

---

# **Discarica di Rifiuti non Pericolosi 2B**

Via Belvedere – MIRANDOLA -

---

**Proprietà: ACR S.p.a.  
di Reggiani Albertino**

---

**Relazione di Adeguamento al Dlgs 13 Gennaio 2003 n. 36  
relativamente alle caratteristiche di permeabilità e  
continuità litologica della barriera geologica  
e della barriera di confinamento**



Marzo 2006

---

---

## INDICE

Premessa.....	3
Indagini geognostiche.....	3
Verifica delle proprietà litologiche e della continuità stratigrafica della barriera geologica.....	5
Verifica delle caratteristiche di permeabilità della barriera geologica.....	7
Verifica delle caratteristiche litologiche e granulometriche e calcolo della permeabilità della barriera di confinamento.....	9
Valutazione di vulnerabilità dell'acquifero.....	11
Verifiche di stabilità.....	12
Considerazioni conclusive.....	14

## **PREMESSA**

Il presente studio viene redatto su incarico del Committente ad integrazione al Piano di Adeguamento della discarica di rifiuti Non Pericolosi categoria 2B, sita in Via Belvedere di proprietà della Ditta ACR S.p.A. di Reggiani Albertino in Comune di Mirandola ed ha per oggetto l'analisi litostratigrafica dei terreni e le verifiche necessarie per garantire la continuità litologica e le caratteristiche di permeabilità della barriera geologica naturale e della barriera di confinamento ai sensi del Dlgs 13 gennaio 2003 n. 36 relativamente al terzo lotto di ampliamento.

## **INDAGINI GEOGNOSTICHE**

L'allegato n. 1 al Dlgs 13 gennaio 2003 n. 36 al punto 2.4.2 detta *"Il substrato della base e dei fianchi della discarica deve consistere in una formazione geologica naturale che risponda a requisiti di permeabilità e spessore di  $k \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s e  $s \geq 1$  m"*

Al fine di verificare le proprietà stratigrafiche e la continuità litologica del substrato e degli argini del terzo lotto di ampliamento della discarica in oggetto sono state eseguite in sito:

1) N. 1 prova penetrometrica a mezzo penetrometro statico da 300 KN munito di PUNTA ELETTRICA CON PIEZOCONO "Envi Memocone" con inclinometro spinta alla profondità di - 15 m dal tetto dell'argine (alto 3.00 mt. dal piano campagna). Sono state rilevate le letture della resistenza alla punta; dell'attrito laterale locale e della pressione interstiziale ogni 2 cm. di infissione.

Nei grafici vengono riportati i diagrammi relativi alle letture penetrometriche di campagna dove sono graficati i seguenti valori:

- il primo riquadro rappresentano la resistenza alla punta  $q_c$  (tip resistance), espressa in MPa.
- il secondo diagramma rappresenta la resistenza d'attrito laterale  $f_s$ , espressa in Mpa,
- il terzo diagramma rappresenta il rapporto  $f_s/q_c$ , espresso in %.

- la quarta strisciata rappresentano l'andamento della pressione interstiziale  $u$  (pore pressure), espressa in Mpa,
- l'ultimo riquadro rappresenta l'inclinazione della prova rispetto la verticale espressa in gradi (degr.)

2) n. 2 prove penetrometriche a mezzo penetrometro statico da 300 KN dotato di punta meccanica " jacket friction cone " realizzate sull'argine dell'altezza di 3.00 m e spinte alla profondità di - 20 m. Sono state rilevate le letture della resistenza alla punta ( $R_p$ ); della resistenza alla punta e resistenza laterale locale ( $R_p + R_{al}$ ) ogni 20 cm. di infissione.

I risultati ottenuti sono stati riportati negli appositi grafici; ai fini della loro interpretazione:

Nei diagrammi vengono rappresentati:

- la resistenza alla punta  $q_c$  in MPa
- la resistenza laterale locale  $f_s$  in MPa
- la linea a destra rappresenta il rapporto  $q_c/f_s$  ( numero puro ).

Le tre prove penetrometriche sono state ubicate come da planimetria allegata, ai lati opposti del terzo lotto di ampliamento al fine di indagare la continuità stratigrafica dei terreni.

I requisiti di permeabilità degli argini di contenimento e dei terreni del substrato sono stati definiti mediante n. 3 prove di dissipazione delle pressioni interstiziali indotte, una eseguita sugli argini, due nelle argille sottostanti.

Per quanto riguarda la barriera di confinamento, l'allegato n. 1 al Dlgs 13 gennaio 2003 n. 36 al punto 2.4.2 detta *"Le caratteristiche del sistema barriera di confinamento sono garantite normalmente dall'accoppiamento di materiale minerale compattato (caratterizzato da uno spessore di almeno 100 cm con una conducibilità idraulica  $k \leq 10^{-7}$  cm/s, depositato preferibilmente in strati uniformi compattati dello spessore massimo di 20 cm) con una geomembrana"*.

Nel terzo lotto di ampliamento della discarica in oggetto la barriera di confinamento dello spessore di 100 cm è stata ottenuta mediante

rimaneggiamento e compattazione per strati successivi di 20 cm dell'argilla in posto su cui è stata posizionata la geomembrana.

Le proprietà litologiche e granulometriche e la conducibilità idraulica dello strato minerale compattato così ottenuto sono state indagate con prove di laboratorio.

In sito sono stati prelevati mediante fustella campionatrice in PVC del diametro = 101 mm infissa con l'utilizzo del braccio di un escavatore meccanico, due campioni di terreno indisturbato per l'esecuzione delle analisi granulometriche e delle prove per la determinazione del coefficiente di permeabilità in cella edometrica.

Le analisi sono state eseguite dal Laboratorio SINERGEA S.r.l. di Granarolo dell'Emilia (BO) certificato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche dei terreni (settore a), ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 246/93 con decreto di concessione n° 53083 del 01/03/05 .

### **VERIFICA DELLE PROPRIETA' LITOLOGICHE E DELLA CONTINUITA' STRATIGRAFICA DELLA BARRIERA GEOLOGICA**

Le caratteristiche litologiche sono state ricavate dai diagrammi con l'ausilio di "Guide for estimating soil type from dutch friction - cone ratio (Begemann mechanical tip)" Schmertmann, 1969; Begemann 1965; Raccomandazioni A.G.I. 1977.

Le tre prove penetrometriche eseguite sui lati opposti del terzo lotto di ampliamento ubicati come da planimetria allegata, evidenziano colonne stratigrafiche sensibilmente omogenee. Le prove sono state realizzate sull'argine perimetrale di contenimento, all'altezza di 3.00 m dal p.c., per indagare le caratteristiche meccaniche e di tenuta dell'argine stesso.

Si rileva la presenza di strati aventi le seguenti caratteristiche litologiche e meccaniche:

- ⇒ Il terreno fino alla quota di 3.00 m costituente l'argine di contenimento è formato da argille molto compatte e asciutte,
- ⇒ Seguono argille mediamente compatte,

⇒ Seguono, dalla profondità di – 13.00 m dal piano d'esecuzione prove, limi sabbiosi passanti alla quota di – 14.20 dal piano prove, a sabbie mediamente addensate sede dell'acquifero locale, continue ed omogenee fino alla quota indagata.

Dalla comparazione delle tre prove il substrato di terreni argillosi mediamente compatti che rappresenta lo strato di barriera geologica naturale risulta dello spessore di 8.80 m considerando che il fondo della discarica è a – 1.20 m dal p.c.

Le tre prove penetrometriche sono omogenee ed essendo state eseguite ai lati opposti dell'ampliamento garantiscono la continuità di tale strato naturale su tutta la superficie del terzo lotto.

L'acquifero in sabbie mediamente addensate si trova al di sotto dei – 10 m di profondità dal p.c.

Gli argini di contenimento sono costituiti da argille compatte.

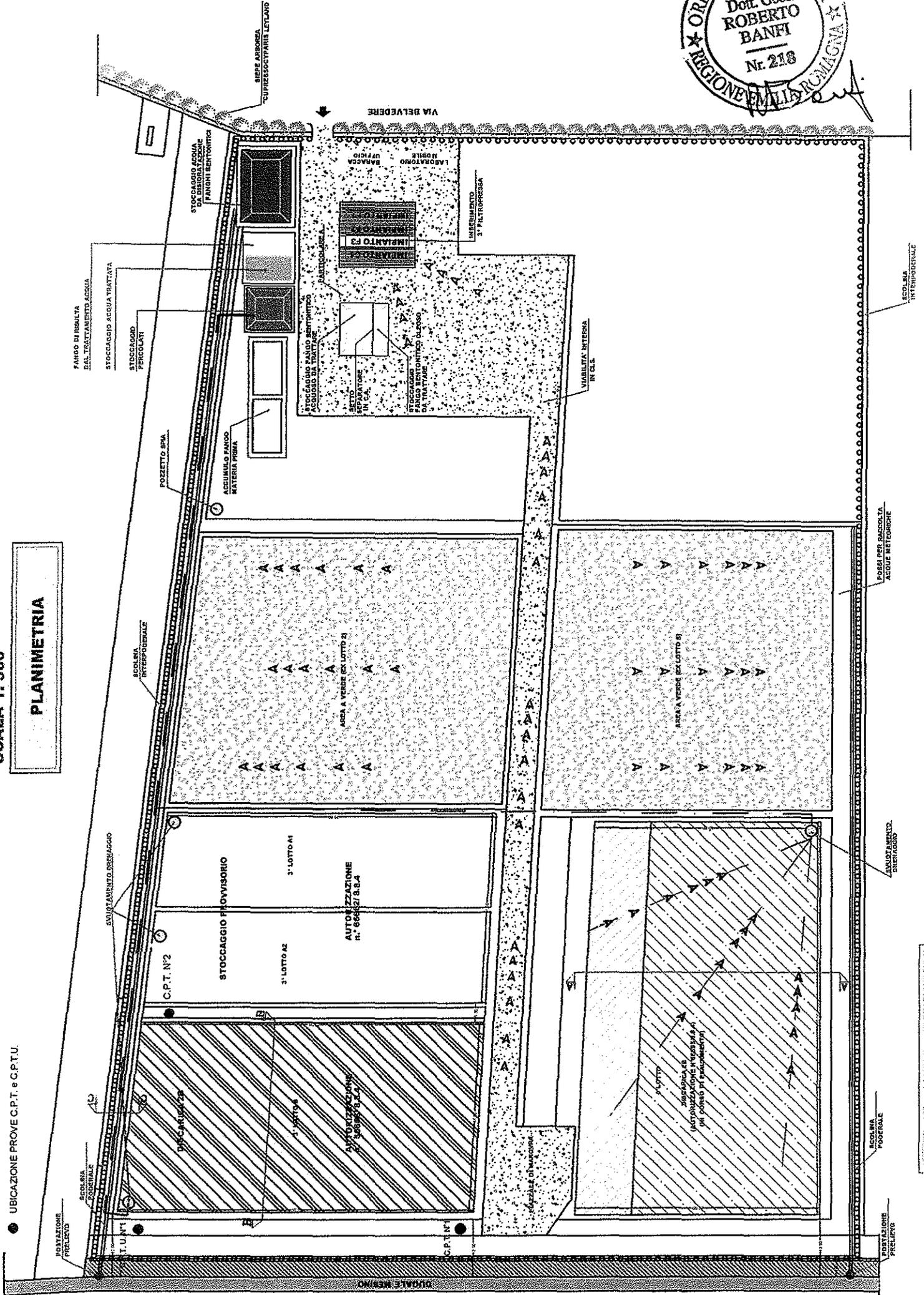
L'ubicazione delle prove e i grafici relativi sono di seguito riportati.



SCALA 1: 500

PLANIMETRIA

UBICAZIONE PROVE C.P.T. e C.P.T.U.



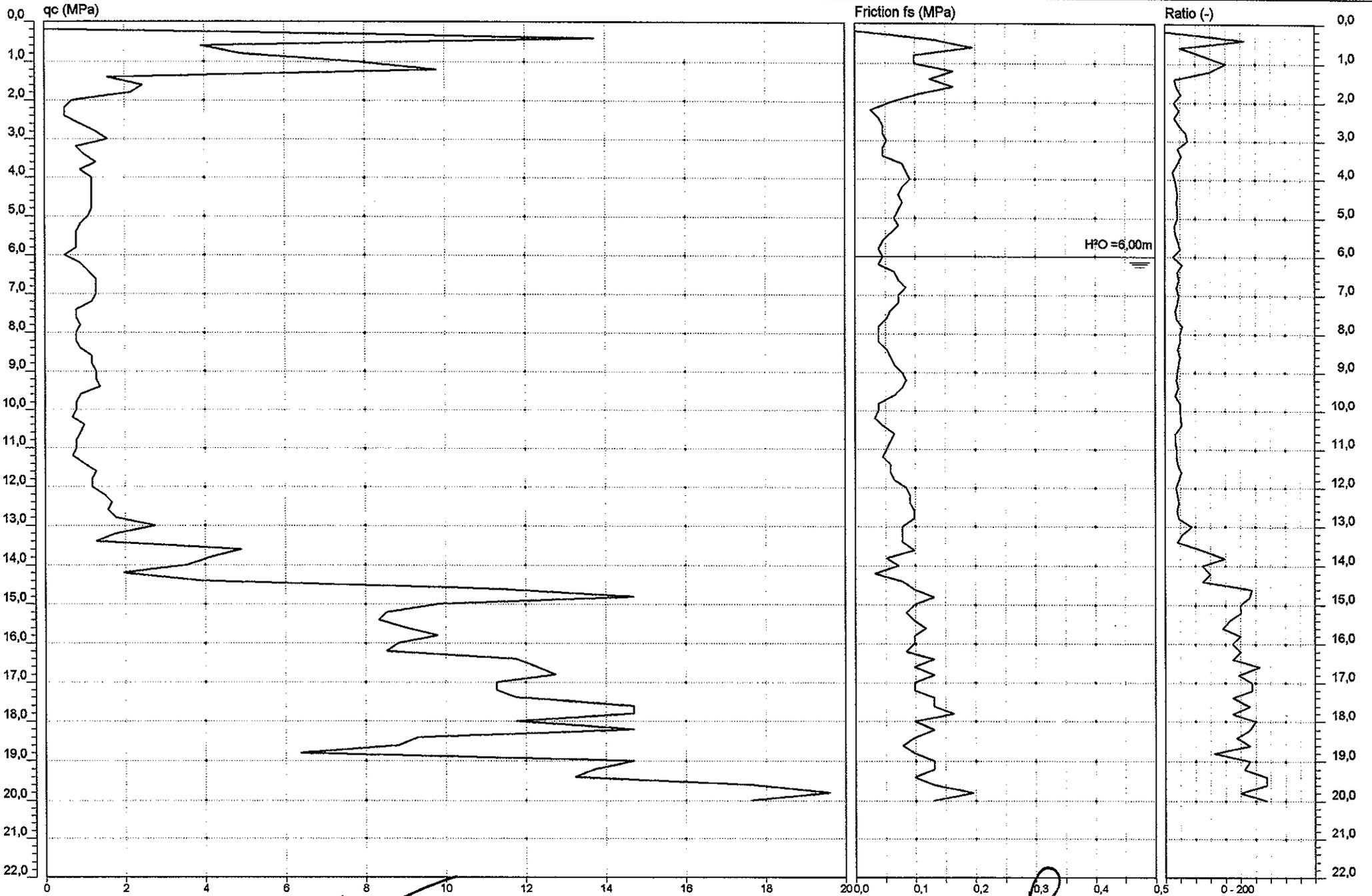


di Paolo Cestari & C.  
 Indagini Geognostiche in Sito  
 Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)  
 P.I. 01754860367 Tel.0535/47170 Fax 0535/49364

Committente: ACR di Reggiani Albertino S.P.A.  
 Cantiere: MIRANDOLA Via Belvedere  
 Data: 30/01/2006

Quota:  
 Preforo:  
 Falda: -6,00

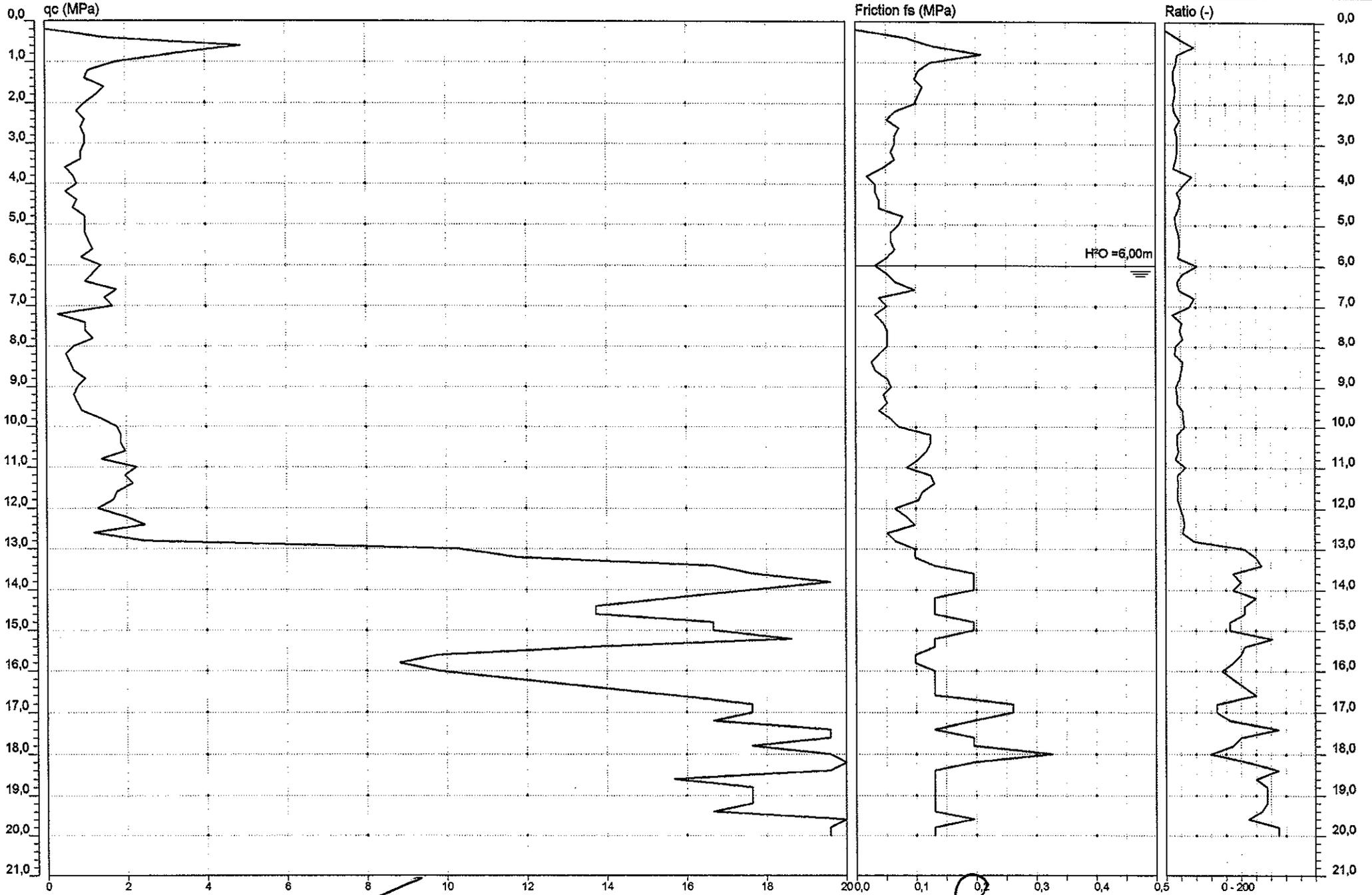
Prova n° 1



20,000 m

Sperimentatore: **Geol. PAOLO CESTARI**

Direttore Laboratorio: **Geol. RITA BALLISTA**





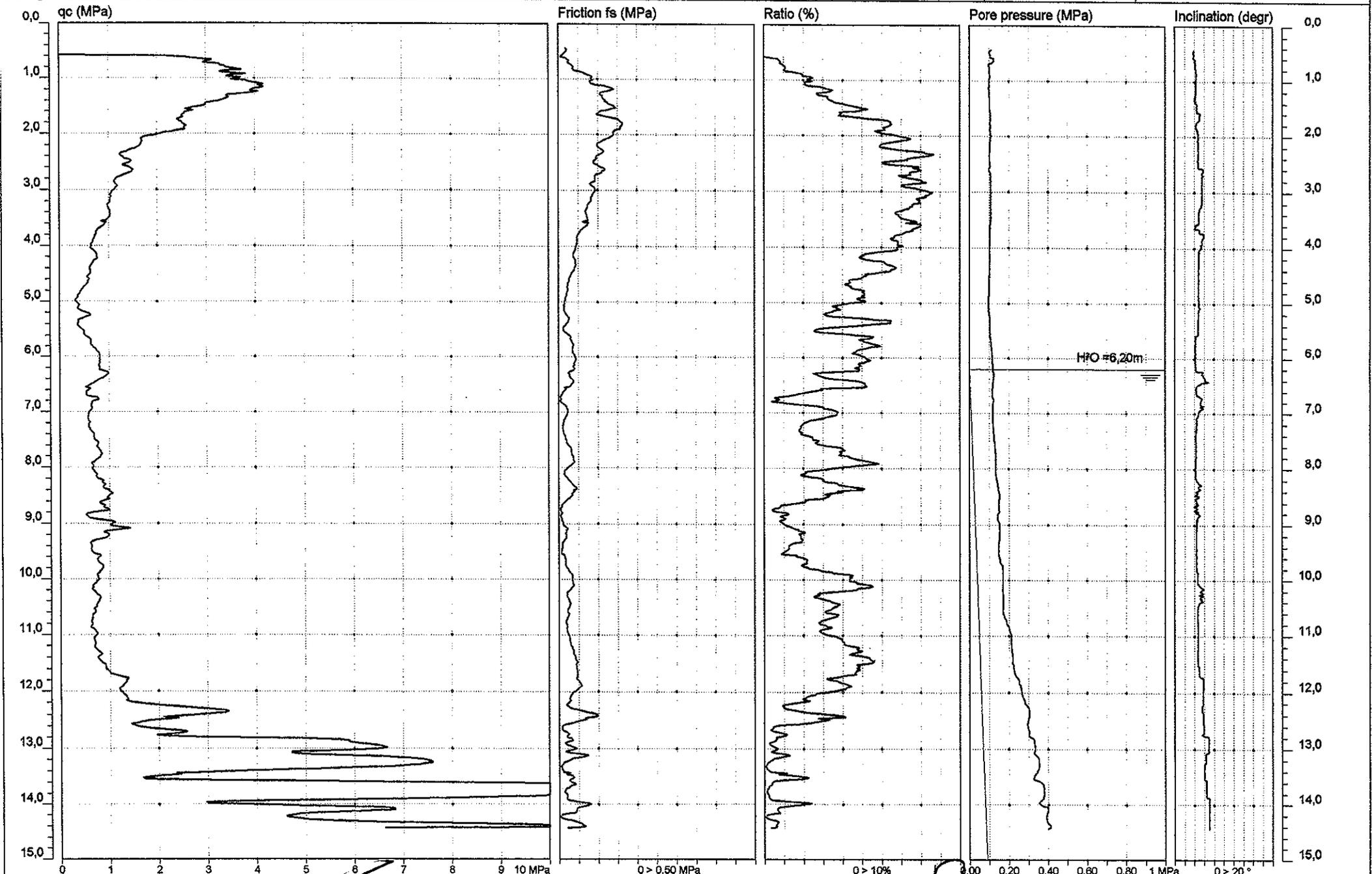
di Paolo Cestari & C.  
Laboratorio di prove geotecniche in sito (settore c)  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: ACR di REGGIANI ALB.  
Cantiere: V. Belvedere-MIRANDOLA-  
Data: 30/01/2006

Quota: 0,40  
Metodo: CPTU  
Preforo: 0,40

Falda: -6,20

Prova n° 1  
Pagina: 1 di 1



14,410 m

Sperimentatore: Dott. Geol. ~~PAOLO~~ CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

## **VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA' DELLA BARRIERA GEOLOGICA**

La permeabilità in sito della barriera geologica è stata calcolata mediante l'esecuzione di n. 3 prove di dissipazione delle pressioni interstiziali utilizzando la punta elettrica con piezocono "Envi Memocone" .

Studi ed esperienze (SORANZO M.) condotti utilizzando la punta piezometrica (C.P.T.U.) permettono di determinare in sito il coefficiente di permeabilità K; il metodo consiste nell'infissione nel terreno di un filtro in metallo poroso che, a mezzo di trasduttori elettronici di pressioni neutrali a strain-gauge, misura nel tempo l'andamento delle sovrappressioni neutre generate dal contatto con il terreno. La permeabilità orizzontale del terreno è valutabile con una relazione del tipo :

$$K_h = M_v \times Y_w \times C_h$$

cioè dal prodotto del coefficiente di compressibilità del volume  $M_v$ , per il peso unitario dell'acqua  $Y_w$ , per il coefficiente di consolidazione orizzontale  $C_h$ .

Secondo Mitchell (1978), il modulo di deformazione edometrica nei terreni coesivi può essere espresso con la relazione:

$$1/M_v = E = \alpha Q_c \quad \text{con } \alpha = 7$$

dove  $Q_c$  è la resistenza unitaria di punta del penetrometro statico alla quota considerata.

La determinazione di  $C_h(OC)$  costituisce la parte originale della prova di dissipazione C.P.T.U., eseguita con penetrometro dotato di piezocono, sviluppata contemporaneamente da Torstensson (1975) e da Wissa (1975).

Il coefficiente di consolidazione si ottiene con la relazione del tipo :

$$C_h = T/t \times R^2$$

dove  $T$  è un fattore di tempo corrispondente al grado di consolidazione considerato, ricavabile da diagrammi standard di riferimento,  $t$  è il tempo necessario per produrre la consolidazione considerata, che si ottiene dal grafico relativo alla prova di dissipazione ed  $R$  è il raggio del penetrometro.

Considerando gli schemi grafici delle prove di dissipazione eseguite alle quote di – 2.00 m dal piano prova per indagare la permeabilità dell'argine, a – 4.50 e a – 10.50 m dal piano prova nel substrato argilloso, si sono calcolati i coefficienti di permeabilità orizzontale con il metodo sopra descritto.

I valori ottenuti sono:

$$K_1 (- 2.00 \text{ m dal piano prova}) = 1.66 \times 10^{-8} \text{ cm/sec} \quad (\text{permeabilità dell'argine})$$

$$K_2 (- 6.20 \text{ m dal piano prova}) = 3.01 \times 10^{-8} \text{ cm/sec} \quad (\text{nel primo strato argilloso della barriera geologica})$$

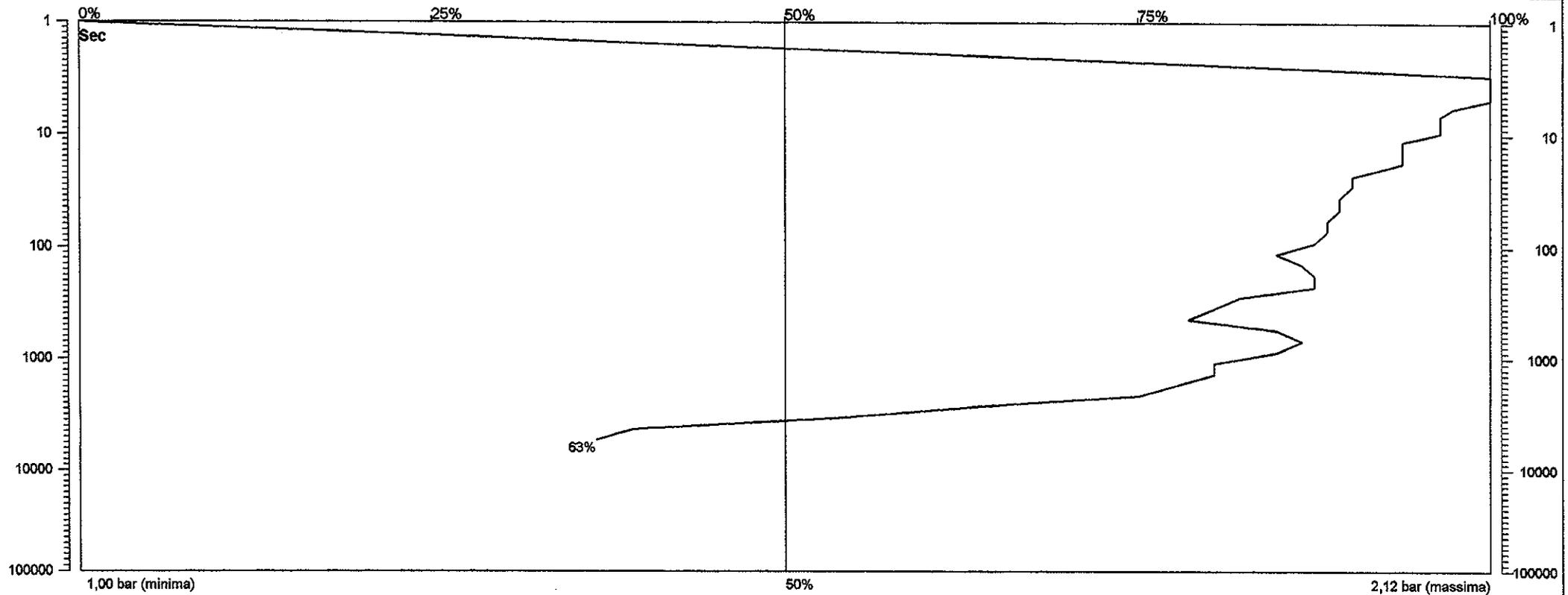
$$K_3 (- 10.50 \text{ m dal piano prova}) = 6.17 \times 10^{-8} \text{ cm/sec} \quad (\text{nel secondo strato argilloso della barriera geologica})$$

Terreni con le caratteristiche di permeabilità sopra elencate sono classificati impermeabili e risultano conformi ai criteri previsti dal D.Lgs 36/03 che richiede una permeabilità  $K \leq 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$  per lo spessore di 1.00 m.

Le permeabilità calcolate in sito sono tutte inferiori a  $1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$  e lo spessore della barriera geologica naturale risulta essere di 8.80 m a protezione dell'acquifero sottostante.

I grafici relativi ai relax test e i calcoli effettuati sono allegati di seguito.





1,00 bar (minima)

50%

2,12 bar (massima)

Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p
00:00:03	2,12	00:03:19	1,98	
00:00:03	2,12	00:04:11	1,98	
00:00:05	2,12	00:05:16	1,92	
00:00:06	2,09	00:06:38	1,90	
00:00:07	2,08	00:08:21	1,88	
00:00:10	2,08	00:10:30	1,95	
00:00:12	2,05	00:13:14	1,97	
00:00:15	2,05	00:16:39	1,95	
00:00:19	2,05	00:20:59	1,90	
00:00:25	2,01	00:26:25	1,90	
00:00:31	2,01	00:33:15	1,87	
00:00:39	2,00	00:41:52	1,84	
00:00:50	2,00	00:52:42	1,71	
00:01:03	1,99	01:06:21	1,60	
00:01:19	1,99	01:23:32	1,44	
00:01:40	1,98	01:45:10	1,41	
00:02:05	1,95			
00:02:38	1,97			

**DATI SULLA DISSIPAZIONE**

Pressione atmosferica: 1,00bar  
 Pressione colonna H2O: 1,00 bar (1 bar x 10.00m)  
 Pressione iniziale dissipazione: 2,12 bar  
 Pressione finale dissipazione: 1,00 bar (1,00 + 0,00)

**CALCOLI PERMEABILITA'**

Permeabilità orizzontale quota: 4,50m : kh = mv-yw·ch  
 kw = 3,01E-08[cm/sec]  
 mv = Coefficiente compressibilità volume [kg/cm²]  
 yw = Peso specifico acqua 0,001 [kg/cm³]  
 ch = Coefficiente consolidazione orizzontale volume: [cm²/sec]



di Paolo Cestari & C.  
 Laboratorio di prove geotecniche in sito (settore c)  
 Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
 Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

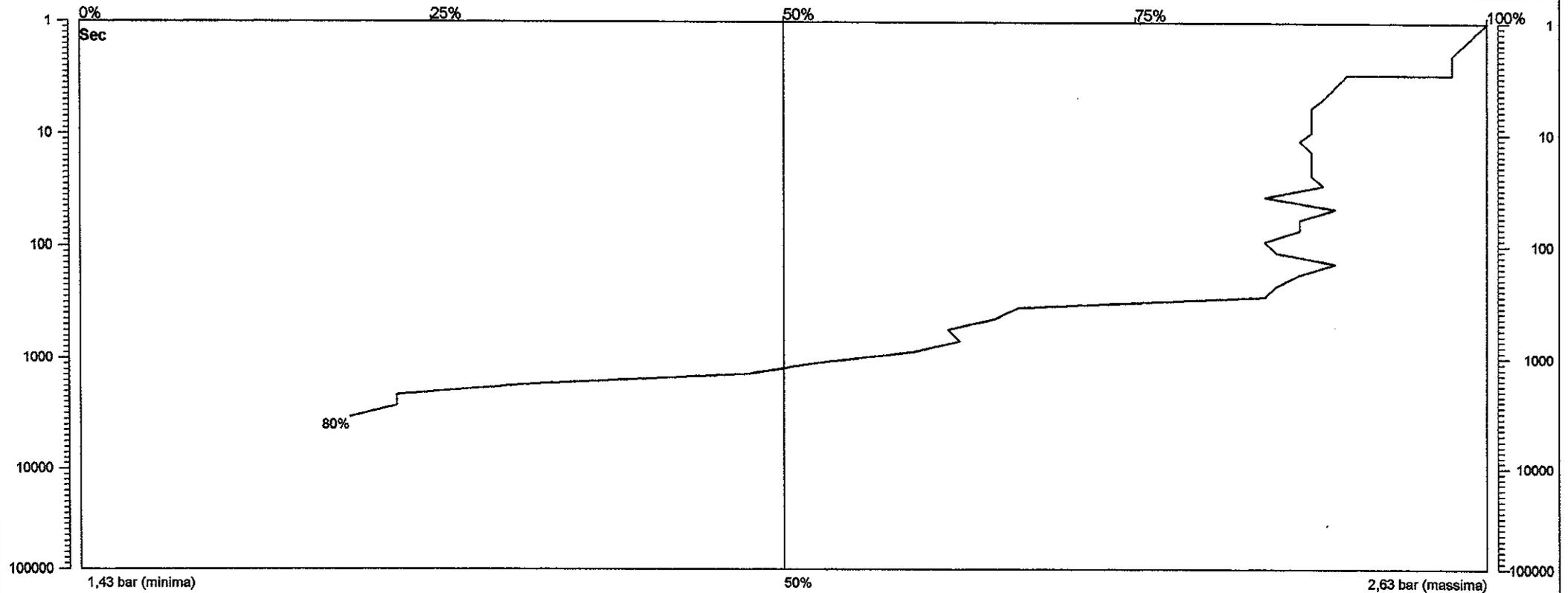
Committente: ACR di REGGIANI ALB.  
 Cantiere: Via Belvedere-MIRANDOLA-  
 Data: 30/01/2006

C.P.T.U. n°: 4  
 Quota: 10,50  
 Metodo: RELAX

Falda: -6,20

Certificato di prova n.:

Dissipazione n° 3



Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p	Time/p.p
00:00:01	2,63	00:02:05	2,45	
00:00:02	2,60	00:02:38	2,50	
00:00:03	2,60	00:03:19	2,47	
00:00:03	2,51	00:04:11	2,45	
00:00:05	2,49	00:05:16	2,44	
00:00:06	2,48	00:06:38	2,23	
00:00:07	2,48	00:08:21	2,21	
00:00:10	2,48	00:10:30	2,17	
00:00:12	2,47	00:13:14	2,18	
00:00:15	2,48	00:16:40	2,14	
00:00:19	2,48	00:20:58	2,06	
00:00:25	2,48	00:26:24	2,00	
00:00:31	2,49	00:33:15	1,81	
00:00:39	2,44	00:41:51	1,70	
00:00:50	2,50	00:52:42	1,70	
00:01:03	2,47	01:06:21	1,66	
00:01:19	2,47			
00:01:40	2,44			

DATI SULLA DISSIPAZIONE	
Pressione atmosferica:	1,00bar
Pressione colonna H2O:	1,43 bar (1 bar x 10.00m)
Pressione iniziale dissipazione:	2,63 bar
Pressione finale dissipazione:	1,43 bar (1,00 + 0,43)

CALCOLI PERMEABILITA'	
Permeabilità orizzontale quota: 10,50m : kh = mv.yw.ch	
kw = 6,17E-08[cm/sec]	
mv = Coefficiente compressibilità volume	[kg/cm²]
yw = Peso specifico acqua 0,001	[kg/cm³]
ch = Coefficiente consolidazione orizzontale volume:	[cm²/sec]

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RIITA BALLISTA

---

**VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GRANULOMETRICHE  
E CALCOLO DELLA PERMEABILITA' DELLA BARRIERA DI  
CONFINAMENTO**

Nel terzo lotto di ampliamento della discarica in oggetto la barriera di confinamento dello spessore di 100 cm è stata ottenuta mediante rimaneggiamento e compattazione per strati successivi di 20 cm dell'argilla in posto su cui è stata posizionata la geomembrana.

Le proprietà litologiche e granulometriche e la conducibilità idraulica dello strato minerale compattato così ottenuto sono state indagate con prove di laboratorio.

In sito sono stati prelevati mediante fustella campionatrice in PVC del diametro = 101 mm infissa con l'utilizzo del braccio di un escavatore meccanico, due campioni di terreno compattato indisturbato per l'esecuzione delle analisi granulometriche e delle prove per la determinazione del coefficiente di permeabilità in cella edometrica.

Il campione n. 1 è stato prelevato dalla profondità compresa fra - 0.20 e - 0.70 m dal fondo della discarica per uno spessore di 0.50 m, il campione n. 2 da - 0.40 a - 0.70 m per uno spessore di 30 cm.

L'ubicazione dei punti di prelievo dei campioni è indicata nella planimetria di seguito riportata.

Le analisi sono state eseguite dal Laboratorio SINERGEA S.r.l. di Granarolo dell'Emilia (BO) certificato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche dei terreni (settore a), ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 246/93 con decreto di concessione n° 53083 del 01/03/05 .

Sui due campioni sono state effettuate le analisi granulometriche.

Per le granulometrie superiori a 0.074 mm., corrispondenti al materiale trattenuto al setaccio n° 200, l'analisi è stata effettuata mediante vagliatura.

Per le granulometrie inferiori, facendo riferimento alla legge di decantazione di Stokes, si è utilizzato il metodo della sedimentazione usando i tubi di Appiani.

**CAMPIONE C1**      **QUOTA PRELIEVO** m: 0.20 – 0.70

Passante al 200 = 99.21 %

sabbia fine: 3.18%      limo: 28.86 %      argilla: 67.91 %

Classifica granulometrica (BUREAU OF SOIL): **ARGILLA**

Si tratta di un terreno argilloso leggermente limoso con presenza di piccoli frustoli vegetali e concrezioni calcaree.

**CAMPIONE C2**      **QUOTA PRELIEVO** m: 0.40 – 0.70

Passante al 200 = 99.82 %

sabbia fine: 0.37 %      limo: 10.60 %      argilla: 88.85 %

Classifica granulometrica (BUREAU OF SOIL): **ARGILLA**

Si tratta di un terreno argilloso con presenza di piccoli frustoli vegetali, di mica e bioclasti.

Sui due campioni è stata effettuata la prova edometrica per la determinazione della permeabilità verticale.

**CAMPIONE 1**      **PROFONDITA' m:** da 0.20 a 0.70

$K = 1.21 \times 10^{-10}$  m/s

**CAMPIONE 2**      **PROFONDITA' m:** da 0.40 a 0.70

$K = 1.33 \times 10^{-9}$  m/s

I certificati di prova delle analisi granulometriche e delle prove edometriche sono riportate di seguito.

Dalle analisi eseguite, lo strato di materiale compattato per la realizzazione della barriera di confinamento risulta, costituito da argille e argille leggermente limose con piccoli frustoli organici impermeabili.

Il valore di permeabilità determinato nel campione n. 1 risulta soddisfare i criteri previsti dal D.Lgs 36/03 che richiede una permeabilità  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s.

Il valore di permeabilità determinato nel campione n. 2 è di poco superiore a  $1 \times 10^{-9}$  m/s.

Il valore di permeabilità ottenuto dalla media dei due campioni risulta essere  $7.255 \times 10^{-10}$  m/s.



**CERTIFICATO n° :****CSP 06/0007-01****COMMESSA :** 06/005**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****06/0007 CSP****RICHIEDENTE :** Dott. P. CESTARI**CONSEGNATARIO :** Personale tecnico della ditta GEOPROGETTI**COMMITTENTE :** ACR di Reggiani Albertino SpA**LOCALITA' :** Via Belvedere - Mirandola**CANTIERE :** Discarica NP 2B - Verifica barriera geologica**DATA DI ACCETTAZIONE :** 01/02/06**DATA DI EMISSIONE :** 15/02/06**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** fustella di pvc**Sondaggio :** - **Campione :** 1 **Profondità :** 0,20 - 0,70 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** da Committenza**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
DSC	Descrizione geotecnica del campione	1	ASTM D 2488-84

**DATA INIZIO PROVA:** 07/02/06**DATA TERMINE PROVA:** 07/02/06

TIMBRO BLU SULL' ORIGINALE	SPERIMENTATORE Dott. Geol. Paolo COLLI	Il Direttore di Laboratorio Dott. Geol. Dario GRUNDLER
----------------------------	---	---

CERTIFICATO n°

CSP 06/0007-01

DATA EMISSIONE

15/02/2006

Pagina 2 di 2

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE - ASTM D2488

SONDAGGIO : - CAMPIONE : 1 PROFONDITA' : 0,20 ± 0,70 m

Data descrizione : 07/02/06 Forma del campione : cilindrica  
 Qualità del campione (AGI) : Q.5. Dimensioni del campione : L = 40 cm; φ = 8,4 cm

Profondità		Descrizione
da m	a m	
0,20	0,60	A L di colore bruno oliva (HUE 2.5Y 4/4). Presenza di veli e puntature nerastre e brunastre, di piccoli frustoli, di calcinelli e di bioclasti.  Nessuna reazione a contatto con HCl al 5%.

LEGENDA : A = Argilla/Argilloso L = Limo/Limoso S = Sabbia/Sabbioso T = Torba/Torboso  
 G = Ghiaia/Ghiaisoso F = Fine M = Medio C = Grossolano  
 Per i colori si fa riferimento a: "Munsell Soil Color Charts" (sigla tra parentesi)  
 ⊥ = perpendicolare all'asse del campione = parallelo all'asse del campione

SCHEMA DEL CAMPIONE			P.P. (MPa)	T.V. (MPa)	PROVE ESEGUITE
Prof. Nominale (m)	Profondità reale (m)				
0,20	0,20		0,17 ⊥		KED, GRA
			0,18 ⊥		
			0,19 ⊥		
			0,21 ⊥		
			0,15 ⊥		
			0,18 ⊥		
			0,12 ⊥		
0,70	0,60				

È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA SRL

DIRETTORE DI LABORATORIO



SPERIMENTATORE

**CERTIFICATO n° :****CSP 06/0007-02****COMMESSA :** 06/005**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****06/0007 CSP****RICHIEDENTE :** Dott. P. CESTARI**CONSEGNATARIO :** Personale tecnico della ditta GEOPROGETTI**COMMITTENTE :** ACR di Reggiani Albertino SpA**LOCALITA' :** Via Belvedere - Mirandola**CANTIERE :** Discarica NP 2B - Verifica barriera geologica**DATA DI ACCETTAZIONE :** 01/02/06**DATA DI EMISSIONE :** 15/02/06**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** fustella di pvc**Sondaggio :** - **Campione :** 1 **Profondità :** 0.20 - 0.70 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** da Committenza**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
GRA	Analisi granulometrica	1	ASTM D 422

**DATA INIZIO PROVA:** 09/02/06**DATA TERMINE PROVA:** 15/02/06

TIMBRO BLOCCO SULL'ORIGINALE

SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Paolo COLLIIl Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

CERTIFICATO n°

CSP 06/0007-02

DATA EMISSIONE

15/02/2006

Pagina 2 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

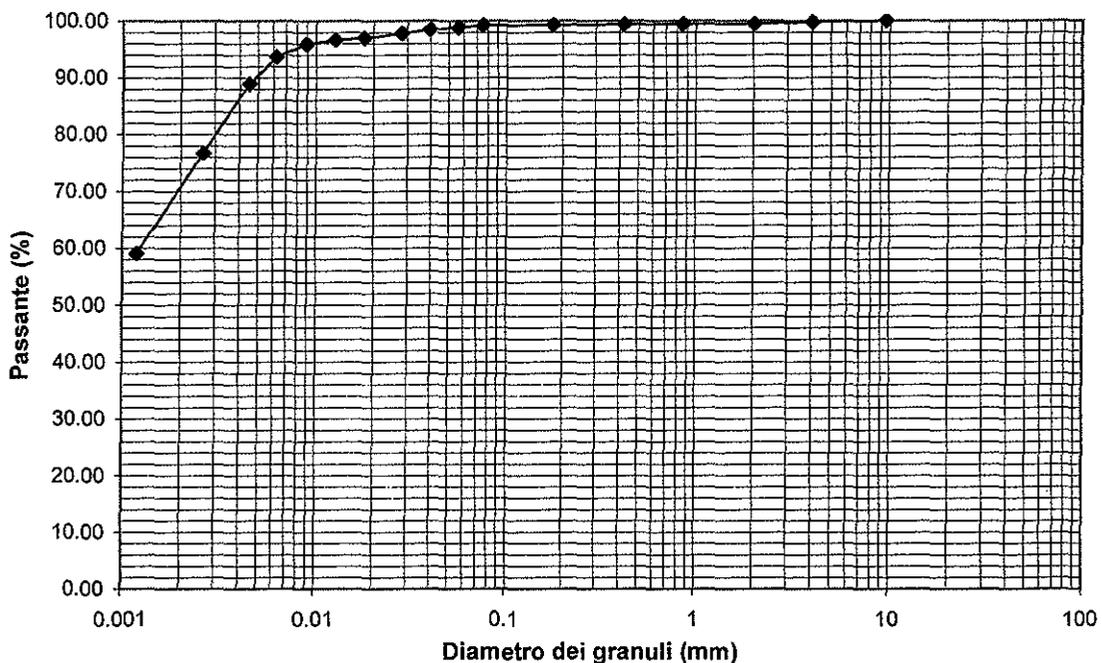
SONDAGGIO :

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': 0.20 ÷ 0.70 m

ANALISI PER VAGLIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	
massa provino		165.10 g		massa provino 42.54 g	
profondità provino		0.54 ÷ 0.60 m		profondità provino 0.54 ÷ 0.60 m	
VAGLI	APERTURA mm	PASSANTE % in peso	TRATTENUTO % in peso	G <sub>s</sub> 2.720 - assunto	
1 1/2 "	38.1	-	-	Riferimento: Certificato -	
1 "	25.4	-	-	eseguita sul passante al vaglio 200	
3/4 "	19.05	-	-	aerometro ASTM 151H	
3/8 "	9.525	100.00	0.00	DIAMETRO EQUIVALENTE % IN PESO PIU' FINE DI D	
5	4	99.79	0.21	D (mm)	
10	2	99.44	0.35	0.05610	98.84
20	0.85	99.41	0.03	0.03972	98.47
30	0.59	-	-	0.02815	97.73
40	0.42	99.39	0.02	0.01785	96.99
50	0.297	-	-	0.01264	96.62
80	0.177	99.29	0.10	0.00896	95.89
100	0.149	-	-	0.00622	93.67
140	0.105	-	-	0.00449	88.88
200	0.075	99.21	0.08	0.00260	76.71
				0.00119	59.01

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	Fine	Medio	Gross.	Fine	Media	Gross.	Fine	Media	Gross.	



È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA S.R.L.

DIRETTORE DI LABORATORIO



Spesimentatore

**CERTIFICATO n° :****CSP 06/0007-03****COMMESSA :** 06/005**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****06/0007 CSP****RICHIEDENTE :** Dott. P. CESTARI**CONSEGNATARIO :** Personale tecnico della ditta GEOPROGETTI**COMMITTENTE :** ACR di Reggiani Albertino SpA**LOCALITA' :** Via Belvedere - Mirandola**CANTIERE :** Discarica NP 2B - Verifica barriera geologica**DATA DI ACCETTAZIONE :** 01/02/06**DATA DI EMISSIONE :** 15/02/06**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** fustella di pvc**Sondaggio :** - **Campione :** 1 **Profondità :** 0.20 - 0.70 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** da Committenza**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
KED	Determinazione del coefficiente di permeabilità in cella edometrica	1	p.i. - POP-017

**DATA INIZIO PROVA:** 07/02/06**DATA TERMINE PROVA:** 10/02/06

TIMBRO DEL LABORATORIO GEOTECNICO SULL' ORIGINALE

SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Paolo COLLIIl Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

CERTIFICATO n°

CSP 06/0007-03

DATA EMISSIONE

15/02/06

Pag 2 di 2

**DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' IN CELLA EDMETRICA**

SONDAGGIO : - CAMPIONE: 1 PROFONDITA' (m): 0.20 + 0.70

DATI RELATIVI AL PROVINO		Riferimento: Certificato -	
CONDIZIONI DEL PROVINO: come consegnato			
Profondità del provino da m 0.54 a m 0.60			
		Inizio prova	Fine prova
Altezza provino	(mm)	H <sub>0</sub> = 20.00	H <sub>f</sub> = 19.73
Diametro provino	(mm)	D <sub>0</sub> = 71.36	D <sub>f</sub> = 71.36
Contenuto in acqua	(%)	w <sub>0</sub> = 37.76	w <sub>f</sub> = 38.14
Riferimento:		Certificato -	Certificato -
Peso di volume	(kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>0</sub> = 17.77	γ <sub>f</sub> = 18.06
Riferimento:		Certificato -	-
P. di vol. secco	(kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> = 12.90	γ <sub>df</sub> = 13.08
Indice dei vuoti	(-)	e <sub>0</sub> = 1.064	e <sub>f</sub> = 1.036
Grado di saturaz.	(%)	S <sub>0</sub> = 96.35	S <sub>f</sub> = 99.94
P. sp. dei grani	(-)	G <sub>s</sub> = 2.720	assunto
Riferimento:		Certificato -	

DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA'			
Pressione verticale efficace sul provino	σ <sub>v</sub> =	kPa	98
Sezione buretta graduata	a =	mm <sup>2</sup>	51.00
Superficie di filtrazione	A =	mm <sup>2</sup>	3999.99
Lunghezza di filtrazione	l =	mm	19.730
Carico idraulico iniziale	h <sub>0</sub> =	mm	454.65
Carico idraulico finale	h <sub>1</sub> =	mm	437.00
Tempo trascorso	t =	sec	82490
COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' k =	$\frac{al}{At} \ln \frac{h_0}{h_1}$	=	m/sec 1.21E-10

È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA S.R.L.

DIRETTORE DI LABORATORIO



SPERIMENTATORE

**CERTIFICATO n° :****CSP 06/0008-01****COMMESSA :** 06/005**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****06/0008 CSP****RICHIEDENTE :** Dott. P. CESTARI**CONSEGNATARIO :** Personale tecnico della ditta GEOPROGETTI**COMMITTENTE :** ACR di Reggiani Albertino SpA**LOCALITA' :** Via Belvedere - Mirandola**CANTIERE :** Discarica NP 2B - Verifica barriera geologica**DATA DI ACCETTAZIONE :** 01/02/06**DATA DI EMISSIONE :** 15/02/06**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** fustella di pvc**Sondaggio :** - **Campione :** 2 **Profondità :** 0.40 - 0.70 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** da Committenza**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
DSC	Descrizione geotecnica del campione	1	ASTM D 2488-84

**DATA INIZIO PROVA:** 07/02/06**DATA TERMINE PROVA:** 07/02/06

TIMBRO BLU SULL' ORIGINALE

SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Paolo COLLIIl Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

CERTIFICATO n°

CSP 06/0008-01

DATA EMISSIONE

15/02/2006

Pagina 2 di 2

**DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE - ASTM D2488**

SONDAGGIO : -                      CAMPIONE : 2                      PROFONDITA' : 0.40 ÷ 0.70 m

Data descrizione : 07/02/06                      Forma del campione : cilindrica  
 Qualità del campione (AGI) : Q.5.                      Dimensioni del campione : L = 30 cm;  $\phi$  = 8,4 cm

Profondità		Descrizione
da m	a m	
0.40	0.70	A L di colore bruno grigiastro scuro (HUE 2.5Y 4/2). Presenza di veli e puntature nerastre e brunastre, di piccoli frustoli, di mica e di bioclasti.  Nessuna / Debole reazione a contatto con HCl al 5%.

LEGENDA : A = Argilla/Argilloso    L = Limo/Limoso    S = Sabbia/Sabbioso    T = Torba/Torboso  
 G = Ghiaia/Ghiaioso    F = Fine    M = Medio    C = Grossolano  
 Per i colori si fa riferimento a: "Munsell Soil Color Charts" (sigla tra parentesi)  
 ⊥ = perpendicolare all'asse del campione                      = parallelo all'asse del campione

SCHEMA DEL CAMPIONE			P.P.	T.V.	PROVE ESEGUITE
Prof. Nominale (m)	Profondità reale (m)		(MPa)	(MPa)	
0.40	-----	0.40			KED, GRA
			0.2	⊥	
			0.24	⊥	
			0.20	⊥	
0.70	-----	0.70	0.21	⊥	
			0.15	⊥	

È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA srl.

DIRETTORE DI LABORATORIO



SPERIMENTATORE

**CERTIFICATO n° :****CSP 06/0008-02****COMMESSA :** 06/005**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****06/0008 CSP****RICHIEDENTE :** Dott. P. CESTARI**CONSEGNATARIO :** Personale tecnico della ditta GEOPROGETTI**COMMITTENTE :** ACR di Reggiani Albertino SpA**LOCALITA' :** Via Belvedere - Mirandola**CANTIERE :** Discarica NP 2B - Verifica barriera geologica**DATA DI ACCETTAZIONE :** 01/02/06**DATA DI EMISSIONE :** 15/02/06**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** fustella di pvc**Sondaggio :** - **Campione :** 2 **Profondità :** 0.40 - 0.70 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** da Committenza**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
GRA	Analisi granulometrica	1	ASTM D 422

**DATA INIZIO PROVA:** 09/02/06**DATA TERMINE PROVA:** 15/02/06

TIMBRO BLU

SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Paolo COLLIIl Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

CERTIFICATO n°

CSP 06/0008-02

DATA EMISSIONE

15/02/2006

Pagina 2 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

SONDAGGIO :

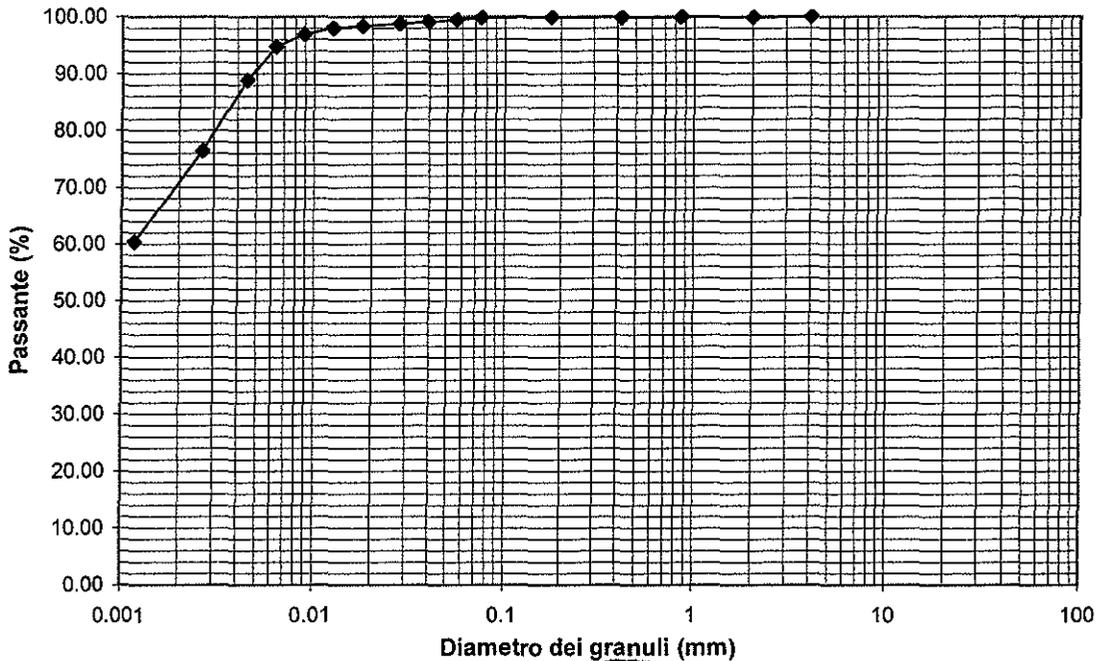
CAMPIONE: 2

PROFONDITA':

0.40 ÷ 0.70 m

ANALISI PER VAGLIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	
massa provino		178.40 g		massa provino 43.17 g	
profondità provino		0.64 ÷ 0.70 m		profondità provino 0.64 ÷ 0.70 m	
VAGLI	APERTURA mm	PASSANTE % in peso	TRATTENUTO % in peso	G <sub>s</sub> 2.720 - assunto	
				Riferimento: Certificato -	
1 1/2"	38.1	-	-	eseguita sul passante al vaglio 200	
1"	25.4	-	-	aerometro ASTM 151H	
3/4"	19.05	-	-	DIAMETRO EQUIVALENTE / % IN PESO PIU' FINE DI D	
3/8"	9.525	-	-	D (mm)	
5	4	100.00	0.00	0.05583	99.45
10	2	99.97	0.03	0.03953	99.09
20	0.85	99.93	0.03	0.02798	98.72
30	0.59	-	-	0.01772	98.36
40	0.42	99.91	0.02	0.01254	97.99
50	0.297	-	-	0.00890	96.89
80	0.177	99.88	0.03	0.00634	94.70
100	0.149	-	-	0.00448	88.85
140	0.105	-	-	0.00264	76.42
200	0.075	99.82	0.07	0.00117	60.33

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	Fine	Medio	Gross.	Fine	Media	Gross.	Fine	Media	Gross.	



DIRETTORE DI LABORATORIO



Sperimentatore

È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA s.r.l.

**CERTIFICATO n° :****CSP 06/0008-03****COMMESSA :** 06/005**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****06/0007 CSP****RICHIEDENTE :** Dott. P. CESTARI**CONSEGNATARIO :** Personale tecnico della ditta GEOPROGETTI**COMMITTENTE :** ACR di Reggiani Albertino SpA**LOCALITA' :** Via Belvedere - Mirandola**CANTIERE :** Discarica NP 2B - Verifica barriera geologica**DATA DI ACCETTAZIONE :** 01/02/06**DATA DI EMISSIONE :** 15/02/06**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** fustella di pvc**Sondaggio :** - **Campione :** 2 **Profondità :** 0.40 - 0.70 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** da Committenza**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
KED	Determinazione del coefficiente di permeabilità in cella edometrica	1	p.i. - POP-017

**DATA INIZIO PROVA:** 07/02/06**DATA TERMINE PROVA:** 10/02/06

TIMBRO BLU

SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Paolo COLLIIl Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

**CERTIFICATO n°**
**CSP 06/0008-03**
**DATA EMISSIONE**
**15/02/06**

Pag 2 di 2

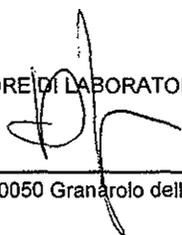
**DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' IN CELLA EDOMETRICA**
**SONDAGGIO :** - **CAMPIONE:** 2 **PROFONDITA' (m):** 0.40 + 0.70

DATI RELATIVI AL PROVINO		Riferimento: Certificato -	
CONDIZIONI DEL PROVINO:		come consegnato	
Profondità del provino		da m 0.64 a m 0.70	
		Inizio prova	Fine prova
Altezza provino	(mm)	H <sub>0</sub> = 20.00	H <sub>f</sub> = 19.80
Diametro provino	(mm)	D <sub>0</sub> = 71.36	D <sub>f</sub> = 71.36
Contenuto in acqua	(%)	w <sub>0</sub> = 36.04	w <sub>f</sub> = 36.06
Riferimento:		Certificato -	Certificato -
Peso di volume	(kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>0</sub> = 18.06	γ <sub>f</sub> = 18.24
Riferimento:		Certificato -	-
P. di vol. secco	(kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> = 13.27	γ <sub>df</sub> = 13.41
Indice dei vuoti	(-)	e <sub>0</sub> = 1.006	e <sub>f</sub> = 0.986
Grado di saturaz.	(%)	S <sub>0</sub> = 97.25	S <sub>f</sub> = 99.31
P. sp. dei grani	(-)	G <sub>s</sub> = 2.720	assunto
Riferimento:		Certificato -	

DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA'			
Pressione verticale efficace sul provino	σ <sub>v</sub> =	kPa	98
Sezione buretta graduata	a =	mm <sup>2</sup>	51.00
Superficie di filtrazione	A =	mm <sup>2</sup>	3999.99
Lunghezza di filtrazione	l =	mm	19.797
Carico idraulico iniziale	h <sub>0</sub> =	mm	386.02
Carico idraulico finale	h <sub>1</sub> =	mm	290.92
Tempo trascorso	t =	sec	53650
COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' k =	$\frac{al}{At} \ln \frac{h_0}{h_1}$	=	m/sec
			1.33E-09

È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA.srl.

DIRETTORE DI LABORATORIO




SPERIMENTATORE



## **VALUTAZIONE DI VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO**

Sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi eseguite in sito e in laboratorio è stata valutata indicativamente la vulnerabilità dell'acquifero ubicato a - 8.80 m al di sotto del fondo della discarica in sabbie mediamente addensate .

Nel caso è stata sviluppata un'analisi semplificata esaminando il flusso monodimensionale che caratterizza la possibile filtrazione di inquinanti dal fondo della discarica verso l'acquifero.

Si ipotizza un flusso costante con direzione unidimensionale verticale.

Il tempo necessario per attraversare uno strato di spessore "s" viene calcolato con il rapporto

$$t = s / (n \times v)$$

dove t = tempo di percorrenza

s = spessore dello strato

n = porosità effettiva del mezzo attraversato

v = velocità del flusso unidirezionale

Se si considera:

la geomembrana con spessore di 0.002 m e permeabilità  $k = 1 \times 10^{-12}$  m/s

lo strato minerale compattato con spessore di 1.00 m e permeabilità media  $k = 7.255 \times 10^{-10}$  m/s

la barriera geologica naturale con il primo strato coesivo dello spessore medio di 4.00 m e permeabilità  $k = 3.01 \times 10^{-10}$  m/s

la barriera geologica naturale con il secondo strato coesivo dello spessore medio di 4.80 m e permeabilità  $k = 6.17 \times 10^{-10}$  m/s

una porosità efficace cautelativamente uguale a 0.43 (in letteratura il valore della porosità efficace in terreni argillosi viene riportata variabile da 0.32 a 0.43, da determinazioni in laboratorio eseguite dallo scrivente su terreni argillosi con caratteristiche litologiche paragonabili a quelle di studio il valore calcolato risulta di 0.35)

il tempo necessario a un eventuale inquinante proveniente dal fondo della discarica per raggiungere l'acquifero risulta di

126,84 anni per la geomembrana

102,09 anni per lo strato minerale compattato

979,92 anni per il primo strato della barriera geologica naturale  
573,69 anni per il secondo strato della barriera geologica naturale  
per un totale di 1782, 54 anni.

### **VERIFICHE DI STABILITA'**

Il profilo del futuro accumulo di rifiuti non pericolosi e delle arginature di coronamento è stato analizzato mediante verifiche di stabilità.

Il terzo lotto di ampliamento ha dimensioni di 41.00 x 73.00 m

Il fondo del bacino di contenimento è a - 1.20 m dal piano campagna.

Gli argini di contenimento, realizzati in terra costipata per strati successivi con rullo vibrante, raggiungono l'altezza di + 3.00 m dal p.c. con scarpata interna inclinata di 45° ed esterna di 30°.

La coltivazione della discarica in oggetto prevede che il cumulo di rifiuti non pericolosi messi in riserva raggiunga l'altezza di 5 m rispetto il piano campagna attuale, 2 m oltre l'argine di contenimento con un inclinazione di 30°.

Le verifiche sono state eseguite considerando come parametri geotecnici del rifiuto non pericoloso costituito da fanghi bentonitici, gli stessi considerati per l'argine perimetrale formato da argilla compattata.

I parametri geotecnici sono stati interpolati indicativamente dall'analisi dei dati ricavati dalle prove penetrometriche statiche elettriche e meccaniche, cercando di utilizzare dei valori cautelativi.

La falda freatica di circolazione superficiale è stata posizionata alla quota di - 3.20 m dal p.c. come da misure eseguite in sito all'atto d'esecuzione delle prove.

Le verifiche sono state realizzate col programma I.L.A. Geo Soft di Ing. G. Scioldo e nelle condizioni più critiche, cioè la maglia di analisi è stata posizionata in modo da indagare la parte di pendio più instabile.

- E' stata verificata la stabilità delle arginature di coronamento.
- E' stata verificata la stabilità dell'accumulo dei rifiuti

I calcoli di verifica del profilo finale confermano la stabilità dell'intera opera.

Le analisi di stabilità effettuate permettono di certificare che il profilo di progetto del cumulo della discarica di Rifiuti Non Pericolosi e degli argini di contenimento relativamente al terzo lotto è stabile .

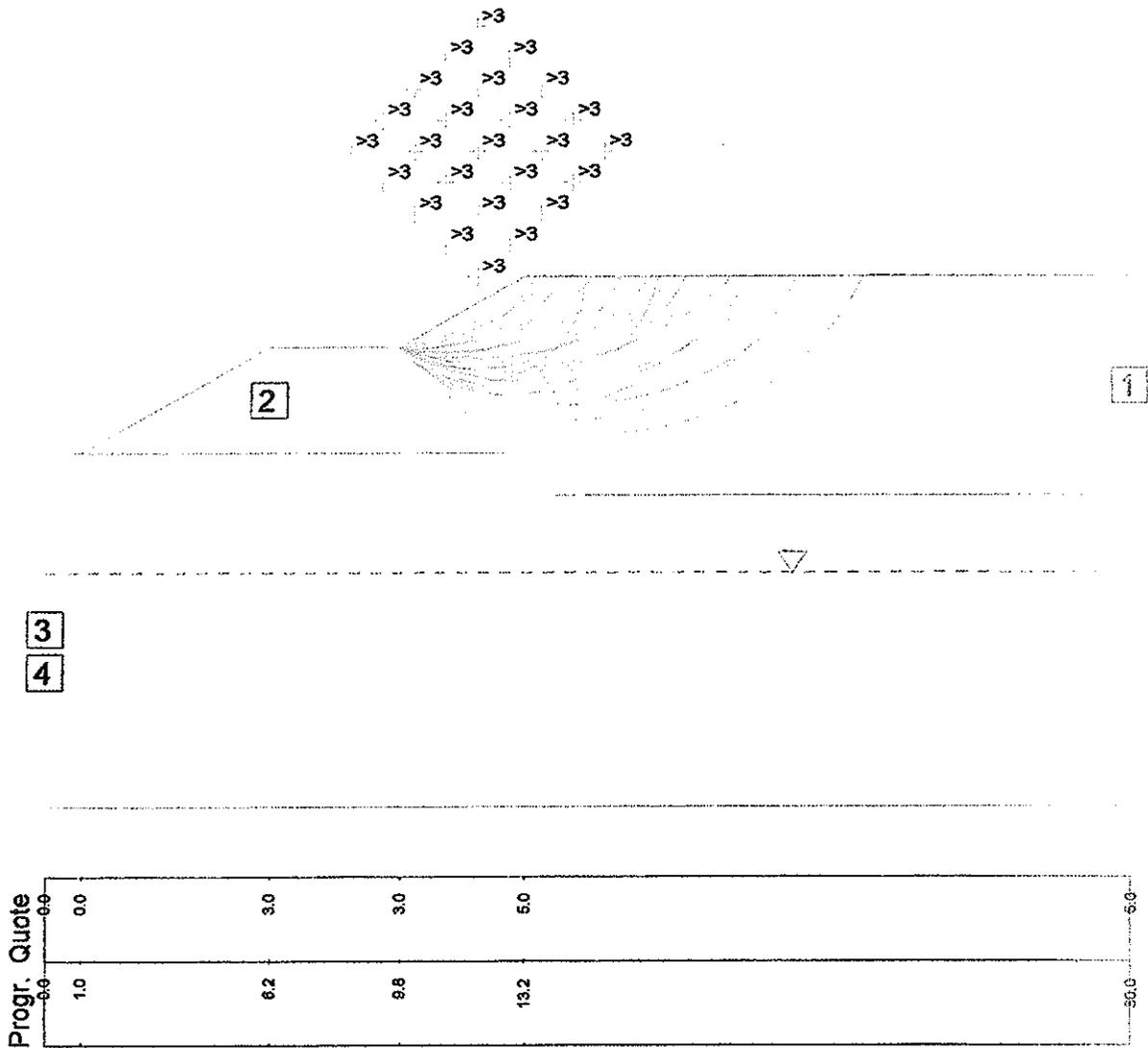
Le inclinazioni del profilo analizzato sono più che accettabili infatti le superfici di scivolamento indagate, hanno tutte coefficiente di sicurezza  $> 3$ .

# DISCARICA DI RIFIUTI NON PERICOLOSI

ACR di REGGIANI ALBERTINO

Verifica di stabilità rifiuti

Litotipo 1:	$\phi = 17$	$c = 3$	$\gamma = 1.8$
Litotipo 2:	$\phi = 17$	$c = 3$	$\gamma = 1.8$
Litotipo 3:	$\phi = 15$	$c = 2$	$\gamma = 1.8$
Litotipo 4:	$\phi = 30$	$c = 0$	$\gamma = 2$
Metodo: Jambu	Gamma acqua=1		

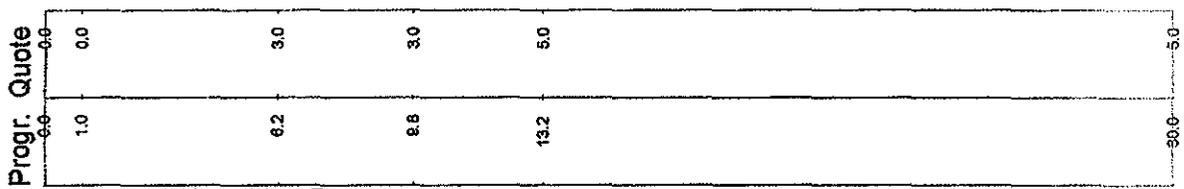
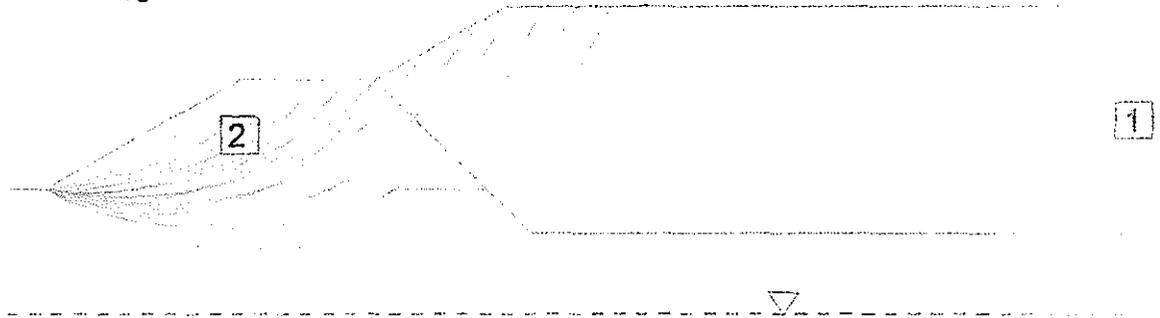
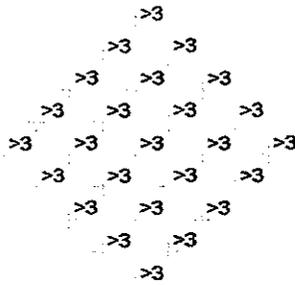


# DISCARICA DI RIFIUTI NON PERICOLOSI

ACR di REGGIANI ALBERTINO

Verifica di stabilità argine

Litotipo 1:	phi= 17	c= 3	gamma= 1.8
Litotipo 2:	phi= 17	c= 3	gamma= 1.8
Litotipo 3:	phi= 15	c= 2	gamma= 1.8
Litotipo 4:	phi= 30	c= 0	gamma= 2
Metodo: Jambu	Gamma acqua=1		



## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Il presente studio è stato redatto ad integrazione al Piano di Adeguamento della discarica di rifiuti Non Pericolosi categoria 2B, sita in Via Belvedere di proprietà della Ditta ACR S.p.A. di Reggiani Albertino in Comune di Mirandola, per verificare la continuità litologica e le caratteristiche di permeabilità della barriera geologica naturale e della barriera di confinamento ai sensi del Dlgs 13 gennaio 2003 n. 36 relativamente al terzo lotto di ampliamento.

Le proprietà stratigrafiche dei terreni e degli argini e la continuità litologica del substrato sono stati determinati mediante esecuzione di n. 3 prove penetrometriche, due eseguite con punta meccanica e una con punta elettrica.

Dalla comparazione delle tre prove il substrato sottostante il terzo lotto della discarica in oggetto, costituito da terreni argillosi mediamente compatti che rappresenta lo strato di barriera geologica naturale, risulta dello spessore di 8.80 m considerando che il fondo della discarica è a - 1.20 m dal p.c.

Le tre prove penetrometriche sono omogenee ed essendo state eseguite ai lati opposti dell'ampliamento garantiscono la continuità di tale strato naturale su tutta la superficie del terzo lotto.

La soggiacenza della frangia freatica superficiale a piano campagna è stata misurata in sito in data 30/01/2006 ad una profondità variabile da - 6.00 a - 6.20 m dal piano d'esecuzione prove ( - 3.20 m dal piano campagna). Il valore misurato è imputabile alla risalita di acqua dall'acquifero profondo in pressione in quanto confinato dallo spessore di argille sovrastanti.

L'acquifero effettivo nell'area di studio con acqua di circolazione abbondante e utile per lo sfruttamento si trova al di sotto dei 10.00 m di profondità in sabbie mediamente addensate.

Gli argini di contenimento sono costituiti da argille compatte.

La permeabilità in sito della barriera geologica e degli argini di contenimento è stata calcolata mediante l'esecuzione di n. 3 prove di dissipazione delle pressioni interstiziali utilizzando la punta elettrica con piezocono "Envi Memocone" .

I valori ottenuti sono:

$K_1$  (- 2.00 m dal piano prova) =  $1.66 \times 10^{-8}$  cm/sec (permeabilità dell'argine)

$K_2$  (- 6.20 m dal piano prova) =  $3.01 \times 10^{-8}$  cm/sec (nello strato argilloso più superficiale della barriera geologica)

$K_3$  (- 10.50 m dal piano prova) =  $6.17 \times 10^{-8}$  cm/sec (nello strato argilloso più profondo della barriera geologica)

Terreni con le caratteristiche di permeabilità sopra elencate sono classificati impermeabili e risultano conformi ai criteri previsti dal D.Lgs 36/03 che richiede una permeabilità  $K \leq 1 \times 10^{-7}$  cm/s per lo spessore di 1.00 m.

Le permeabilità calcolate in sito sono tutte inferiori a  $1 \times 10^{-7}$  cm/s e lo spessore della barriera geologica naturale risulta essere di 8.80 m a protezione dell'acquifero sottostante.

La barriera di confinamento dello spessore di 100 cm è stata ottenuta, nell'ampliamento oggetto di studio, mediante rimaneggiamento e compattazione per strati successivi di 20 cm dell'argilla in posto su cui è stata posizionata la geomembrana.

Le proprietà litologiche e granulometriche e la conducibilità idraulica dello strato minerale compattato così ottenuto sono state indagate con prove di laboratorio.

Dalle analisi eseguite, lo strato compattato risulta costituito da argille e argille leggermente limose con piccoli frustoli organici impermeabili.

Il valore di permeabilità determinato nel campione n. 1 risulta soddisfare i criteri previsti dal D.Lgs 36/03 che richiede una permeabilità  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s.

Il valore di permeabilità determinato nel campione n. 2 è di poco superiore a  $1 \times 10^{-9}$  m/s.

Il valore di permeabilità ottenuto dalla media dei due campioni risulta essere di  $7.255 \times 10^{-10}$  m/s, inferiore a quanto richiesto dalla normativa.

Infine si sono verificati mediante analisi di stabilità il profilo di progetto del cumulo della discarica di Rifiuti Non Pericolosi e gli argini di contenimento relativamente al terzo lotto.

Le inclinazioni del profilo analizzato sono più che accettabili infatti le superfici di scivolamento indagate, hanno tutte coefficiente di sicurezza  $> 3$ .

Da quanto sopra esposto e sulla base delle indagini e delle analisi effettuate si attesta l'equivalenza tra le caratteristiche del fondo e degli argini di contenimento del terzo lotto della discarica di rifiuti non pericolosi 2B oggetto di studio alle specifiche tecniche e alle imposizioni normative previste dal D.Lgs 36/03

Dott.Geol. Roberto Banfi