficiente di consolidazione secondaria
σ'_v	δH	ϵ	e	a_v	M	C_v	K	C_α
(Kg/cm ²)	(mm)	(%)		(Kg/cm ²) ⁻¹	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)	(%)
0.254	0.1220	0.6100	0.7255					
0.509	0.2185	1.0925	0.7170	3.852×10^{-4}	54.4	4.75×10^{-3}	1.05×10^{-9}	0.0150
1.019	0.4440	2.2200	0.6970	3.658×10^{-4}	45.3	4.96×10^{-3}	1.09×10^{-9}	0.0600
2.039	0.7355	3.6775	0.6720	2.416×10^{-4}	70.0	7.29×10^{-3}	1.04×10^{-9}	0.1125
4.079	1.1090	5.5450	0.6400	1.520×10^{-4}	109.2	4.98×10^{-3}	4.56×10^{-10}	0.1285
8.157	1.5535	7.7675	0.6010	8.671×10^{-5}	183.6	4.45×10^{-3}	2.43×10^{-10}	0.1940
16.315	2.1455	10.7275	0.6495	5.670×10^{-5}	275.6	3.58×10^{-3}	1.30×10^{-10}	0.1665
32.630	2.8615	14.3060	0.4875	3.184×10^{-5}	456.4	9.77×10^{-3}	2.15×10^{-10}	0.3530

Tabella 6.6.1: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove edometriche della Miscela n.1

Incrementi di carico	Variazioni di altezza	Deformazione percentuale	Indice dei vuoti	Indice di compressibilità	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità	Coefficiente di consolidazione secondaria
σ'_v	δH	ϵ	e	a_v	M	C_v	K	C_α
(Kg/cm ²)	(mm)	(%)		(Kg/cm ²) ⁻¹	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)	(%)
0.254	0.054	0.268	0.771					
0.509	0.083	0.415	0.769	1.043×10^{-4}	188.5			
1.019	0.170	0.848	0.761	1.520×10^{-4}	147.0	5.16×10^{-3}	5.51×10^{-10}	0.027
2.039	0.327	1.633	0.747	1.368×10^{-4}	146.6	8.69×10^{-3}	7.15×10^{-10}	0.077
4.079	0.586	2.930	0.725	1.118×10^{-4}	157.9	3.35×10^{-3}	2.18×10^{-10}	0.082
8.157	0.914	4.570	0.695	6.948×10^{-5}	248.7	4.06×10^{-3}	1.64×10^{-10}	0.132
16.315	1.453	7.173	0.649	5.364×10^{-5}	313.5	3.80×10^{-3}	1.21×10^{-10}	0.158
32.630	2.159	10.795	0.585	3.587×10^{-5}	450.4	7.35×10^{-3}	1.63×10^{-10}	0.280

Tabella 6.6.2: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove edometriche della Miscela n.2

Le prove hanno fornito valori di modulo edometrico che tendono a migliorare all'aumentare delle tensioni applicate.

Il coefficiente di permeabilità, nonostante la granulometria maggiore, è risultato invece leggermente inferiore a causa di una maggiore compattazione.

6.6 Risultati ottenuti dalle prove di taglio

Su ciascun campione è stata eseguita la prova di taglio, per un totale di 4 prove.

Di seguito sono riportati i parametri di resistenza al taglio ottenuti, rimandando alla relazione analitica per la visione completa dei risultati di ciascuna prova.

Campioni	Angolo di attrito interno efficace	Coesione efficace
	(ϕ')	(c')
Miscela N.1 campione C1	34°	0.183 kg/cm ²
Miscela N.1 campione C2	37°	0.188 kg/cm ²
Miscela N.2 campione C1	36°	0.242 kg/cm ²
Miscela N.2 campione C2	35°	0.203 kg/cm ²

Tabella 6.7: Tabella riassuntiva dei risultati delle prove di taglio diretto consolidate drenate (CD).

I risultati delle prove mostrano angoli di attrito interno piuttosto elevati e valori medi della coesione.

7.1 Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti misti presenti all'interno del "Lotto B"

7.1.1 Caratteristiche granulometriche

In questa tipologia di rifiuto si trovano frammisti i materiali inerti derivanti dagli scarti dell'edilizia insieme a marmettola di varia provenienza.

La descrizione macroscopica dei campioni prelevati tramite le fustelle riporta quanto segue:

Descrizione: materiale ghiaioso, sabbioso, limoso contenente frammenti di vetro, laterizi (mattoni e piastrelle) calcestruzzo e plastica.

Dal punto di vista granulometrico i campioni appartengono prevalentemente alla classe delle "sabbie", seguite in subordine dalle ghiaie e dai limi.

Le percentuali di argilla sono quasi sempre molto basse e prossime al 5%; di conseguenza il comportamento di questo rifiuto è più simile a quello di un terreno granulare che non a quello di un terreno coesivo.

L'analisi della frazione fine mostra infatti un comportamento non plastico o al limite poco plastico.

7.1.2 Caratteristiche geotecniche

Su questa tipologia di rifiuto sono state eseguite, su sei campioni, analisi di classificazione granulometrica mentre la prova edometrica e quella di taglio sono state realizzate su tre miscele ricostruite in laboratorio.

Nelle tabelle riassuntive, per fornire un'indicazione di massima sulle proprietà geotecniche del rifiuto, sono riportati i valori medi ottenuti dall'elaborazione di tutti i campioni.

Le analisi eseguite su questi materiali, presenti in discarica già da diversi anni e con natura prevalentemente granulare, hanno evidenziato un comportamento tale da essere assimilabili ad un terreno pressoché litificato.

Rifiuto misto

Descrizione litologica media: "Sabbia fine ghiaiosa e limosa debolmente argillosa"

Risultati analisi di laboratorio eseguite dalla Società "**Tecno Piemonte**"

Peso di volume umido medio	(γ_u)	=	1.846	t/m ³
Peso di volume secco medio	(γ_s)	=	1.42	t/m ³
Contenuto d'acqua allo stato naturale medio	(W)	=	29.43	%
Porosità totale media	(n_{tot})	=	47.6	%
Indice dei vuoti medio	(e)	=	0.93	
Grado di saturazione medio	(S_n)	=	89.3	%
Angolo di attrito interno efficace medio (ricavato da prova di taglio CD)	(ϕ')	=	38°	
Coesione efficace drenata media (ricavata da prova di taglio CD)	(c')	=	0.348	kg/cm ²

Tabella 7.1.1: Tabella riassuntiva dei principali parametri geotecnici

I parametri ottenuti dalla prova edometrica sono risultati variabili in funzione delle diverse pressioni a cui sono stati soggetti i provini durante la fase di carico.

Nella seguente tabella sono riassunti i parametri più importanti in funzione degli incrementi di carico a cui sono stati sottoposti i campioni.

Incrementi di carico	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità
σ_v	M	C_v	K
(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)
0.254			
0.509	307.8	1.44×10^{-3}	1.41×10^{-10}
1.019	154.2	5.84×10^{-3}	4.75×10^{-10}
2.039	150.5	3.02×10^{-3}	2.49×10^{-10}
4.079	239.3	2.74×10^{-3}	1.38×10^{-10}
8.157	357.1	2.39×10^{-3}	7.70×10^{-11}
16.315	392.0	1.88×10^{-3}	1.88×10^{-10}
32.630	506.5	6.01×10^{-3}	2.06×10^{-10}

Tabella 7.1.2: Tabella riassuntiva dei principali parametri ricavati dalle prove edometriche

I risultati delle prove mostrano un modulo edometrico generalmente elevato ed un coefficiente di consolidazione che consente un andamento delle sovrappressioni abbastanza rapido nel tempo.

L'andamento delle prove edometriche ed il grado di consistenza riscontrato nei campioni analizzati, permettono di asserire che questo rifiuto potrà essere soggetto, nelle successive fasi operative della discarica, ad assestamenti molto limitati.

Il coefficiente di permeabilità ricavato invece, nonostante la natura prevalentemente granulare del rifiuto, è risultato piuttosto basso, a causa della notevole compattazione subita nel tempo.

7.1.3 Risultati della prova penetrometrica statica eseguita precedentemente

Nel mese di Luglio 2008 su questa tipologia di rifiuto era stata realizzata una prova penetrometrica statica i cui risultati possono essere come di seguito riassunti.

Prova penetrometrica statica n.4 (rifiuti depositati in discarica da circa due anni)

- fino a 1.6m di profondità è presente un detrito in matrice limo-argillosa con sabbia e ghiaia; l'elevata resistenza incontrata è probabilmente legata all'essiccamento, al co-stipamento dovuto al passaggio di automezzi pesanti ed alla presenza di frazioni a granulometria più grossolana;
- da 1.6m fino alla profondità di 2.6m, invece, è stato attraversato uno strato di marmettola, costituito da limo argilloso, con caratteristiche geotecniche più scadenti.

In questo tipo di marmettola, caratterizzata da una forte componente coesiva, diversa da quella presente alla profondità a cui sono stati prelevati i campioni, la prova ha fornito i seguenti parametri:

Parametri strumentali prova penetrometrica n.4

Coefficiente di compressibilità di volume	(m_v)	=	0.0192	cmq/kg
Modulo edometrico	(E_d)	=	52	kg/cmq
Angolo di attrito interno	(ϕ)	=	34°	
Coesione non drenata	(c)	=	0.68	kg/cmq

7.2 Caratterizzazione geotecnica del rifiuto costituito da marmettola di "marmo-resine" presente all'interno del "Lotto B"

7.2.1 Caratteristiche granulometriche

In questa tipologia di rifiuto si trova principalmente marmettola.

La descrizione macroscopica dei campioni prelevati tramite le fustelle riporta quanto segue:

Descrizione: matrice limo-sabbiosa con subordinata frazione argillosa e rara ghiaia.

Dal punto di vista granulometrico i campioni appartengono alla classe dei "Limi", seguiti in subordine dalle sabbie.

La percentuale di argilla è compresa tra il 10 ed il 20%, mentre quella della ghiaia è sempre inferiore al 5%.

In questo caso il comportamento del rifiuto è più simile ad un terreno coesivo che non ad uno granulare.

L'analisi della frazione fine mostra un comportamento poco plastico.

Anche questi rifiuti presentano una consistenza tale da essere assimilabili ad un terreno pressoché litificato; l'elevata compattezza è stata osservata anche durante il prelievo dei campioni, che è risultato estremamente difficoltoso.

7.1.2 Caratteristiche geotecniche

Su questa tipologia di rifiuto le prove sono state eseguite su tutti i quattro campioni prelevati.

Nelle tabelle riassuntive, per fornire un'indicazione di massima sulle proprietà geotecniche del rifiuto, sono riportati i valori medi ottenuti dall'elaborazione di tutti i campioni.

Rifiuto costituito da marmettola di marmo-resine

Descrizione litologica media: "Limo sabbioso debolmente argilloso"

Risultati analisi di laboratorio eseguite dalla Società "**Tecno Piemonte**"

Peso di volume umido medio	(γ_u)	=	1.89	t/m ³
Peso di volume secco medio	(γ_s)	=	1.53	t/m ³
Contenuto d'acqua allo stato naturale medio	(W)	=	23.72	%
Porosità totale media	(n_{tot})	=	0.44	%
Indice dei vuoti medio	(e)	=	0.79	
Grado di saturazione medio	(S_n)	=	82.0	%
Angolo di attrito interno efficace medio (ricavato da prova di taglio CD)	(ϕ')	=	26°	
Coesione efficace drenata media (ricavata da prova di taglio CD)	(c')	=	0.255	kg/cm ²

Tabella 7.1.1: Tabella riassuntiva dei principali parametri geotecnici

Per quanto riguarda i parametri ottenuti dalla prova edometrica questi sono risultati variabili in funzione delle diverse pressioni a cui sono stati soggetti i provini durante la fase di carico.

Di conseguenza nella seguente tabella sono stati riportati i parametri più importanti in funzione degli incrementi di carico a cui sono stati sottoposti i campioni.

Incrementi di carico	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità
σ_v	M	C_v	K
(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)
0.254			
0.509	43.21	3.14 x 10⁻³	3.37 x 10 ⁻¹⁰
1.019	57.88	1.04 x 10⁻³	1.85 x 10 ⁻¹⁰
2.039	83.97	1.47 x 10⁻³	1.76 x 10 ⁻¹⁰
4.079	144.29	1.81 x 10⁻³	2.63 x 10 ⁻¹⁰
8.157	219.56	1.38 x 10⁻³	6.38 x 10 ⁻¹¹
16.315	388.76	1.36 x 10⁻³	3.49 x 10 ⁻¹⁰
32.630	690.40	1.27 x 10⁻³	1.85 x 10 ⁻¹⁰

Tabella 7.1.2: Tabella riassuntiva dei principali parametri ricavati dalle prove edometriche

L'andamento delle prove edometriche ed il grado di consistenza riscontrato nei campioni analizzati, permettono di asserire che questo rifiuto potrà essere soggetto, nelle successive fasi operative della discarica, a limitati assestamenti.

L'alto valore del coefficiente di consolidazione consente di affermare che questi assestamenti si esauriranno in breve tempo.

Il coefficiente di permeabilità ricavato è risultato basso.

7.3 Caratterizzazione geotecnica del rifiuto, costituito da marmettola di marmo e granito, presente all'interno del "Lotto C"

7.3.1 Caratteristiche granulometriche

In questa tipologia di rifiuto si trova principalmente marmettola.

La descrizione macroscopica dei campioni prelevati tramite le fustelle riporta quanto segue:

Descrizione: matrice limo-sabbiosa-argillosa e rara ghiaia con alternanze di lenti e livelli di colore grigio scuro, grigio chiaro e bianco.

Dal punto di vista granulometrico i campioni appartengono prevalentemente alla classe dei "Limi", ed in subordine a quelle delle sabbie e delle argille.

Le percentuali di argilla sono comprese tra il 10 ed il 20%, mentre quella della ghiaia è quasi sempre inferiore al 5%.

In questo caso il comportamento del rifiuto è più simile ad un terreno coesivo che non ad uno granulare

L'analisi della frazione fine mostra un comportamento variabile dal poco plastico al non plastico.

Per quanto riguarda l'indice di consistenza, definito come il grado di compattezza raggiunto dal terreno in rapporto al suo contenuto d'acqua allo stato naturale e non riferibile alle caratteristiche geotecniche intrinseche del materiale, la maggior parte dei campioni sono stati classificati come "plastici", mentre altri sono risultati "fluidi", in quanto non hanno ancora avuto il tempo di perdere il proprio contenuto d'acqua interstiziale.

7.3.2 Caratteristiche geotecniche

Su questa tipologia di rifiuto le prove sono state eseguite su tutti gli otto campioni prelevati.

Nelle tabelle riassuntive, per fornire un'indicazione di massima sulle proprietà geotecniche del rifiuto, sono riportati i valori medi ottenuti dall'elaborazione di tutti i campioni.

Rifiuto costituito da marmettola di marmo e granito

Descrizione litologica media: "Limo sabbioso e argilloso"

Risultati analisi di laboratorio eseguite dalla Società "**Tecno Piemonte**"

Peso di volume umido medio	(γ_u)	=	1.93	t/m ³
Peso di volume secco medio	(γ_s)	=	1.50	t/m ³
Contenuto d'acqua allo stato naturale medio	(W)	=	26.3	%
Porosità totale media	(n_{tot})	=	0.45	%
Indice dei vuoti medio	(e)	=	0.83	
Grado di saturazione medio	(S_n)	=	95.1	%
Angolo di attrito interno efficace medio (ricavato da prova di taglio CD)	(ϕ')	=	26°	
Coesione efficace drenata media (ricavata da prova di taglio CD)	(c')	=	0.21	kg/cm ²

Tabella 7.3.1: Tabella riassuntiva dei principali parametri geotecnici

I parametri ottenuti dalla prova edometrica sono risultati variabili in funzione delle diverse pressioni a cui sono stati soggetti i provini, durante la fase di carico.

Nella seguente tabella sono riportati i parametri più importanti, in funzione degli incrementi di carico a cui sono stati sottoposti i campioni.

Incrementi di carico	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità
σ'_v	M	C_v	K
(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)
0.254			
0.509	35.9	3.33×10^{-3}	5.06×10^{-10}
1.019	45.4	4.51×10^{-3}	1.95×10^{-10}
2.039	68.0	5.37×10^{-3}	1.25×10^{-10}
4.079	105.7	7.12×10^{-3}	1.00×10^{-10}
8.157	181.3	4.99×10^{-3}	4.99×10^{-11}
16.315	306.6	3.92×10^{-3}	2.19×10^{-11}
32.630	527.7	5.63×10^{-3}	1.45×10^{-11}

Tabella 7.3.2: Tabella riassuntiva dei principali parametri ricavati dalle prove edometriche

L'andamento delle prove edometriche ed il grado di consistenza riscontrato nei campioni analizzati, permettono di asserire che questo rifiuto potrà essere soggetto, nelle successive fasi operative della discarica, a limitati assestamenti.

L'alto valore del coefficiente di consolidazione consente di affermare che questi assestamenti si esauriranno in breve tempo.

Il coefficiente di permeabilità ricavato è risultato piuttosto basso.

7.3.3 Risultati delle prove penetrometriche statiche eseguite precedentemente

Nel mese di Luglio 2008 su questa tipologia di rifiuto sono state realizzate tre prove penetrometriche i cui risultati possono essere come di seguito riassunti.

Prova penetrometrica statica n.1 (eseguita su marmettola depositata da circa un mese)

- la prova ha attraversato marmettola, costituita da limo sabbioso e argilloso, non ancora compattata, con scadenti caratteristiche geotecniche; in alcuni tratti la resistenza all'avanzamento della punta è risultata talmente bassa da essere correlabile con argille organiche.

Prova penetrometrica statica n.2 (eseguita su marmettola depositata da circa due mesi)

- fino a 0.6m di profondità è presente un livello di marmettola più compatto, formatosi probabilmente in seguito all'essiccamento ed all'azione di costipamento provocata dal transito di automezzi pesanti;
- da 0.6m fino a termine prova, alla profondità di 3.4m, è stato attraversato uno strato di marmettola, costituito da limo sabbioso e argilloso, non ancora compattata, con caratteristiche geotecniche leggermente migliori rispetto a quelle della prova precedente.

Prova penetrometrica statica n.3 (eseguita su marmettola depositata da oltre un anno)

- in questa prova la marmettola, costituita da limo sabbioso e argilloso, ha offerto una notevole resistenza all'avanzamento della punta dello strumento fino ad impedire, alla profondità di 1.6m, la sua prosecuzione.

Di seguito, per ogni terreno indagato, sono riportati e confrontati, con particolare riferimento ai parametri di resistenza al taglio (angolo di attrito interno e coesione), i risultati ottenuti dall'elaborazione delle prove penetrometriche.

Parametri strumentali prova n.1 eseguita sulla marmettola depositata da circa 1 mese

Coefficiente di compressibilità di volume	(m_v)	=	0.0370	cmq/kg
Modulo edometrico	(E_d)	=	27	kg/cmq
Angolo di attrito interno	(ϕ)	=	28°	
Coesione non drenata	(c)	=	0.25	kg/cmq

Parametri strumentali prova n.2 eseguita sulla marmettola depositata da circa 2 mesi

Coefficiente di compressibilità di volume	(m_v)	=	0.0222	cmq/kg
Modulo edometrico	(E_d)	=	45	kg/cmq
Angolo di attrito interno	(ϕ)	=	31°	
Coesione non drenata	(c)	=	0.57	kg/cmq

Parametri strumentali prova penetrometrica n.3 eseguita sulla marmettola depositata da oltre un anno

Coefficiente di compressibilità di volume	(m_v)	=	0.00315	cmq/kg
Modulo edometrico	(E_d)	=	317	kg/cmq
Angolo di attrito interno	(ϕ)	=	42°	
Coesione non drenata	(c)	=	3.5	kg/cmq

L'esame dei risultati ottenuti mostra un notevole miglioramento delle caratteristiche geotecniche nel tempo.

I rifiuti di marmettola, infatti, giungono in discarica ricchi di umidità e subiscono nel tempo un processo di consolidazione che ne migliora sensibilmente le caratteristiche geotecniche e li rende estremamente compatti.

Pertanto questo rifiuto non potrà più subire, nel tempo, significativi assestamenti.

7.4 Caratterizzazione geotecnica del rifiuto che costituisce l'argine del "Lotto C" (marmettola conferita in discarica da diversi anni)

7.4.1 Caratteristiche granulometriche

In questa tipologia di rifiuto si trova principalmente marmettola.

La descrizione macroscopica del campione riporta quanto segue:

Descrizione: matrice limo-sabbiosa con subordinata frazione argillosa e rara ghiaia.

Dal punto di vista granulometrico il campione può essere classificato come un "Limo con sabbia debolmente argilloso"; il suo comportamento è, quindi, più simile a quello di un terreno coesivo che non ad uno granulare.

L'analisi della frazione fine mostra un comportamento poco plastico.

In base all'indice di consistenza ottenuto il rifiuto mostra un comportamento tale da essere assimilabile ad un terreno pressoché litificato.

L'elevata compattezza del terreno è stata osservata anche durante il prelievo del campione con la benna dell'escavatore, che ha addirittura causato la deformazione della fustella Shelby.

7.4.2 Caratteristiche geotecniche

Su questa tipologia di rifiuto è stato prelevato un solo campione, le cui principali caratteristiche geotecniche sono riportate nelle seguenti tabelle riassuntive.

Rifiuto costituito da marmettola conferita in discarica da diversi anni

Descrizione litologica media: "Limo con sabbia debolmente argilloso"

Risultati analisi di laboratorio eseguite dalla Società "**Tecno Piemonte**"

Peso di volume umido medio	(γ_u)	=	1.945	t/m ³
Peso di volume secco medio	(γ_s)	=	1.634	t/m ³
Contenuto d'acqua allo stato naturale medio	(W)	=	19.2	%
Porosità totale media	(n_{tot})	=	0.40	%
Indice dei vuoti medio	(e)	=	0.67	
Grado di saturazione medio	(S_n)	=	77.1	%
Angolo di attrito interno efficace medio (ricavato da prova di taglio CD)	(ϕ')	=	33°	
Coesione efficace drenata media (ricavata da prova di taglio CD)	(c')	=	0.305	kg/cm ²

Tabella 7.4.1: Tabella riassuntiva dei principali parametri geotecnici

I parametri ottenuti dalla prova edometrica sono risultati variabili in funzione delle diverse pressioni a cui è stato soggetto il provino durante la fase di carico.

Nella seguente tabella sono riportati i parametri più importanti in funzione degli incrementi di carico.

Incrementi di carico	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità
σ_v	M	C_v	K
(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)
0.254			
0.509	46.3		
1.019	89.4	1.65×10^{-2}	1.85×10^{-9}
2.039	140.6	1.41×10^{-2}	1.00×10^{-9}
4.079	238.5	2.11×10^{-2}	8.85×10^{-10}
8.157	318.7	1.61×10^{-2}	5.05×10^{-10}
16.315	481.3	1.09×10^{-2}	2.27×10^{-10}
32.630	651.3	1.45×10^{-2}	2.23×10^{-10}

Tabella 7.4.2: Tabella riassuntiva dei principali parametri ricavati dalle prove edometriche

I risultati delle prove mostrano come il modulo edometrico sia piuttosto basso con limitate pressioni, mentre tende a crescere notevolmente all'aumentare delle stesse.

Il coefficiente di consolidazione primaria consente una rapida evoluzione del cedimento nel tempo.

Il coefficiente di permeabilità ricavato è risultato maggiore rispetto a quelli determinati nei rifiuti precedenti.

7.4.3 Risultati della prova penetrometrica statica eseguita precedentemente

Nel mese di Luglio 2008, sull'argine del "Lotto B", è stata realizzata una prova penetrometrica statica i cui risultati sono di seguito riassunti.

Prova penetrometrica statica n.5

- in questa prova la marmettola, costituita da limo sabbio-argilloso, ha offerto una notevole resistenza all'avanzamento della punta dello strumento fino ad impedirne, alla profondità di 1.2m dal piano campagna, la prosecuzione.

Dalla prova sono stati ricavati i seguenti parametri geotecnici.

Parametri strumentali prova penetrometrica statica n.5

Coefficiente di compressibilità di volume	(m_v)	=	0.00251	cmq/kg
Modulo edometrico	(Ed)	=	398	kg/cmq
Angolo di attrito interno	(ϕ)	=	42°	
Coesione non drenata	(c)	=	4.3	kg/cmq

I parametri ottenuti mostrano come, col passare del tempo, le caratteristiche geotecniche di questi terreni migliorino notevolmente, così come confermato da tutti i dati a disposizione.

7.5 Caratterizzazione geotecnica delle miscele di rifiuto predisposte nell'impianto autorizzato di Fossadello di Caorso

Dato che le due miscele sono risultate granulometricamente differenti, di seguito verranno tra loro distinte.

7.5.1 Caratteristiche granulometriche "Miscela n.1"

La miscela è stata prodotta artificialmente in discarica, quindi, la sua composizione è nota a priori e corrisponde alle seguenti percentuali:

Miscela 1

Marmettola	50%
Fanghi dragaggio	5%
Scorie di caldaia e inceneritori	10%
Terra e rocce da bonifica	30%
Baritina	5%

La descrizione macroscopica dei campioni riporta quanto segue:

Descrizione: materiale limoso, sabbioso, ghiaioso contenente frammenti di varia natura (principalmente vetro e laterizi).

Dal punto di vista granulometrico i campioni prelevati sono risultati costituiti da "Limo con sabbia fine, debolmente ghiaioso e argilloso".

Le percentuali di argilla sono risultate comprese tra il 5 ed il 10% mentre quella della ghiaia è prossima al 12%.

In questo caso il comportamento del rifiuto è più simile ad un terreno coesivo che non ad uno granulare.

L'analisi della frazione fine mostra un comportamento poco plastico ed un indice di consistenza variabile da "plastico" a "semisolido".

7.5.2 Caratteristiche granulometriche "Miscela n.2"

Anche in questo caso la miscela è stata prodotta artificialmente in discarica, per cui la sua composizione è nota a priori e corrisponde alle seguenti percentuali:

Miscela 2

Marmettola	30%
Fanghi dragaggio	10%
Scorie di caldaia e inceneritori	10%
Terra e rocce da bonifica	45%
Baritina	5%

La descrizione macroscopica dei campioni riporta quanto segue:

Descrizione: materiale limoso, sabbioso, ghiaioso contenente frammenti di varia natura (principalmente vetro e laterizi).

Dal punto di vista granulometrico i campioni sono risultati costituiti da "Sabbia fine con limo, debolmente ghiaiosa e argillosa".

Le percentuali di argilla sono risultate inferiori al 10%, mentre quella della ghiaia è variabile tra il 15 ed il 30%.

Il comportamento di questo rifiuto è più simile a quello di un terreno granulare che non ad uno coesivo.

L'analisi della frazione fine mostra un comportamento poco plastico ed un indice di consistenza che classifica questo materiale come "semisolido".

7.5.3 Caratteristiche geotecniche della Miscela n.1

Nelle tabelle riassuntive sono riportati i valori medi ottenuti dall'elaborazione dei due campioni analizzati.

MISCELA N.1

Descrizione litologica: " Limo con sabbia fine, debolmente ghiaioso e argilloso "

Risultati analisi di laboratorio eseguite dalla Società "**Tecno Piemonte**"

Peso di volume umido medio	(γ_u)	=	2.022	t/m ³
Peso di volume secco medio	(γ_s)	=	1.574	t/m ³
Contenuto d'acqua allo stato naturale medio	(W)	=	27.0	%
Porosità totale media	(n_{tot})	=	0.42	%
Indice dei vuoti medio	(e)	=	0.75	
Grado di saturazione medio	(S_n)	=	101.1	%
Angolo di attrito interno efficace medio (ricavato da prova di taglio CD)	(ϕ')	=	35°	
Coesione efficace drenata media (ricavata da prova di taglio CD)	(c')	=	0.185	kg/cm ²

Tabella 7.5.1: Tabella riassuntiva dei principali parametri geotecnici

I parametri ottenuti dalla prova edometrica sono variabili in funzione delle diverse pressioni a cui sono stati soggetti i provini durante la fase di carico.

Nella seguente tabella sono riportati i parametri più importanti in funzione degli incrementi di carico a cui sono stati sottoposti i campioni.

Incrementi di carico	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità
σ_v	M	C_v	K
(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)
0.254			
0.509	54.4	4.75×10^{-3}	1.05×10^{-9}
1.019	45.3	4.96×10^{-3}	1.09×10^{-9}
2.039	70.0	7.29×10^{-3}	1.04×10^{-9}
4.079	109.2	4.98×10^{-3}	4.56×10^{-10}
8.157	183.6	4.45×10^{-3}	2.43×10^{-10}
16.315	275.6	3.58×10^{-3}	1.30×10^{-10}
32.630	456.4	9.77×10^{-3}	2.15×10^{-10}

Tabella 7.5.2: Tabella riassuntiva dei principali parametri ricavati dalle prove edometriche

L'andamento delle prove edometriche ed il grado di consistenza riscontrato nei campioni analizzati, permettono di asserire che anche le miscele di rifiuto potranno essere soggette, se conferite in discarica, a limitati assestamenti.

L'alto valore del coefficiente di consolidazione consente di affermare che questi assestamenti si esauriranno in breve tempo.

Il coefficiente di permeabilità ricavato è risultato piuttosto basso.

7.5.4 Caratteristiche geotecniche della Miscela n.2

Nelle tabelle riassuntive sono riportati i valori medi ottenuti dall'elaborazione dei due campioni analizzati.

MISCELA N.2

Descrizione litologica: " Sabbia fine con limo, debolmente ghiaiosa e argillosa "

Risultati analisi di laboratorio eseguite dalla Società "**Tecno Piemonte**"

Peso di volume umido medio	(γ_u)	=	1.972	t/m ³
Peso di volume secco medio	(γ_s)	=	1.543	t/m ³
Contenuto d'acqua allo stato naturale medio	(W)	=	26.75	%
Porosità totale media	(n_{tot})	=	0.44	%
Indice dei vuoti medio	(e)	=	0.78	
Grado di saturazione medio	(S_n)	=	98	%
Angolo di attrito interno efficace medio (ricavato da prova di taglio CD)	(ϕ')	=	35°	
Coesione efficace drenata media (ricavata da prova di taglio CD)	(c')	=	0.222	kg/cm ²

Tabella 7.5.3: Tabella riassuntiva dei principali parametri geotecnici

I parametri ottenuti dalla prova edometrica sono variabili in funzione delle diverse pressioni a cui sono stati soggetti i provini durante la fase di carico.

Nella seguente tabella sono riportati i parametri più importanti in funzione degli incrementi di carico a cui sono stati sottoposti i campioni.

Incrementi di carico	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Coefficiente di permeabilità
σ_v	M	C_v	K
(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(cm ² /s)	(m/s)
0.254			
0.509	188.5		
1.019	147.0	5.16 x 10⁻³	5.51 x 10 ⁻¹⁰
2.039	146.6	8.69 x 10⁻³	7.15 x 10 ⁻¹⁰
4.079	157.9	3.35 x 10⁻³	2.18 x 10 ⁻¹⁰
8.157	248.7	4.06 x 10⁻³	1.64 x 10 ⁻¹⁰
16.315	313.5	3.80 x 10⁻³	1.21 x 10 ⁻¹⁰
32.630	450.4	7.35 x 10⁻³	1.63 x 10 ⁻¹⁰

Tabella 7.5.4: Tabella riassuntiva dei principali parametri ricavati dalle prove edometriche

Per questa miscela le prove hanno evidenziato come il modulo edometrico sia già elevato anche alle basse tensioni, come succede generalmente per i terreni di natura prevalentemente granulare.

L'andamento delle prove edometriche ed il grado di consistenza riscontrato nei campioni analizzati, inoltre, permettono di asserire che questo rifiuto potrà essere soggetto, se conferito in discarica, a limitati assestamenti.

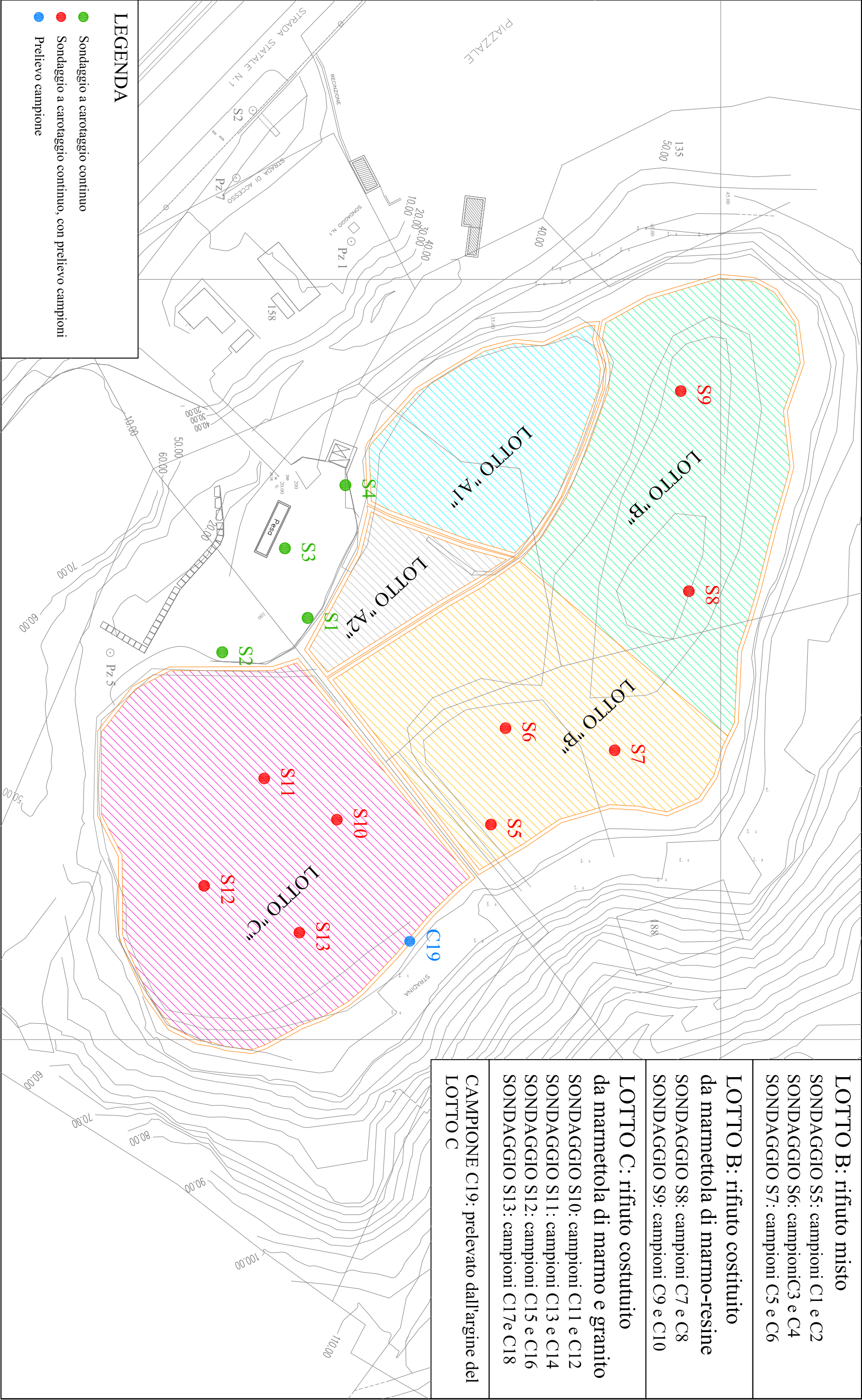
L'alto valore del coefficiente di consolidazione consente di affermare che questi assestamenti si esauriranno in breve tempo.

Il coefficiente di permeabilità, nonostante la granulometria più grossolana, è risultato invece leggermente inferiore a causa di una maggiore compattazione.

Massa, 03/04/2009

Dott. Geol. Carlo Alberto Turba

UBICAZIONE DEI SONDAGGI E DEI PUNTI DI PRELIEVO DEI CAMPIONI DI RIFIUTO



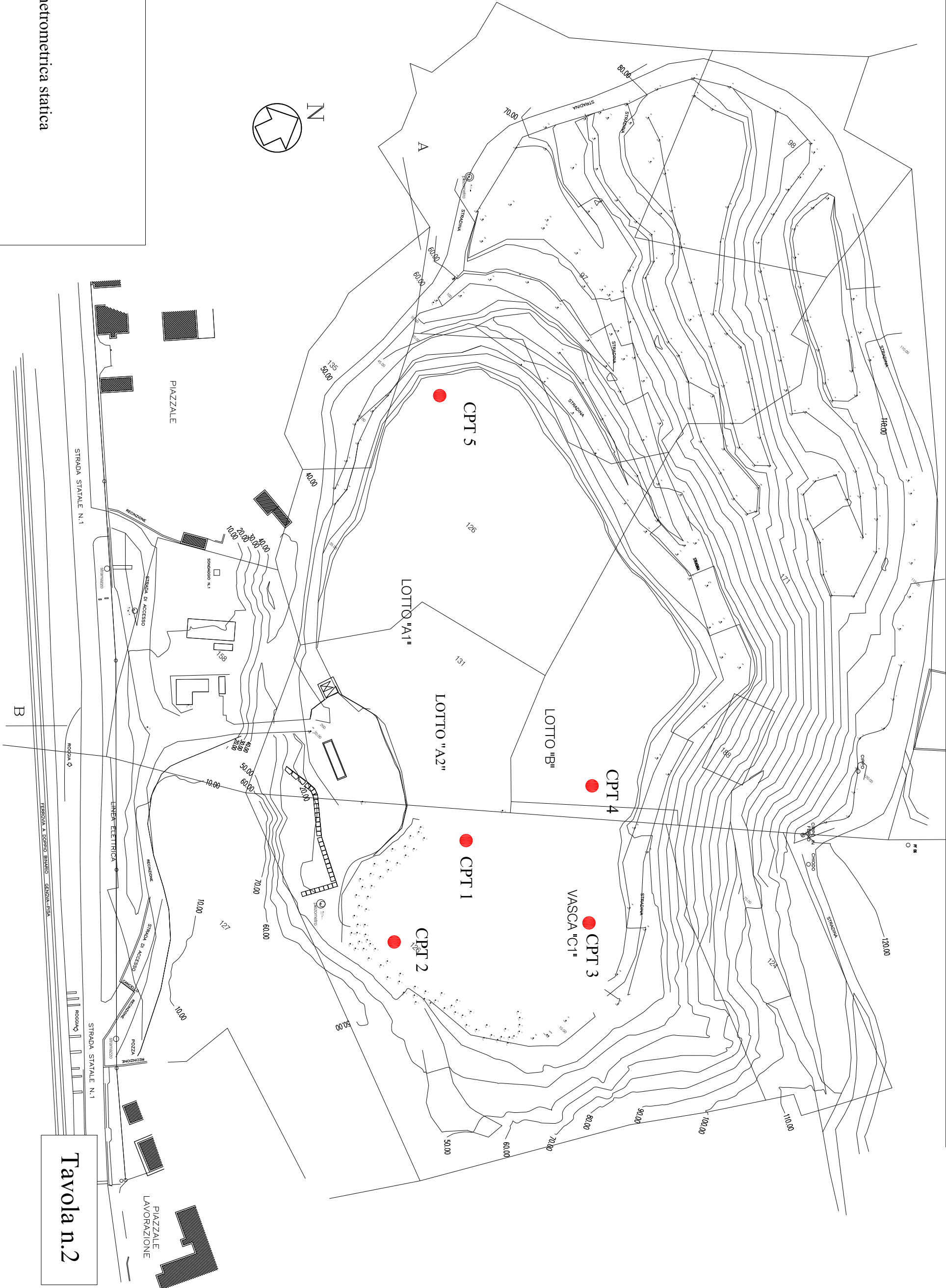
Località: PORTA-EX CAVA FORNACE



Scala 1:1.000

Tavola n.1

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE ESEGUITE PRECEDENTEMENTE



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-079

- committente :	Programma Ambiente Apuane S.p.a.	- data :	24/06/2008
- lavoro :	Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	Marmettola "fresca" depositata da circa 1 mese	- pagina :	1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	6,0	----	6,0	0,27	22,0	1,40	4,0	9,0	4,0	0,20	20,0
0,40	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0	1,60	4,0	7,0	4,0	0,20	20,0
0,60	6,0	10,0	6,0	0,27	22,0	1,80	4,0	7,0	4,0	0,13	30,0
0,80	3,0	7,0	3,0	0,20	15,0	2,00	2,0	4,0	2,0	0,20	10,0
1,00	9,0	12,0	9,0	0,33	27,0	2,20	3,0	6,0	3,0	0,27	11,0
1,20	4,0	9,0	4,0	0,33	12,0	2,40	9,0	13,0	9,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ϕ = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-079

- committente :	Programma Ambiente Apuane S.p.a.	- data :	24/06/2008
- lavoro :	Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	Marmettola "fresca" depositata da circa 2 mesi	- pagina :	1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	100,0	----	100,0	5,87	17,0	2,00	8,0	17,0	8,0	0,53	15,0
0,40	72,0	160,0	72,0	4,20	17,0	2,20	9,0	17,0	9,0	0,60	15,0
0,60	47,0	110,0	47,0	3,60	13,0	2,40	9,0	18,0	9,0	0,47	19,0
0,80	19,0	73,0	19,0	0,67	28,0	2,60	10,0	17,0	10,0	0,67	15,0
1,00	15,0	25,0	15,0	0,53	28,0	2,80	17,0	27,0	17,0	0,67	25,0
1,20	13,0	21,0	13,0	0,67	19,0	3,00	12,0	22,0	12,0	0,73	16,0
1,40	10,0	20,0	10,0	0,67	15,0	3,20	11,0	22,0	11,0	0,67	16,0
1,60	10,0	20,0	10,0	0,47	21,0	3,40	17,0	27,0	17,0	-----	----
1,80	14,0	21,0	14,0	0,60	23,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann \varnothing = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-079

- committente :	Programma Ambiente Apuane S.p.a.	- data :	24/06/2008
- lavoro :	Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	Marmettola "stagionata" depositata da circa 1 anno	- pagina :	1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	79,0	----	79,0	4,00	20,0	1,00	120,0	180,0	120,0	4,00	30,0
0,40	85,0	145,0	85,0	3,27	26,0	1,20	128,0	188,0	128,0	5,47	23,0
0,60	102,0	151,0	102,0	3,40	30,0	1,40	118,0	200,0	118,0	4,00	30,0
0,80	109,0	160,0	109,0	4,00	27,0	1,60	170,0	230,0	170,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann \varnothing = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Montignoso
- note : Rifiuti "ex-Rimavi" stoccati da circa 1 anno

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	42,0	----	42,0	1,27	33,0	1,60	19,0	37,0	19,0	0,60	32,0
0,40	26,0	45,0	26,0	1,00	26,0	1,80	11,0	20,0	11,0	0,60	18,0
0,60	29,0	44,0	29,0	1,47	20,0	2,00	12,0	21,0	12,0	0,53	22,0
0,80	28,0	50,0	28,0	1,20	23,0	2,20	15,0	23,0	15,0	0,53	28,0
1,00	22,0	40,0	22,0	1,93	11,0	2,40	19,0	27,0	19,0	0,73	26,0
1,20	32,0	61,0	32,0	0,67	48,0	2,60	18,0	29,0	18,0	-----	----
1,40	39,0	49,0	39,0	1,20	32,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-079

- committente :	Programma Ambiente Apuane S.p.a.	- data :	24/06/2008
- lavoro :	Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Discarica di Porta - Comune di Montignoso	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	Marmettola "stagionata" stoccata da circa 6 anni	- pagina :	1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	120,0	----	120,0	4,13	29,0	0,80	135,0	210,0	135,0	5,00	27,0
0,40	123,0	185,0	123,0	4,67	26,0	1,00	141,0	216,0	141,0	4,80	29,0
0,60	130,0	200,0	130,0	5,00	26,0	1,20	148,0	220,0	148,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

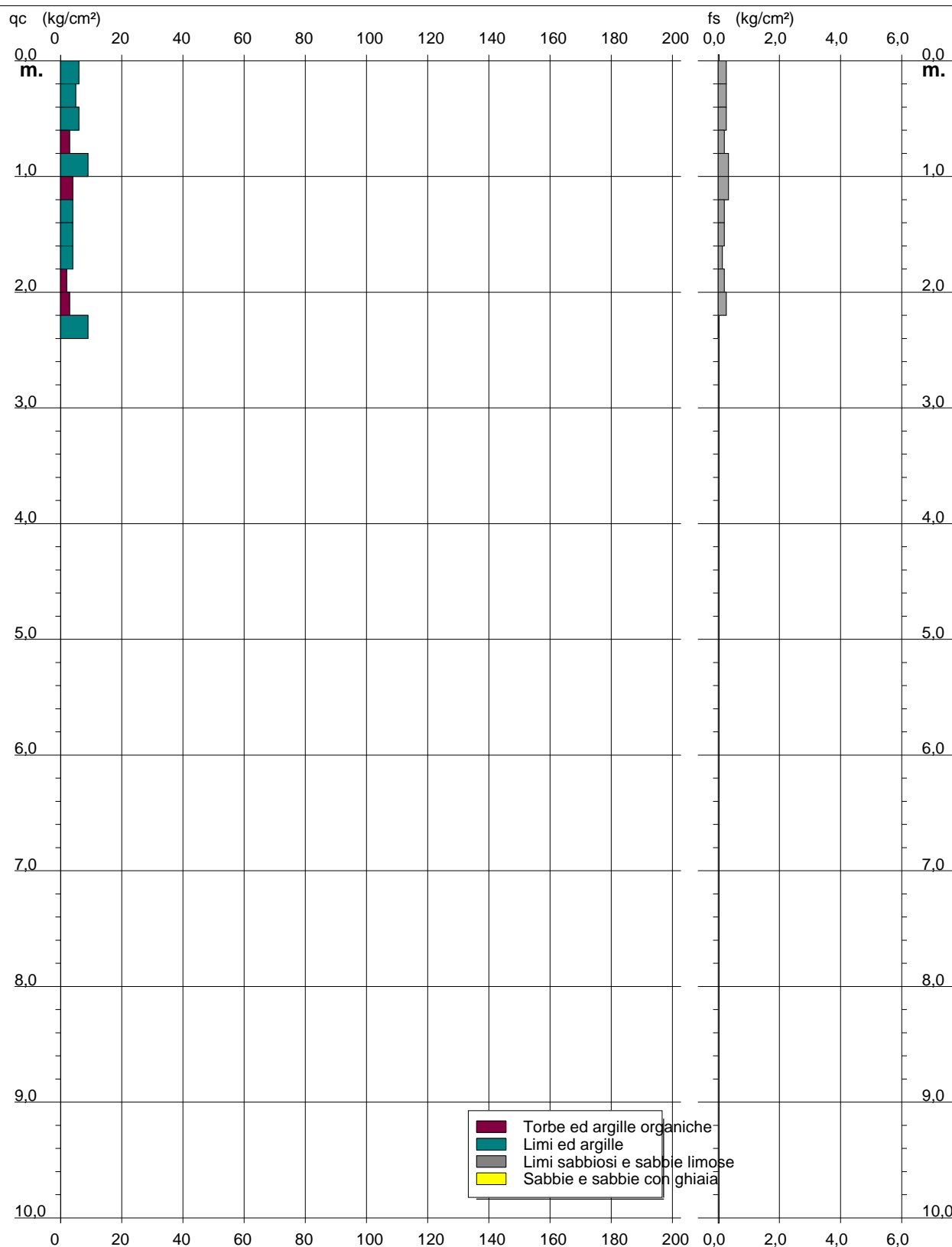
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta
- note : Marmettola "fresca" depositata da circa 1 mese

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



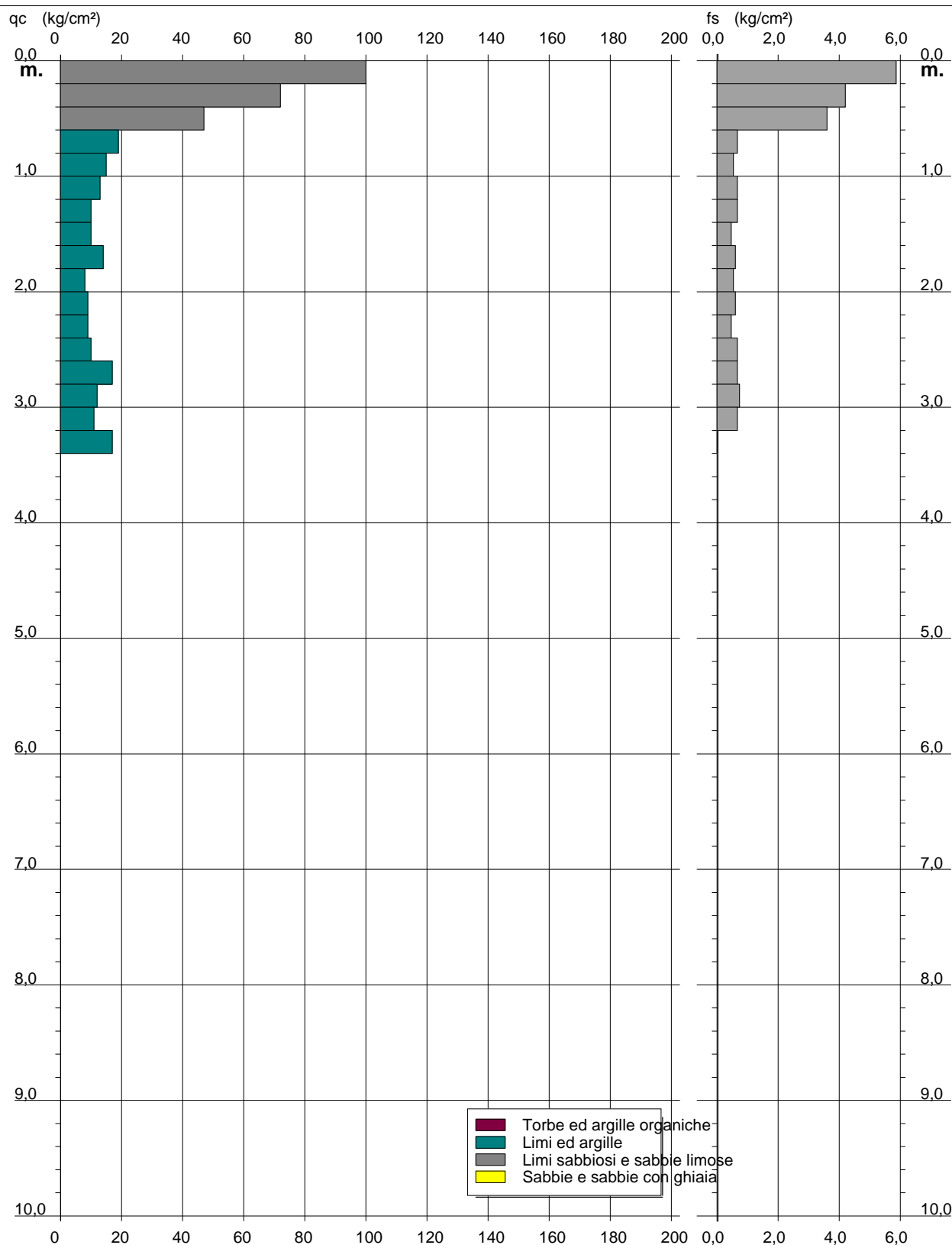
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta
- note : Marmettola "fresca" depositata da circa 2 mesi

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



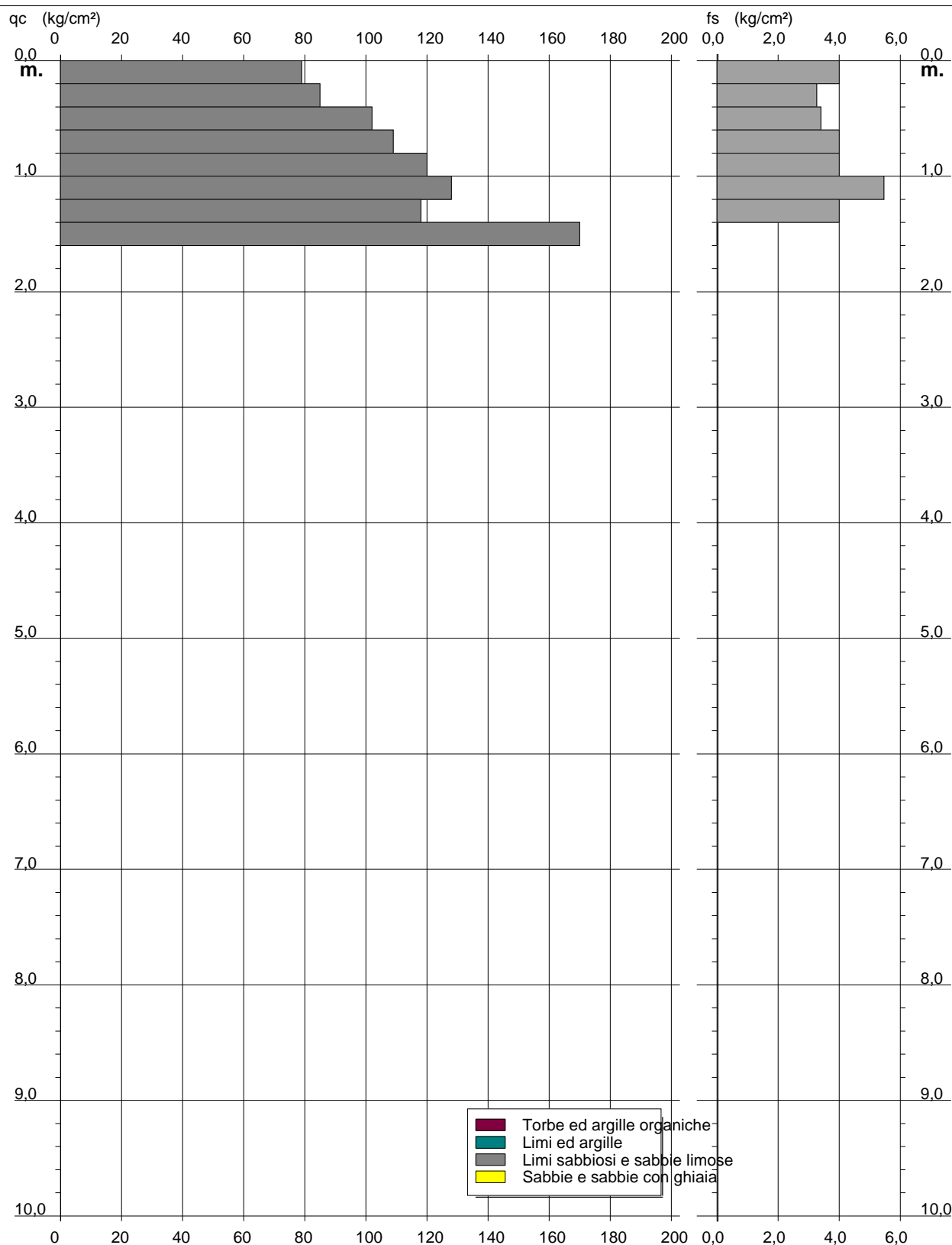
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta
- note : Marmettola "stagionata" depositata da circa 1 anno

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



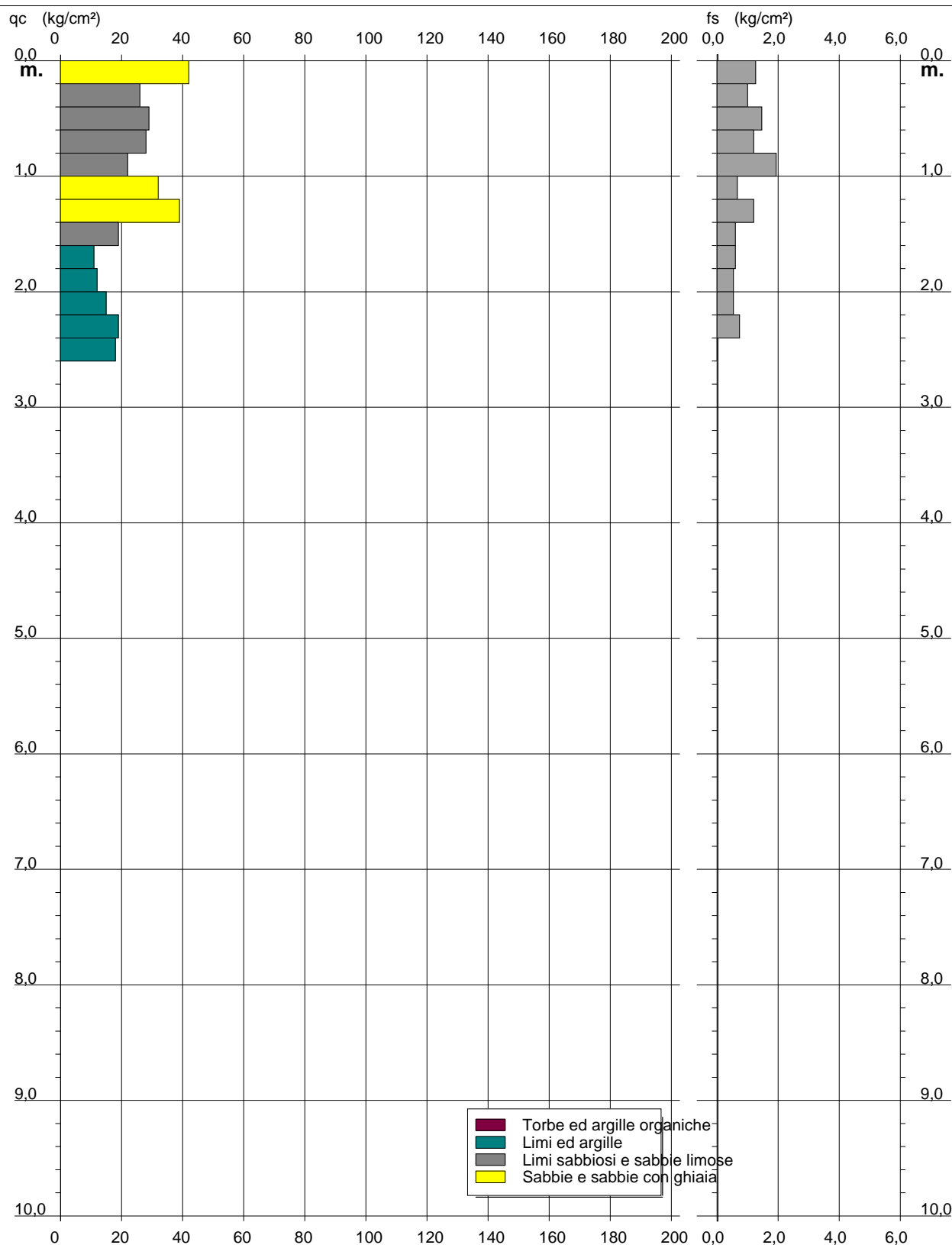
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Montignoso
- note : Rifiuti "ex-Rimavi" stoccati da circa 1 anno

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



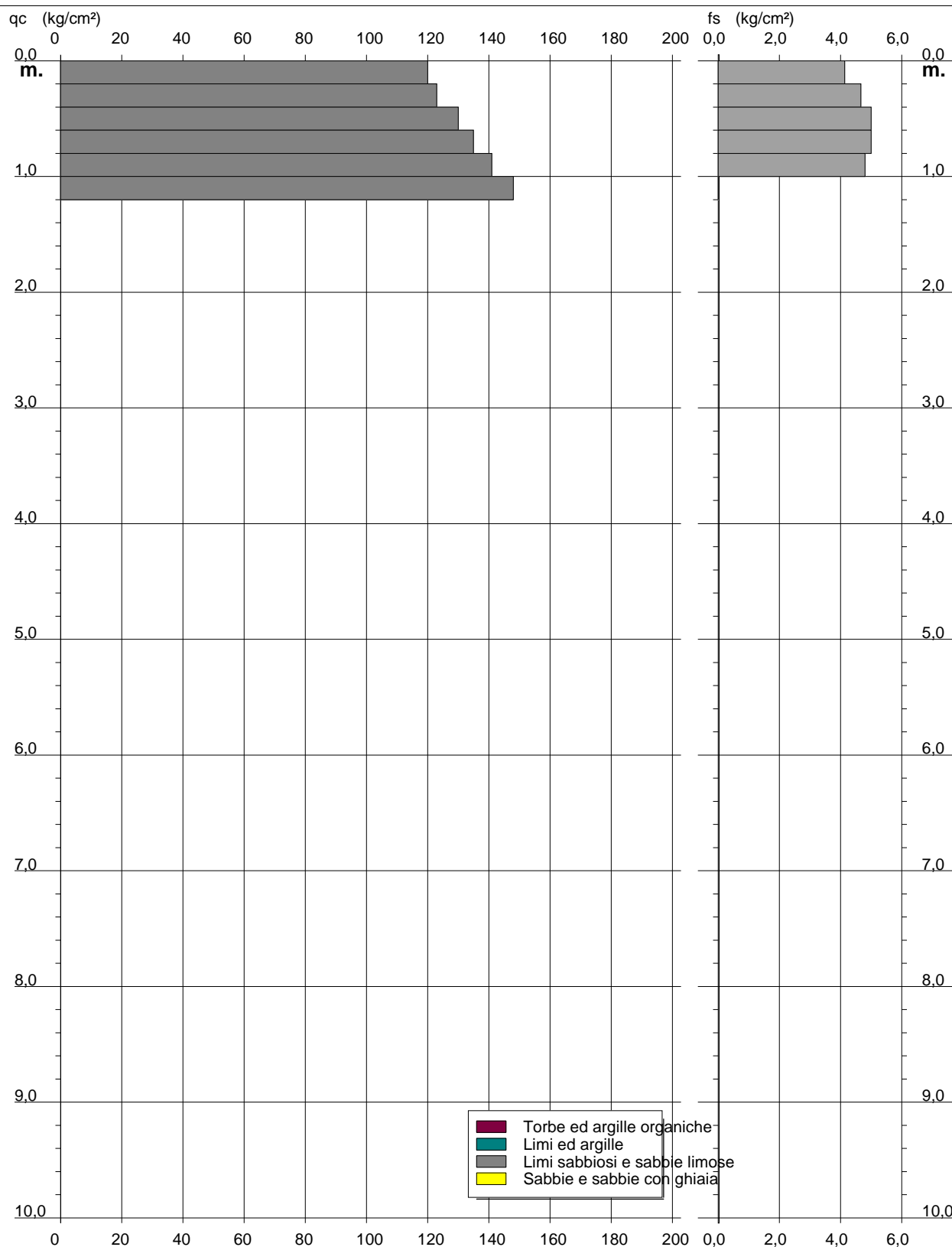
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Montignoso
- note : Marmettola "stagionata" stoccata da circa 6 anni

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta
- note : Marmettola "fresca" depositata da circa 1 mese

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo
0,20	6	22	2////	1,85	0,04	0,30	85,9	51	77	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	5	19	2////	1,85	0,07	0,25	28,8	43	64	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	6	22	2////	1,85	0,11	0,30	21,8	51	77	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	3	15	1***	1,85	0,15	0,15	6,4	8	12	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	9	27	2////	1,85	0,19	0,45	19,1	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	4	12	1***	1,85	0,22	0,20	5,5	12	18	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	4	20	2////	1,85	0,26	0,20	4,5	72	108	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	4	20	2////	1,85	0,30	0,20	3,8	83	125	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	4	30	4/./	1,85	0,33	0,20	3,3	93	140	20	--	28	31	35	38	25	25	--	7	10	12
2,00	2	10	1***	1,85	0,37	0,10	1,2	13	19	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	3	11	1***	1,85	0,41	0,15	1,8	18	28	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	9	--	2////	1,85	0,44	0,45	6,4	115	173	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta
- note : Marmettola "fresca" depositata da circa 2 mesi

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	100	17	4/./:	1,85	0,04	3,33	99,9	567	850	300	100	42	43	45	46	45	34	0,258	167	250	300
0,40	72	17	4/./:	1,85	0,07	2,40	99,9	408	612	216	100	42	43	45	46	45	32	0,258	120	180	216
0,60	47	13	4/./:	1,85	0,11	1,57	99,9	266	400	141	100	42	43	45	46	43	31	0,257	78	118	141
0,80	19	28	2////	1,85	0,15	0,78	49,8	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	15	28	2////	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	13	19	2////	1,85	0,22	0,60	22,0	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	10	15	2////	1,85	0,26	0,50	14,3	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	10	21	2////	1,85	0,30	0,50	12,1	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	14	23	2////	1,85	0,33	0,64	14,1	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	8	15	2////	1,85	0,37	0,40	6,9	93	140	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	9	15	2////	1,85	0,41	0,45	7,1	102	152	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	9	19	2////	1,85	0,44	0,45	6,4	115	173	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	10	15	2////	1,85	0,48	0,50	6,6	123	185	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	17	25	2////	1,85	0,52	0,72	9,5	125	187	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	12	16	2////	1,85	0,55	0,57	6,5	143	214	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	11	16	2////	1,85	0,59	0,54	5,6	160	240	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	17	--	4/./:	1,85	0,63	0,72	7,5	154	231	54	22	31	34	37	40	30	27	0,043	28	43	51

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Pietrasanta
- note : Marmettola "stagionata" depositata da circa 1 anno

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo	
0,20	79	20	4/./:	1,85	0,04	2,63	99,9	448	672	237	100	42	43	45	46	45	33	0,258	132	198	237	
0,40	85	26	4/./:	1,85	0,07	2,83	99,9	482	723	255	100	42	43	45	46	45	33	0,258	142	213	255	
0,60	102	30	4/./:	1,85	0,11	3,40	99,9	578	867	306	100	42	43	45	46	45	34	0,258	170	255	306	
0,80	109	27	4/./:	1,85	0,15	3,63	99,9	618	927	327	100	42	43	45	46	45	34	0,258	182	273	327	
1,00	120	30	4/./:	1,85	0,19	4,00	99,9	680	1020	360	100	42	43	45	46	45	35	0,258	200	300	360	
1,20	128	23	4/./:	1,85	0,22	4,27	99,9	725	1088	384	100	42	43	45	46	44	35	0,258	213	320	384	
1,40	118	30	4/./:	1,85	0,26	3,93	99,9	669	1003	354	100	42	43	45	46	44	35	0,258	197	295	354	
1,60	170	--	3:::	1,85	0,30	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	37	0,258	283	425	510	

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 4

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Montignoso
- note : Rifiuti "ex-Rimavi" stoccati da circa 1 anno

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	42	33	3:...	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	30	0,258	70	105	126
0,40	26	26	4:/:	1,85	0,07	0,93	99,9	158	237	78	89	40	42	44	45	42	28	0,220	43	65	78
0,60	29	20	4:/:	1,85	0,11	0,98	95,9	167	251	87	83	40	41	43	45	41	29	0,200	48	73	87
0,80	28	23	4:/:	1,85	0,15	0,97	65,5	164	246	84	75	38	40	42	44	40	28	0,174	47	70	84
1,00	22	11	4:/:	1,85	0,19	0,85	42,0	144	216	66	61	37	39	41	43	38	28	0,134	37	55	66
1,20	32	48	3:...	1,85	0,22	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	39	29	0,158	53	80	96
1,40	39	32	3:...	1,85	0,26	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	39	30	0,167	65	98	117
1,60	19	32	4:/:	1,85	0,30	0,78	20,9	132	198	58	45	34	37	39	42	35	27	0,091	32	48	57
1,80	11	18	2:////	1,85	0,33	0,54	11,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	12	22	2:////	1,85	0,37	0,57	10,8	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	15	28	2:////	1,85	0,41	0,67	11,6	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	19	26	2:////	1,85	0,44	0,78	12,6	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	18	--	4:/:	1,85	0,48	0,75	10,9	128	191	56	31	32	35	38	40	31	27	0,060	30	45	54

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 5

2.01PG05-079

- committente : Programma Ambiente Apuane S.p.a.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti
- località : Discarica di Porta - Comune di Montignoso
- note : Marmettola "stagionata" stoccata da circa 6 anni

- data : 24/06/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	120	29	4/./:	1,85	0,04	4,00	99,9	680	1020	360	100	42	43	45	46	45	35	0,258	200	300	360
0,40	123	26	4/./:	1,85	0,07	4,10	99,9	697	1046	369	100	42	43	45	46	45	35	0,258	205	308	369
0,60	130	26	4/./:	1,85	0,11	4,33	99,9	737	1105	390	100	42	43	45	46	45	35	0,258	217	325	390
0,80	135	27	4/./:	1,85	0,15	4,50	99,9	765	1148	405	100	42	43	45	46	45	35	0,258	225	338	405
1,00	141	29	4/./:	1,85	0,19	4,70	99,9	799	1199	423	100	42	43	45	46	45	36	0,258	235	353	423
1,20	148	--	3:::	1,85	0,22	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	36	0,258	247	370	444