CONSORZIO BONIFICA 5 TOSCANA COSTA

SEDE LEGALE:
Via degli Speziali 17 - Loc. Venturina Terme 57021 CAMPIGLIA MARITTIMA (LI)
Telefono: +39 0565 85761 *Fax:* +39 0565 857690
Posta Certificata: cbaltamaremma@pcert.
Sito web: www.cbtoscanacosta.it
C.F.01779220498

OGGETTO

- 01781 (ex 00349) - Fiume Pecora _ Interventi strutturali
- 01779- Fiume Pecora - Casse di laminazione (L.183/89- Altto integrativo accordo di programma del 24.11.2003)

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

- REALIZZAZIONE DI UNA CASSA DI ESPANSIONE IN DERIVAZIONE IN SX UBICATA IN LOC. SCOPAIONE - COMUNE DI SCARLINO (GR)
- OPERE DI RINGROSSO ARGINALE IN LOC. CANNAVOTA - COMUNE DI FOLLONICA E SCARLINO (GR)
- ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE IN LOC. VADO ALL'ARANCIO COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

CUP E34B07000040001

PROGETTO ESECUTIVO:
Relazione Geologico-Geotecnica ed indagini geognostiche e chimiche - Verifiche di stabilità

Il Resp. del Procedimento

Dott. Alessandro Fabbrizzi

Progettisti

Geom. Angela Nencioni

Ing. Lorenzo Rotelli

P.A. Michele Sicurani

Consulenza esterna:
Università di Pisa
Il Resp. Scientifico:
Prof. Ing. Stefano Pagliara

Consulenza esterna
Dott. Ing. Fernando Muccetti

DATA	ELAB.
Agosto 2014	A3

consorzio di bonifica alta maremma

LAVORI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI CASSE DI ESPANSIONE PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL FIUME PECORA IN LOCALITA' "SCOPAIONE"
ATTIVITA' DI CONSULENZA TECNICA

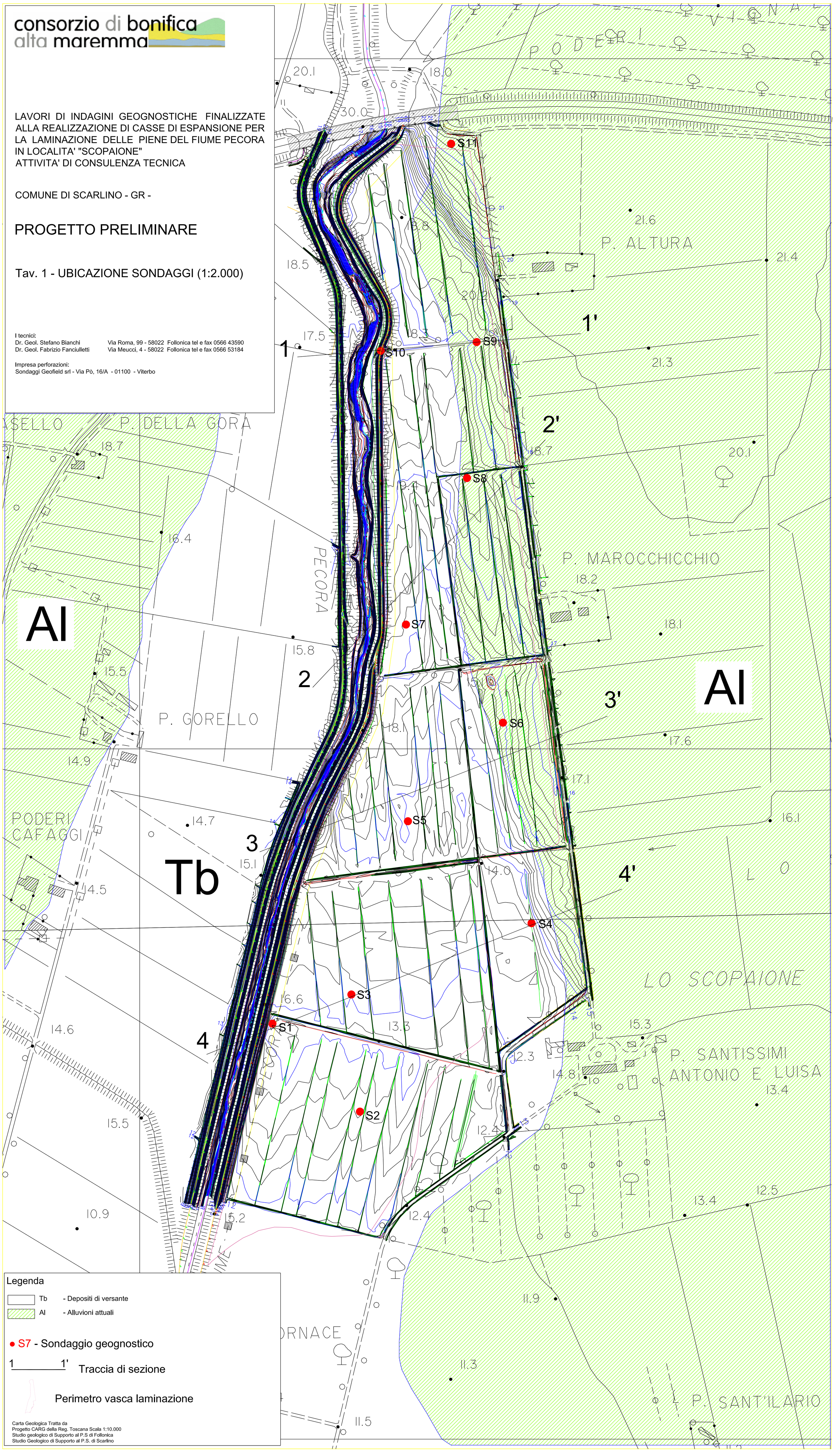
COMUNE DI SCARLINO - GR -

PROGETTO PRELIMINARE

Tav. 1 - UBICAZIONE SONDAGGI (1:2.000)

I tecnici:
Dr. Geol. Stefano Bianchi — Via Roma, 99 - 58022 Follonica tel e fax 0566 43590
Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti — Via Meucci, 4 - 58022 Follonica tel e fax 0566 53184

Impresa perforazioni:
Sondaggi Geofield srl - Via Pò, 16/A - 01100 - Viterbo



Legenda

- Tb - Depositi di versante
- Al - Alluvioni attuali
- S7 - Sondaggio geognostico
- 1 — 1' Traccia di sezione
- Perimetro vasca laminazione

Carta Geologica Tratta da
Progetto CARG della Reg. Toscana Scala 1:10.000
Studio geologico di Supporto al P.S di Follonica
Studio Geologico di Supporto al P.S. di Scarlino

consorzio di bonifica alta maremma

LAVORI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI CASSE DI ESPANSIONE PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL FIUME PECORA IN LOCALITA' "SCOPAIONE"
ATTIVITA' DI CONSULENZA TECNICA

COMUNE DI SCARLINO - GR -

PROGETTO PRELIMINARE

Tav. 2 - SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE (1:1.000/1:200)

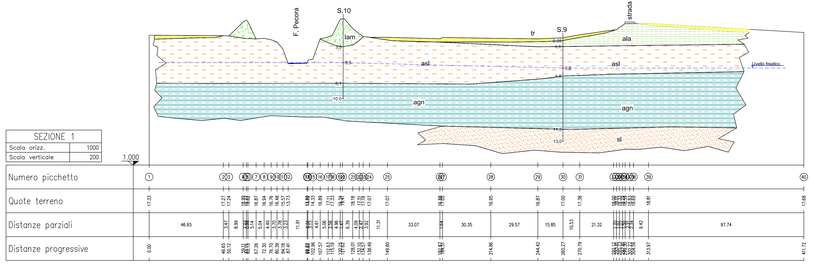
I tecnici:
Dr. Geol. Stefano Bianchi — Via Roma, 99 - 58022 Follonica tel e fax 0566 43590
Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti — Via Meucci, 4 - 58022 Follonica tel e fax 0566 53184

Impresa perforazioni:
Sondaggi Geofield srl - Via Po, 16/A - 01100 - Viterbo

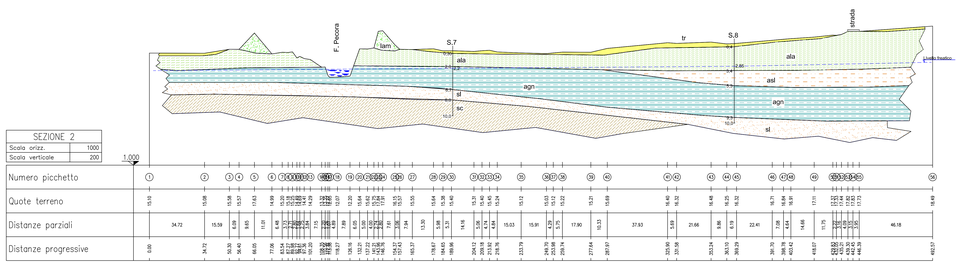
I sondaggi S. 1 ed S.9 sono stati attrezzati con piezometro completo di pozzino di protezione.

Il livello piezometrico rilevato nel foro di sondaggio S.4 è stato trascurato in quanto misurato immediatamente a fine perforazione, senza attendere l'instaurarsi di un equilibrio idrostatico, causa pareti del sondaggio che si richiudevano in continuazione.

SEZIONE 1 - 1



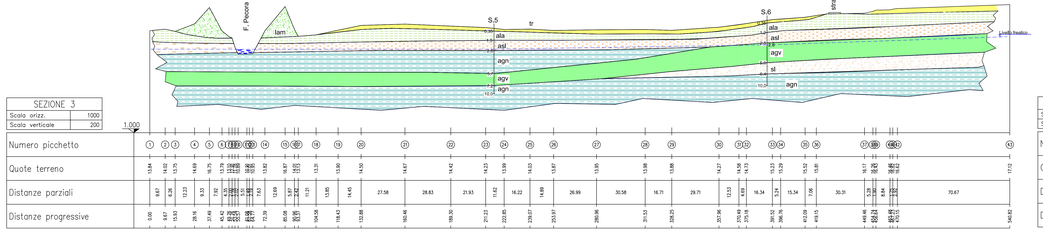
SEZIONE 2 - 2



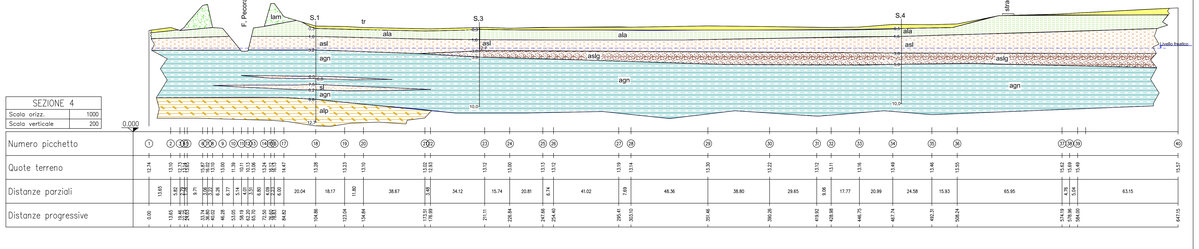
Legenda:

- tr - terreno agrario
- lam - Limi argillosi (argine F. pecora)
- ala - Alluvioni limo argillose
- asl - Alluvioni sabbio limose
- aslc - Alluvioni sabbio limose ciottolose
- agn - Argilla grigio nerastra
- agv - Argilla grigio verdastra
- sl - Sabbia limosa
- sc - Sabbia limosa ciottolosa
- alp - Argilla limosa giallastra

SEZIONE 3 - 3



SEZIONE 4 - 4



consorzio di bonifica alta maremma

LAVORI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI CASSE DI ESPANSIONE PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL FIUME PECORA IN LOCALITA' "SCOPAIONE"
ATTIVITA' DI CONSULENZA TECNICA

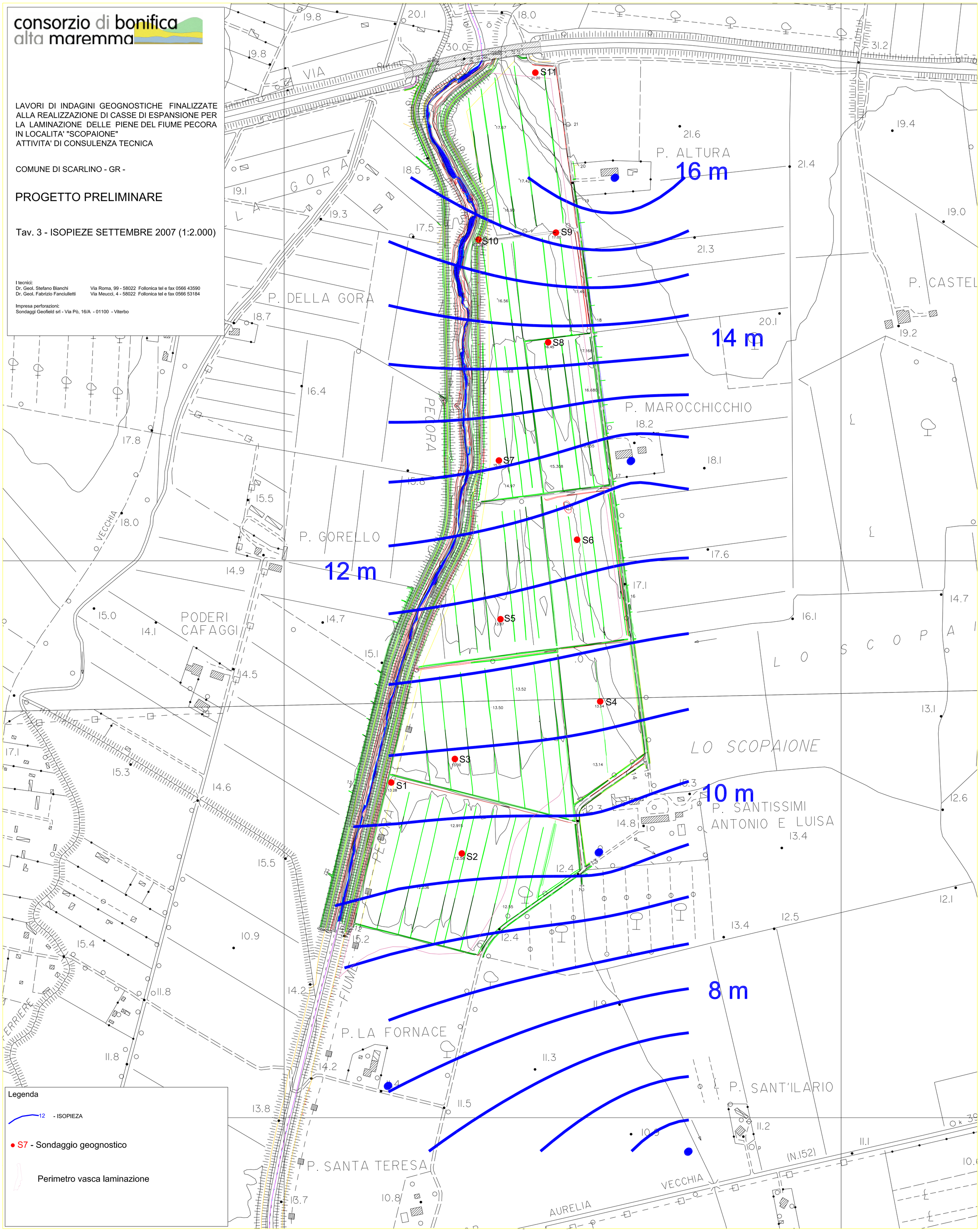
COMUNE DI SCARLINO - GR -

PROGETTO PRELIMINARE

Tav. 3 - ISOPIEZE SETTEMBRE 2007 (1:2.000)

I tecnici:
Dr. Geol. Stefano Bianchi — Via Roma, 99 - 58022 Follonica tel e fax 0566 43590
Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti — Via Meucci, 4 - 58022 Follonica tel e fax 0566 53184

Impresa perforazioni:
Sondaggi Geofield srl - Via Pò, 16/A - 01100 - Viterbo



consorzio di bonifica alta maremma

LAVORI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI CASSE DI ESPANSIONE PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL FIUME PECORA IN LOCALITA' "SCOPAIONE"
ATTIVITA' DI CONSULENZA TECNICA

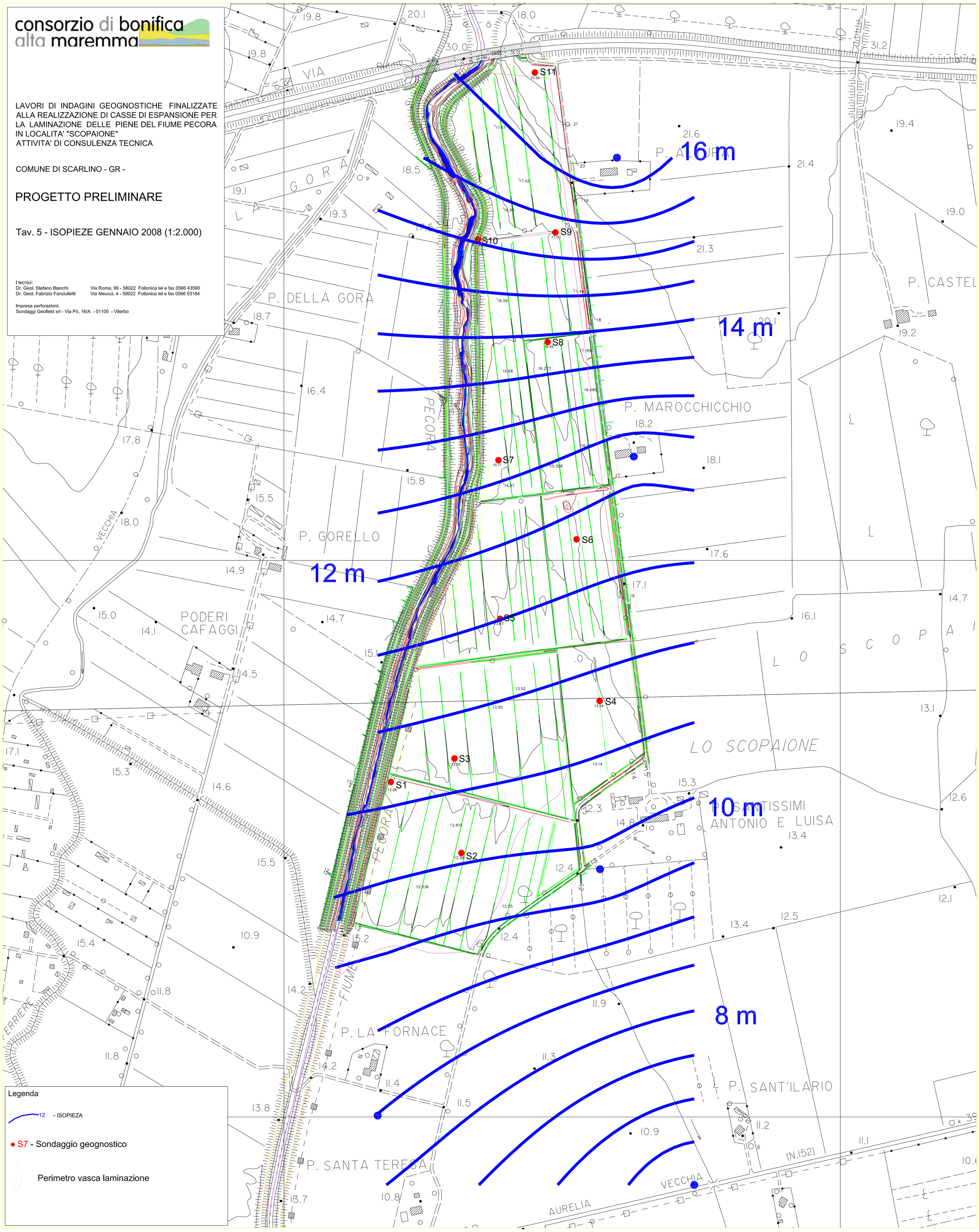
COMUNE DI SCARLINO - GR -

PROGETTO PRELIMINARE

Tav. 5 - ISOPIEZE GENNAIO 2008 (1:2.000)

I tecnici:
Dr. Geol. Stefano Bianchi — Via Roma, 99 - 58022 Follonica tel e fax 0566 43590
Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti — Via Meucci, 4 - 58022 Follonica tel e fax 0566 53184

Impresa perforazioni:
Sondaggi Geofield srl - Via Pò, 16/A - 01100 - Viterbo



consorzio di bonifica alta maremma

LAVORI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI CASSE DI ESPANSIONE PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL F. PECORA IN LOCALITA' CAMPO SCOPAIONE ED ATTIVITA' DI CONSULENZA TECNICA.

COMUNE DI SCARLINO (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

RAPPORTO TECNICO

I tecnici:

Dr. Geol. Stefano Bianchi
Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti

Via Roma, 99 – 58022 Follonica
Via Meucci, 4 – 58022 Follonica

Impresa perforazioni:

Sondaggi Geofield srl
Via po, 16/A – 01100 Viterbo

Febbraio 2008

INDICE

1 – PREMESSA	**Pag. 3**
2 – UBICAZIONE GEOGRAFICA	**“ 4**
3 – CENNI DI GEOLOGIA	**“ 5**
4 – CAMPAGNA GEOGNOSTICA	**“ 6**
4.1 – Tipi di attrezzature e metodologie utilizzate	**“ 6**
4.2 – Frequenza delle prove geotecniche in situ	**“ 7**
4.3 – Presentazione dei risultati	**“ 7**
5 – ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO	**“ 32**
5.1 –Prove eseguite	**“ 32**
5.2 – Attrezzature e metodologie di prove	**“ 32**
5.3 – Presentazione dei risultati	**“ 32**
6 – CONCLUSIONI	**“ 114**

1 - PREMESSA

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" è stata eseguita, nel mese di Dicembre 2007, una campagna geognostica finalizzata alla caratterizzazione fisico meccanica dei terreni sui quali è prevista la realizzazione di vasche di laminazione per il controllo delle piene del Fiume Pecora. Tale area è ubicata in località Scopatone del Comune di Scarlino.
I lavori di campagna sono consistiti nella realizzazione di n° 11 sondaggi a carotaggio continuo, presa di campioni indisturbati, realizzazione di prove di permeabilità ed STP in foro, prove di laboratorio geotecnico (granulometrie, Proctor, taglio, ecc).
Lo studio si è svolto in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 11.03.1988 e successive modifiche ed integrazioni; gli elaborati prodotti sono conformi a quanto disposto dall'art. 18 e seguenti (Progetto Preliminare), di cui al D.P.R 21 dicembre 1999, n° 554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni".
Per la redazione degli elaborati grafici è stata utilizzata la carta tecnica regionale alla scala 1:10.000 ed un rilievo topografico di dettaglio eseguito dallo Studio Geostaff.

2 - UBICAZIONE GEOGRAFICA

Di seguito è riportata l'ubicazione, in scala 1:10.000, dell'area oggetto di studio.

Si tratta di un'area di circa 50 ha in sinistra idraulica del Fiume Pecora.

Da Follonica vi si accede percorrendo, circa 4 km dal Bivio Rondelli, la ex s.s. Aurelia e poi attraverso una strada vicinale che conduce ai Pod. Santissimi Antonio e Lucia percorrendola per circa 1 km.

Area in esame

3 - CENNI DI GEOLOGIA

Nella Tav. 1 è riportata una carta geologica (1:2.000) estratta dal Progetto CARG della Regione Toscana, dal Quadro conoscitivo del Piano Strutturale di Follonica e dal Quadro conoscitivo del piano Strutturale di Scarlino.

Dall'alto verso il basso affiorano i seguenti litotopi:

tb - Terreni di Bonifica
al – Alluvioni attuali e recenti del Fiume Pecora

L'intervento è ricompresso per la maggior parte nei terreni di bonifica.

Le stratigrafie dei sondaggi, dei quali discuteremo in seguito, mostrano la presenza di litotopi caratteristici di ambienti alluvionali con variazioni sia laterali che verticali di componenti argillo limose e sabbiose.Anche la frazione ghiaiosa varia all'interno dello stesso litotopo se non altro per le dimensioni granulometriche.

4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" è stata eseguita, dall'Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l. di Viterbo una indagine geognostica al fine di verificare la sequenza litostratigrafica e le caratteristiche idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dalla realizzazione della vasca di laminazione per la regimazione delle piene del Fiume Pecora, nel territorio comunale di Scarlino (Provincia di Grosseto).

L'indagine e' stata eseguita mediante il seguente schema:

- Esecuzione di n. 11 sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati
- Esecuzione di n° 12 prove SPT in foro
- Esecuzione di n° 10 prove di permeabilità
- N° 4 prove Proctor
- N° 6 Prove di taglio diretto
- N° 4 prove edometriche
- Elaborazione delle stratigrafie
- Rilevazione della quota piezometrica nei fori di sondaggio
- Analisi dei dati e stesura della presente relazione.

La Direzione dei Lavori di campagna è stata effettuata dal Dr. Geologo Stefano Bianchi e dal Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti alla presenza del Direttore Tecnico dell'impresa Dr. Geologo Gianfranco Graziotti.

4.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti dalla Impresa Specializzata Sondaggi Geofield S.r.l. di Viterbo utilizzando una sonda idraulica a rotazione di costruzione MASSENZA tipo Prim 70 montata su un camion MAGIRUS-DEUTZ a trazione integrale le cui caratteristiche sono le seguenti:

- Testa di rotazione: Coppia max 800-1200 K
  Giri da 0 a 300 giri/min
  Corsa utile 3600 mm
- Motore: Diesel 120 HP
- Antenna: Altezza in fase di lavoro 8 m Portata 8 t
- Pull-Down: Tiro max 7900 Kg
  Spinta max 5500 Kg
- Argano: n. 1 tornello idraulico 2500-3000 Kg
- Morsa idraulica con svitatore automatico
- Accessori: pompa del fango NENZI 20 Atm.; pompa scarotatrice NENZI 200 Atm.
- Peso totale 5500 Kg

Le operazioni di carotaggio stratigrafico sono state condotte a secco, senza impiego di fluido di circolazione, con il tradizionale sistema a "carotaggio continuo", in accordo con gli standard previsti dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana). Sono state utilizzate aste di perforazione con filettatura tronco-conica di diametro 76 mm e carotieri semplici di diametro 101 mm e lunghezza 3 metri di costruzione NENZI con corone in widia.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, in taluni casi, è stato posto in opera un rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm a causa della franosità delle pareti dei fori.

Le carote estratte nel corso dei sondaggi sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in poliuretano espanso munite di scomparti divisori e coperchio apribile. Sono state preparate n. 21 cassette attualmente depositate presso i magazzini dell'Impresa Sondaggi Geofield S.r.l. in Viterbo.

Le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state condotte, secondo quanto previsto dalla normativa ASTM 1586/68, con attrezzatura normalizzata di costruzione NENZI costituita da:

- una testa di battuta in acciaio avvitata alle aste;
- un maglio di acciaio del peso di 63.7 Kg;
- un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio che

assicura una corsa a caduta libera di 0.76 m.

- un campionatore chiuso a punta conica (diametro esterno 51 mm, apertura 60°)

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati dei campioni indisturbati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby spinti a pressione all'interno dello strato da sottoporre a prelievo.

I campioni prelevati sono stati poi inviati al laboratorio geotecnico GEOFIELD di Viterbo che ha provveduto alla apertura delle fustelle ed alla esecuzione delle analisi e prove di laboratorio.

4.2 - Frequenza delle prove geotecniche in situ

Sono stati eseguiti n. 11 sondaggi geognostici contraddistinti con le sigle S1, S2, S3,…….. S11, per complessivi ml 111,8 di perforazione a carotaggio continuo ad andamento verticale.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n. 13 campioni indisturbati.

Sono state predisposte N. 19 cassette catalogatrici, contenenti le carote rappresentative dei vari strati rinvenuti. Le cassette sono attualmente depositate presso i magazzini dell'Impresa Sondaggi Geofield S.r.l. in Viterbo.

4.3 - Presentazione dei risultati

Nelle pagine seguenti vengono riportate le stratigrafie dei sondaggi geognostici eseguiti (la cui ubicazione è riportata in apposita planimetria allegata) preceduti da una legenda per una migliore interpretazione dei risultati e da una tabella con i risultati delle prove S.P.T. in foro.
Ogni sondaggio è corredato anche delle relative foto delle cassette catalogatrici con il materiale carotato.

Macchina operatrice

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

L E G E N D A

Oltre ai dati relativi al Committente, alla data di inizio e fine perforazione, alla località, all'impianto di perforazione utilizzato, alla scala grafica e al metodo di perforazione, su ciascuna stratigrafia sono riportati:

Diametro di perforazione: diametro dell'utensile di perforazione in mm;
Campioni: tipo di campioni (Disturbato - Indisturbato e relativa profondità di inizio prelievo
Percent. di Carotaggio: percentuale di carotaggio in base al materiale perforato in ogni singola manovra;
S.P.T.: profondità di inizio prova dal p.c. e relativi valori di N1, N2, N3.
Profondità m dal p.c.: profondità in metri dal p.c. di cambiamento strato;
Scala rifer. (m): scala di riferimento in metri;
H Strato m: spessore in metri dei vari strati rinvenuti;
Litologia: profilo stratigrafico con la rappresentazione grafica dei litotipi rinvenuti nel corso della perforazione;
Descrizione litologica: sulla scorta dell'osservazione del materiale carotato nel corso della perforazione;

TABELLA RIASSUNTIVA CON I RISULTATI DELLE PROVE S.P.T.
Località Area ASIP Campo al Conte – Fiume Pecora (GR)

SOND.	PROF. DI INIZIO PROVA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	N_1	N_2	N_3	N_{SPT} N_2+N_3
S.1	- 2,70 m	Alluvioni sabbio limose argillose marrone chiaro	6	9	4	13
S.2	- 2,00 m	Alluvioni sabbio limose argillose marrone chiaro addensate	14	18	20	38
S.3	- 1,80 m	Alluvioni sabbio limose argillose marrone chiaro con rari ciottoli	10	12	30	42
S.4	-5,20 m	Argilla grigia variegata mediamente consolidata	10	12	12	24
S.5	-1,80 m	Alluvioni sabbio limose argillose marrone chiaro con livelli ciottolosi	5	6	9	15
S.5	- 5,75 m	Argilla grigio verdastra con alto contenuto in acqua, molle	3	3	2	5
S.6	- 2,75 m	Argilla avana grigio verdastra con alto contenuto in acqua, molle. Livelletti ciottolosi	0	0	0	0
S.6	-5,75 m	Limo sabbioso marrone poco addensate con ciottoli sparsi	3	3	2	5
S.7	- 2,80 m	Argilla grigio nerastra con alto contenuto in acqua, molle	1	2	2	4
S.8	-1,80	Alluvioni limo argillose marrone chiaro	4	7	8	15
S.9	-1,50	Alluvioni sabbio limose argillose marrone chiaro con ciottoli	11	14	16	30
S.11	-1,80	Alluvioni sabbio limose argillose marrone chiaro con ciottoli	8	12	12	24

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.1

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 10/12/2007 - 10/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm			95						0.3	0.3		**Terreno vegetale**
			95						1.3	1.0		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
			95	2.7	6 - 9 - 4				3.2	1.7		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro**
			95			-3,40			6.5	3.3		**Argilla grigio nerastra mediamente consolidata**
			80						6.8	0.3		**Sabbia limo ciottolosa nerastra**
			95						7.5	0.7		**Argilla grigio nerastra con alto contenuto in acqua, molle**
			85						8.2	0.7		**Sabbia limosa giallastra con ciottoli**
			95						9.8	1.6		**Argilla grigio nerastra con alto contenuto in acqua, molle**
100 mm			95						12.7	2.9		**Argilla limosa giallastra plastica**

NOTE: Installato piezometro a tubo aperto fino a - 9.0 m di profondità con relativo pozzetto di protezione.
Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 1,5 e 2,0 m dal p.c.

FIUME PECORA 10/12/2007
S.1
DA MT. 0,00 A MT. → 12,70
S1
3,20
S1
6,50
S1
6,80
S1
8,20

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.2

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 03/12/2007 - 03/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm			95						0.35	0.35		**Terreno vegetale**
			95	2.0	14-18-20	-3,20			3.1	2.75		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro addensate**
100 mm			90						3.8	0.7		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro poco addensate**
			95						6.1	2.3		**Argilla grigio nerastra debolmente consolidata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 3,0 e 3,5 m dal p.c.

03/12/07
S2 F. PECORA
da m. 0,0 a m 6,00
S2
~310
S2

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.3

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 07/12/2007 - 07/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm			95						0.3	0.3		**Terreno vegetale**
			95						1.6	1.3		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
		1.6 1.9	95	1.80	10-12-30	-2,75			3,0	1.4		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con rari ciottoli**
		3.2 3.5	95						3.8	0.8		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli**
100 mm			95						10.0	6.2		**Argilla grigio nerastra mediamente consolidata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 2,0 e 2,5 m dal p.c.

FIUME PECORA 07/12/2007
S. 3
DA MT. 0,00 A MT.
CAMPIONE

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.4
Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 06/12/2007 - 06/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm			95						0.5	0.5		**Terreno vegetale**
			95						1.5	1.0		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
		1.5 1.8	95						3.6	2.1		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro**
			95						5.0	1.4		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli**
100 mm			95	5.20	10-12-12	-7,60			10.0	5.0		**Argilla grigia variegata mediamente consolidata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 1,8 e 2,3 m dal p.c.

Fiume Pecora 07/12/2007
S. 4
Da Mt. 0,00 a Mt. → 10,00
S. 4
Mt. 1,70
S. 4
Mt. 3,30
S. 4
Mt. 6,50
S. 4
Mt. 10,00

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.5
Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 05/12/2007 - 05/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm / 100 mm			95						0.35	0.35		**Terreno vegetale**
			95						1.5	1.15		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
			90	1.80	5 - 6- 9	-2,75			2.8	1.3		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con livelli ciottolosi**
			95						5.7	2.9		**Argilla marrone chiaro variegata passante a grigio nerastra debolmente consolidata**
			95	5.75	3 - 3- 2				7.2	1.5		**Argilla grigio verdastra con alto contenuto in acqua, molle**
			95						10.0	2,8		**Argilla grigio nerastra mediamente consolidata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 3,0 e 3,5 m dal p.c.

F. PECORA
5/12/07
S5
10,00
S5
m. 5,70
S5
m. 2,80
S5
0,00

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.6
Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 03/12/2007 - 04/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	S.P.T. N1-N2-N3	Livello di falda	Poket penetr.	Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm / 100 mm			95						0.3	0.3		**Terreno vegetale**
			95						1.5	1.2		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
		2.0 2.4	90						2.5	1.3		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro**
			75	2.75	0 - 0 - 0	-2.80			5.0	2.5		**Argilla avana e grigio verdastra con alto contenuto in acqua, molle. Si rivengono livelletti ciottolosi**
			95	5.75	3 - 3- 2				6,4	1,4		**Limo sabbioso marrone poco addensato con ciottoli sparsi**
		7.5 7.8	95						10.0	3.6		**Argilla grigio nerastra mediamente consolidata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 1,5 e 2,0 m dal p.c.

S6

S6

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.7

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 06/12/2007 - 06/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm			95						0.35	0.35		**Terreno vegetale**
		1.5 1.8	95			-2,20			2.0	1.65		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
			95	2.80	1 - 2- 2				2.8 6.7	2.9		**Argilla grigio nerastra con alto contenuto in acqua, molle**
			85						8.0			**Sabbia limosa grigia**
100 mm			85						10.0	2.0		**Sabbia ciottolosa marrone chiaro addensata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 1,5 e 2,0 m dal p.c.

6/12
S7
10,00
S.7
S.7
S.7

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.8

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 05/12/2007 - 05/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm			95						0.40	0.40		**Terreno vegetale**
		1.4 1.7	95	1.80	4 - 7 - 8	-2,85			3.4	3.0		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
			95						5.3	1.9		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli**
			95						9.3	4.0		**Argilla grigio nerastra con alto contenuto in acqua, molle**
100 mm			85						10.0	0.7		**Sabbia ciottolosa marrone chiaro addensata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 2,0 e 2,5 m dal p.c.

F.PECORA
5/12
S 8
dam. 0,00 a m. 10,00
S 8
m. 3,40
S 8
5,30
S 8
m. 9,30

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.9

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 04/12/2007 - 04/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm			95						0.35	0.35		**Terreno vegetale**
			95						1.1	0.75		**Alluvioni limo argillose marrone chiaro**
		1.2 1.5	95	1.50	11-14-16	-3.80			4.8	3,7		**Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli**
		5.0 5.3	90						9.2	4.4		**Argilla grigio nerastra con alto contenuto in acqua, molle**
100 mm			95						11.5	2.3		**Argilla grigio nerastra consolidata**
			85						13.0	1.5		**Sabbia ciottolosa marrone chiaro addensata**

NOTE: Eseguita prova di permeabilità Lefranc tra - 1,5 e 2,0 m dal p.c.
Installato piezometro a tubo aperto a - 10.0 m dal p.c. con relativo pozzetto di protezione

F.PECORA
S9
9,20
S9
m. 4,80
S9
9,20

F.PECORA
S9
5/12/07
9,20 a m. 13,00
S9
m. 13
S9
m. 11,50

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.10
Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 06/12/2007 - 06/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm		1.5 2.0	95						3,5	3,5		**Limi argillosi marroni con rari ciottoli e livello argilloso di spessore ca. 30 cm costituente l'arginatura del Fiume Pecora**
			90			-5,5			8.1	4.6		**Sabbia grossolana marrone chiaro in alternanza con livelli di sabbia fine e rari ciottoli sparsi (diametro 2-3 cm)**
100 mm			95						9.2	1.1		**Argilla grigio nerastra consolidata**
			95						10.0	0.8		**Argilla giallastra consolidata**

NOTE:

F. PECORA
6/12/07
S10
da m. 0,0 a m. 10,00
S10
m. 3,50
S10
m. 8,10
S10
m. 9,20
S10
m. 10,00

Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l.
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

SONDAGGIO N. S.10
Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma
Data inizio e fine perforazione: 06/12/2007 - 06/12/2007
Località: "Lo Scopaione" - Fiume Pecora
Impianto: Massenza Prim 70 Scala grafica 1:100
Perforazione a carotaggio continuo

Diametro perforaz.	CAMPIONI Disturb.	CAMPIONI Indistur.	Percent. di Carotaggio	OSSERVAZIONI S.P.T. Prof. (m)	OSSERVAZIONI S.P.T. N1-N2-N3	OSSERVAZIONI Livello di falda	OSSERVAZIONI Poket penetr.	OSSERVAZIONI Indice R.Q.D.	Profondità m dal p.c.	H Strato m	Litologia	Descrizione Litologica
127 mm		1.5 2.0	95						3,5	3,5		**Limi argillosi marroni con rari ciottoli e livello argilloso di spessore ca. 30 cm costituente l'arginatura del Fiume Pecora**
			90			-5,5			8.1	4.6		**Sabbia grossolana marrone chiaro in alternanza con livelli di sabbia fine e rari ciottoli sparsi (diametro 2-3 cm)**
100 mm			95						9.2	1.1		**Argilla grigio nerastra consolidata**
			95						10.0	0.8		**Argilla giallastra consolidata**

NOTE:

FIUME PECORA 13-12-2007
S. 11
DA MT. 0,00 A MT. → 10,00

5. - ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

5.1 - Prove eseguite:

Al fine di verificare le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei terreni attraversati nel corso dei sondaggi e di correlare le prove penetrometriche dinamiche D.P.M., sono state eseguite, sui campioni di terreni granulari prelevati allo stato indisturbato o a disturbo limitato (Q.e-AGI), le seguenti prove ed analisi di laboratorio geotecnico:

- Determinazione del contenuto naturale in acqua (W in %);
- Determinazione del peso di volume (γ in g/cmc);
- Determinazione del peso specifico dei granuli (γ_s in g/cmc);
- Determinazione dell'indice dei vuoti (e), porosità (n in %) e del grado di saturazione (S in %);
- Prova di taglio diretto con Scatola di Casagrande;
- Prova edometrica
- Prova Proctor
- Analisi granulometrica per setacciatura e/o per via arometrica.

In campagna sono state eseguite prove di permeabilità tipo Le Franc.

Il programma delle prove di laboratorio è stato definito sulla base delle indicazioni stratigrafiche con lo scopo di consentire una migliore interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. e di definire un'accurata descrizione delle caratteristiche dei materiali.

5.2. - Attrezzature e metodologie di prova:

Per l'esecuzione delle prove di classificazione (determinazione dei parametri fisici ed analisi granulometrica) sono state utilizzate attrezzature e metodologie corrispondenti alle norme americane ASTM.

Per le prove di taglio e' stata utilizzata la classica attrezzatura di CASAGRANDE con provini cilindrici di diametro 6 cm. Nel corso delle prove, eseguite a velocità di deformazione controllata, si e' provveduto al monitoraggio delle grandezze in gioco mediante trasduttori. I provini sono stati lasciati consolidare con una pressione efficace pari a quella imposta nel taglio, in un lasso di tempo conveniente, controllando il relativo cedimento nel tempo.

La velocità delle prove, tutte di tipo consolidato drenato (CD), è stata scelta di volta in volta in base alla composizione del materiale.

L'elaborazione delle prove è avvenuta con le classiche formule di sviluppo. In generale per ogni provino sono presentati, oltre ai dati del provino stesso (dimensioni, contenuto in acqua, peso di volume, ecc.), il diagramma dell'andamento dello stresspath sul piano τ/σ (resistenza al taglio / pressione verticale) ed i relativi risultati di φ (angolo di attrito interno in gradi) e di c (coesione consolidata drenata in Kg/cmq).

5.3. - Presentazione dei risultati:

Nelle pagine seguenti, preceduti da una tabella riassuntiva con tutti i risultati, sono riportati i certificati ed i grafici delle analisi e prove eseguite; di ciascun campione di terreno granulare analizzato vengono forniti, oltre ad un modulo riassuntivo, i risultati ed il grafico τ/σ delle prove di taglio e la curva granulometrica.

GEOFIELD

Laboratorio Geotecnico

Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761346244

01100 VITERBO

Committente : Consorzio Bonifica Alta Maremma Data : 30 gennaio 2008

Località: Lo Scopaione – Fiume Pecora (GR)

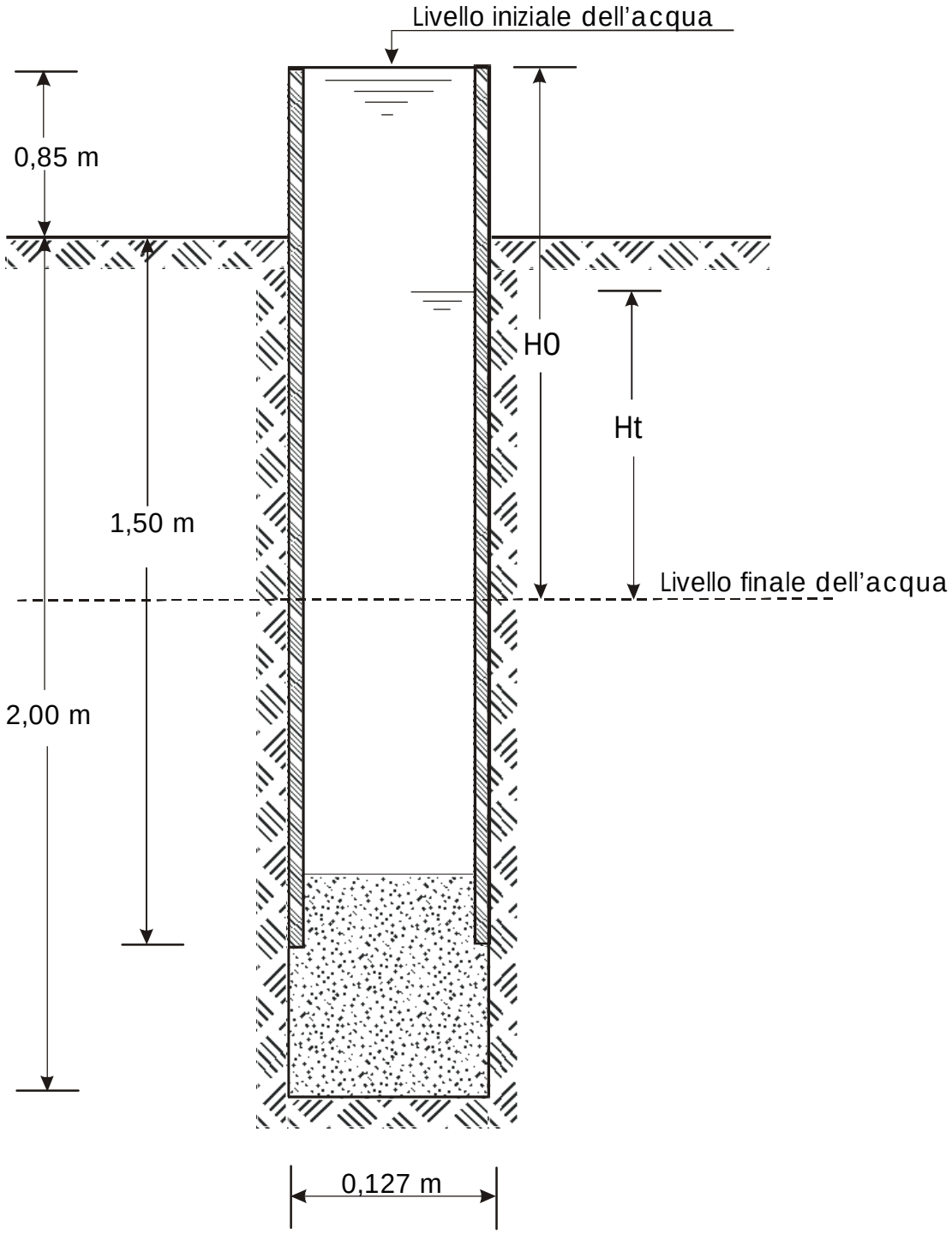
PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC (CARICO VARIABILE)

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE LEFRANC			
Sondaggio	**Tratto di prova**	**Descrizione terreno**	**Coefficiente di permeabilità**
S.1	da –-1,5 a –2,0 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 3,6399 x 10^{-3} cm/sec
S.2	da –3,0 a –3,5 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 1,760 x 10^{-3} cm/sec
S.3	da –2,0 a –2,5 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con rari ciottoli	K = 3,1976 x 10^{-3} cm/sec
S.4	da –1,8 a –2,3 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K < 10^{-4} cm/sec
S.5	da –3,0 a –3,5 m	Argille marrone chiaro variegate passante a grigio nerastra	K < 10^{-4} cm/sec
S.6	da –1,5 a –2,0 m	Alluvioni sabbio limose marrone chiaro	K = 1,4830 x 10^{-2} cm/sec
S.7	da –1,5 a –2,0 m	Alluvioni limo argillose marrone chiaro	K < 10^{-4} cm/sec
S.8	da –2,0 a –2,5 m	Alluvioni limo argillose marrone chiaro	K < 10^{-4} cm/sec
S.9	da –1,5 a –2,0 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli	K = 1,7774 x 10^{-3} cm/sec
S.11	da –2,0 a –2,5 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 2,6711 x 10^{-3} cm/sec

TABELLA RIASSUNTIVA PERMEABILITA' DA PROVE EDOMETRICHE SUI TERRENI ARGILLOSI (con 1,0 < σ_V < 2,0 Kg/cmq)			
Sondaggio	**Tratto di prova**	**Descrizione terreno**	**Coefficiente di permeabilità**
S.4	1,50 – 1,80 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 1,40 x 10^{-8} cm/sec
S.6	7,50 – 7,80 m	Argilla grigio nerastra mediamente consolidata	K = 1,43 x 10^{-8} cm/sec
S.7	1,50 – 1,80 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 7,71 x 10^{-9} cm/sec
S.11	7,30 – 7,70 m	Argilla marrone chiaro mediamente consolidata	K = 1,74 x 10^{-8} cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.1

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 10-12-2007 - Sondaggio S.1



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

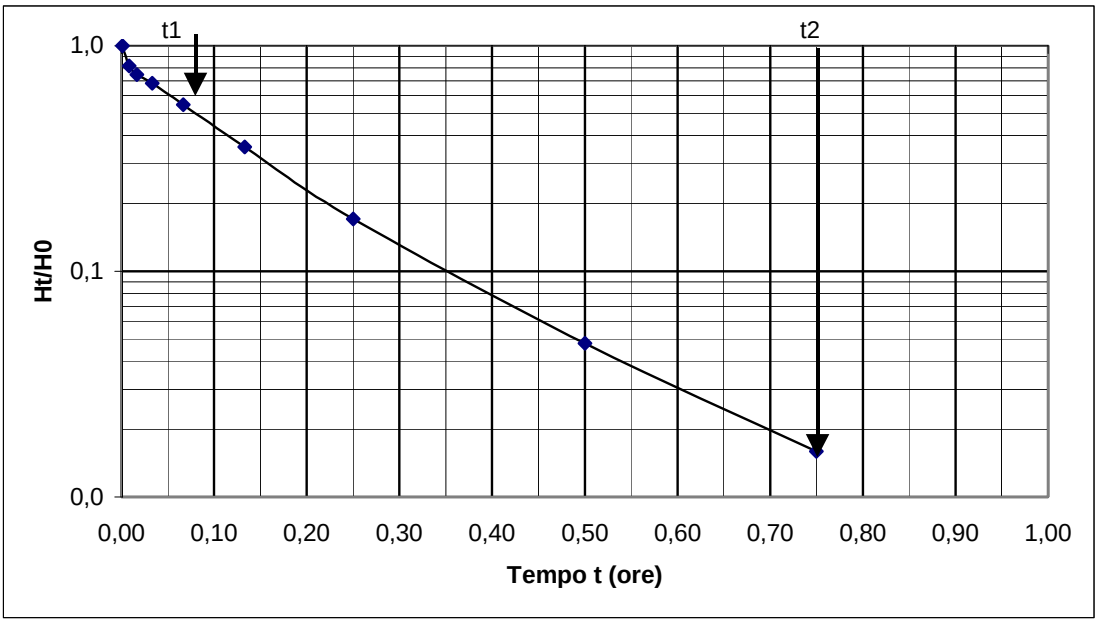
Prova P.1 -S.1 Tratto di prova da 1,5 a 2,0 m H0 = 188 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio - limo - argillose marrone chiaro 10/12/2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,0	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	35,0	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	48,0	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	60,0	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	85,0	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	121,0	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	156,0	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	179,0	4.00.00		15.00.00	
0.45.00	185,0	4.15.00		16.00.00	
1.00.00	188,0	4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

$$K = (A/(c \times (t2-t1))) \times \ln (H1/H2) \quad \text{(cm/sec)}$$

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

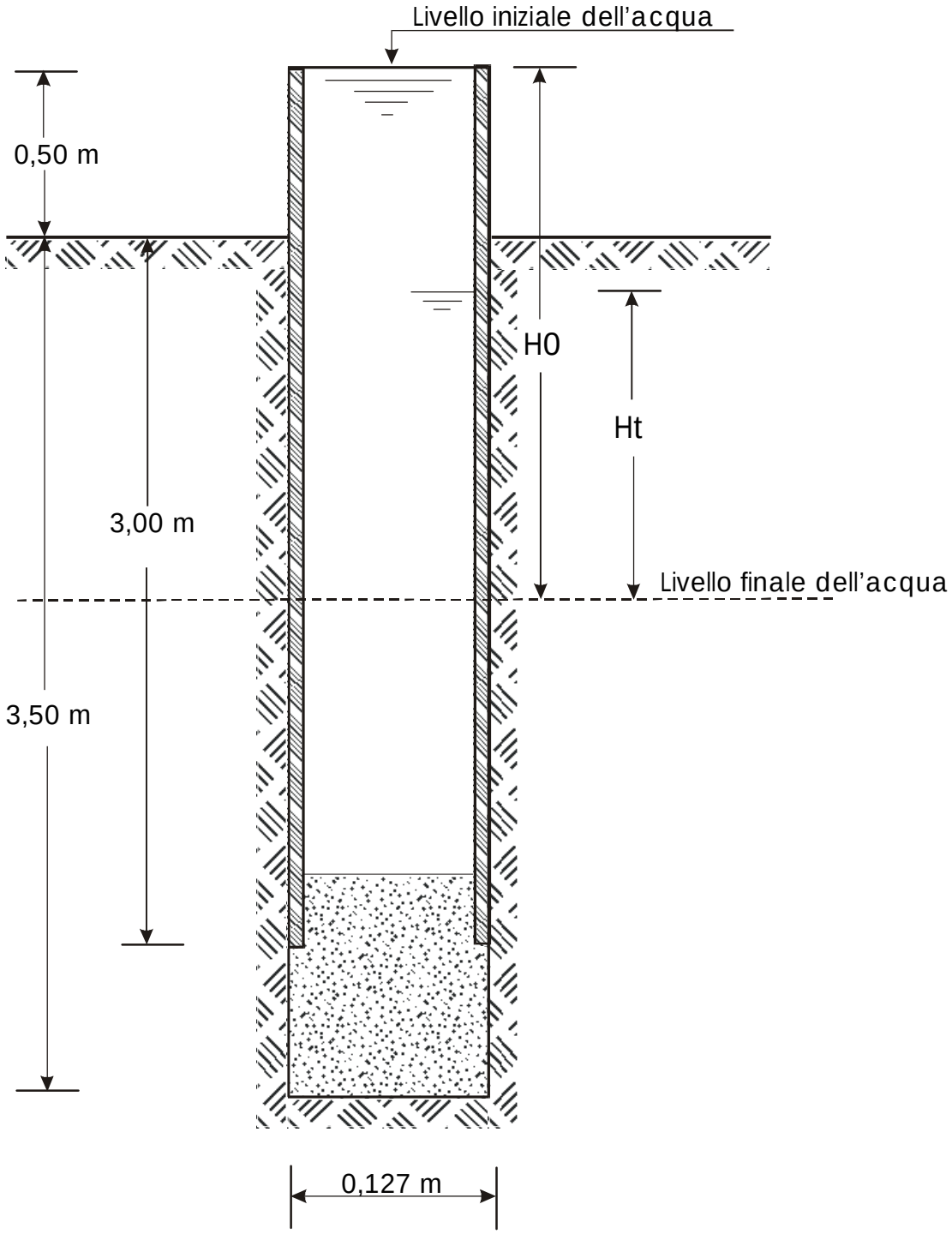


t1= sec 240 t2 = sec 2700 H1 = m 1,03 H2 = m 0,03

Coefficiente di permeabilità K = 0,0036399 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.2

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 03-12-2007 - Sondaggio S.2



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

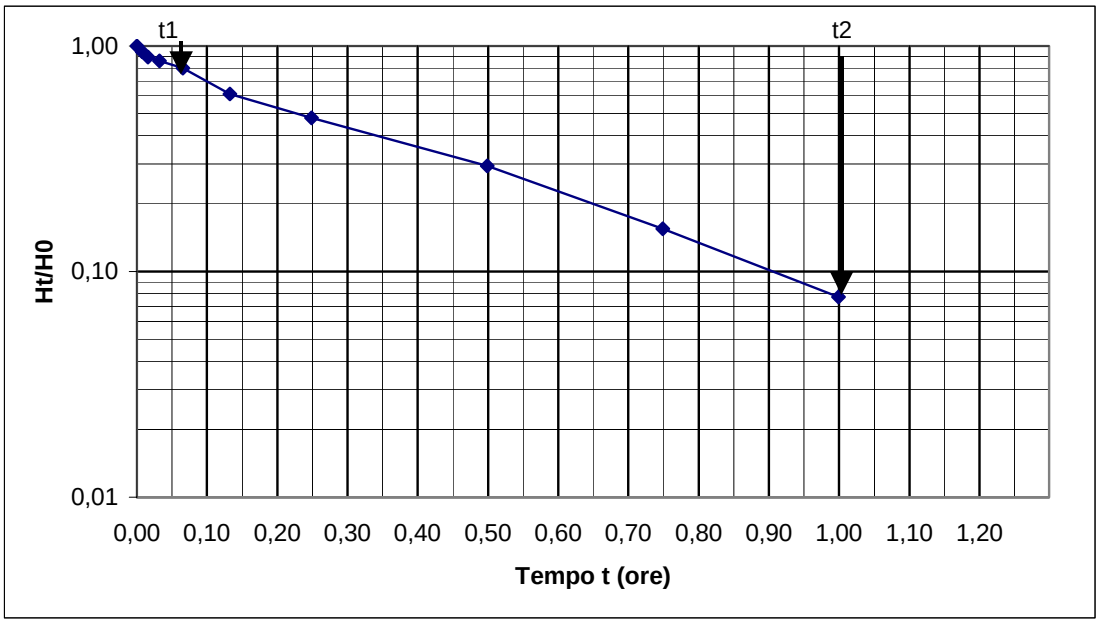
Prova P.1 -S.2 Tratto di prova da 3.0 a 3.5 m H0 = 194 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio-limo-argillose marrone chiaro Data: 03-12-2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,00	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	11,00	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	21,00	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	27,00	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	39,00	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	75,00	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	101,00	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	137,00	4.00.00		15.00.00	
0.45.00	164,00	4.15.00		16.00.00	
1.00.00	179,00	4.30.00		17.00.00	
1.15.00	194,00	4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

K = (A/(c x (t2-t1))) x ln (H1/H2) (cm/sec)

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

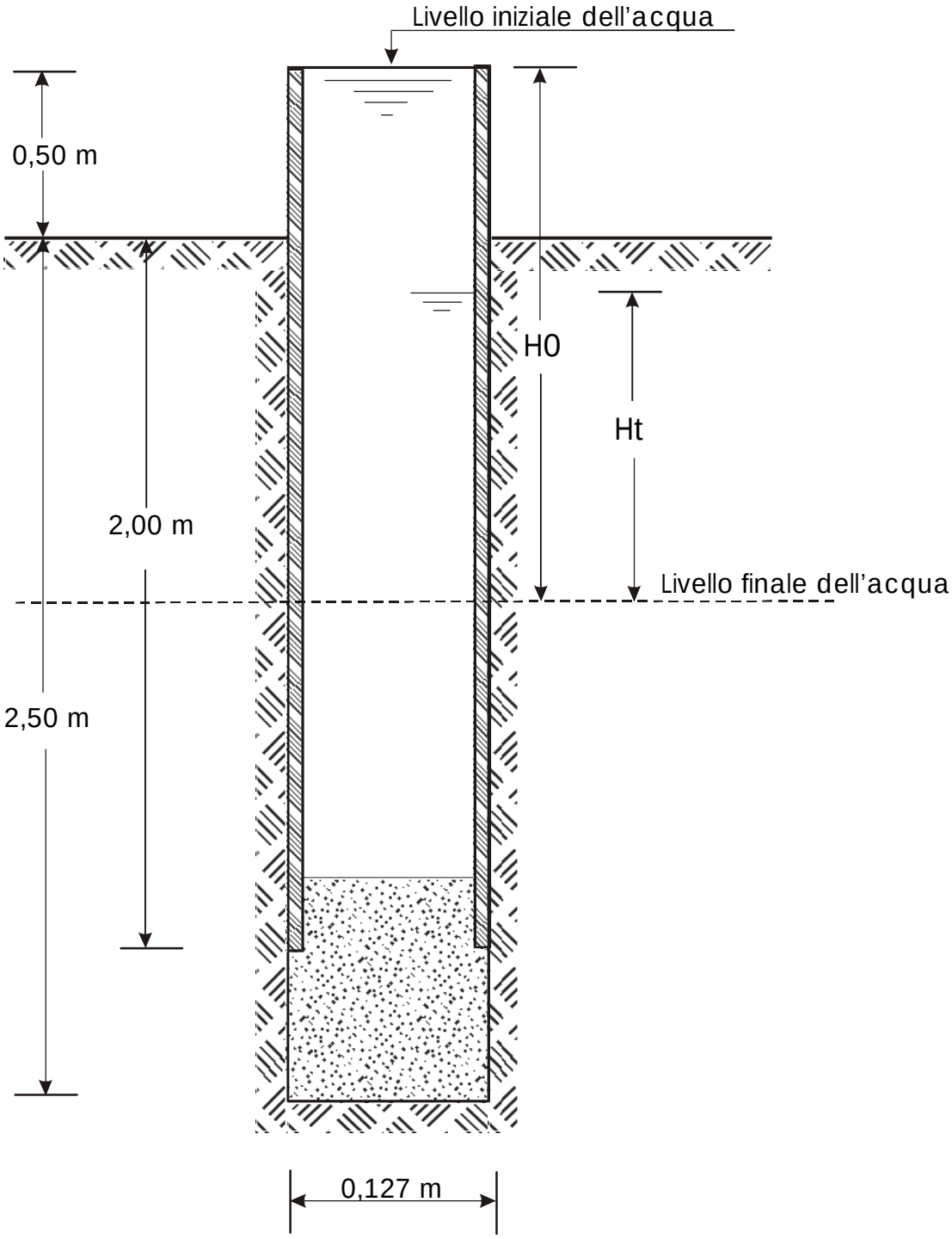


t1= sec 240 t2 = sec 3600 H1 = m 1,55 H2 = m 0,15

Coefficiente di permeabilità K = 0,0017600 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.3

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 07-12-2007 - Sondaggio S.3



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

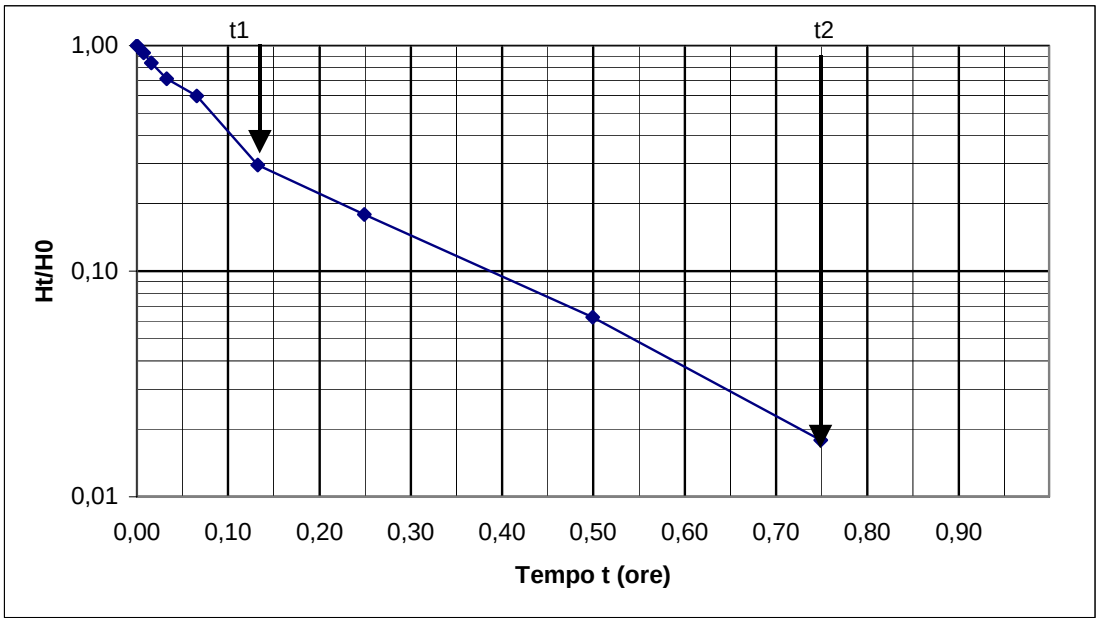
Prova P.1 -S.3 Tratto di prova da 2.0 a 2.5 m H0 = 112 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio-limo-argillose marrone chiaro Data: 07-12-2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,00	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	8,00	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	18,00	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	32,00	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	45,00	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	79,00	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	92,00	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	105,00	4.00.00		15.00.00	
0.45.00	110,00	4.15.00		16.00.00	
1.00.00	112,00	4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

$$K = (A/(c \times (t2-t1))) \times \ln (H1/H2) \quad \text{(cm/sec)}$$

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

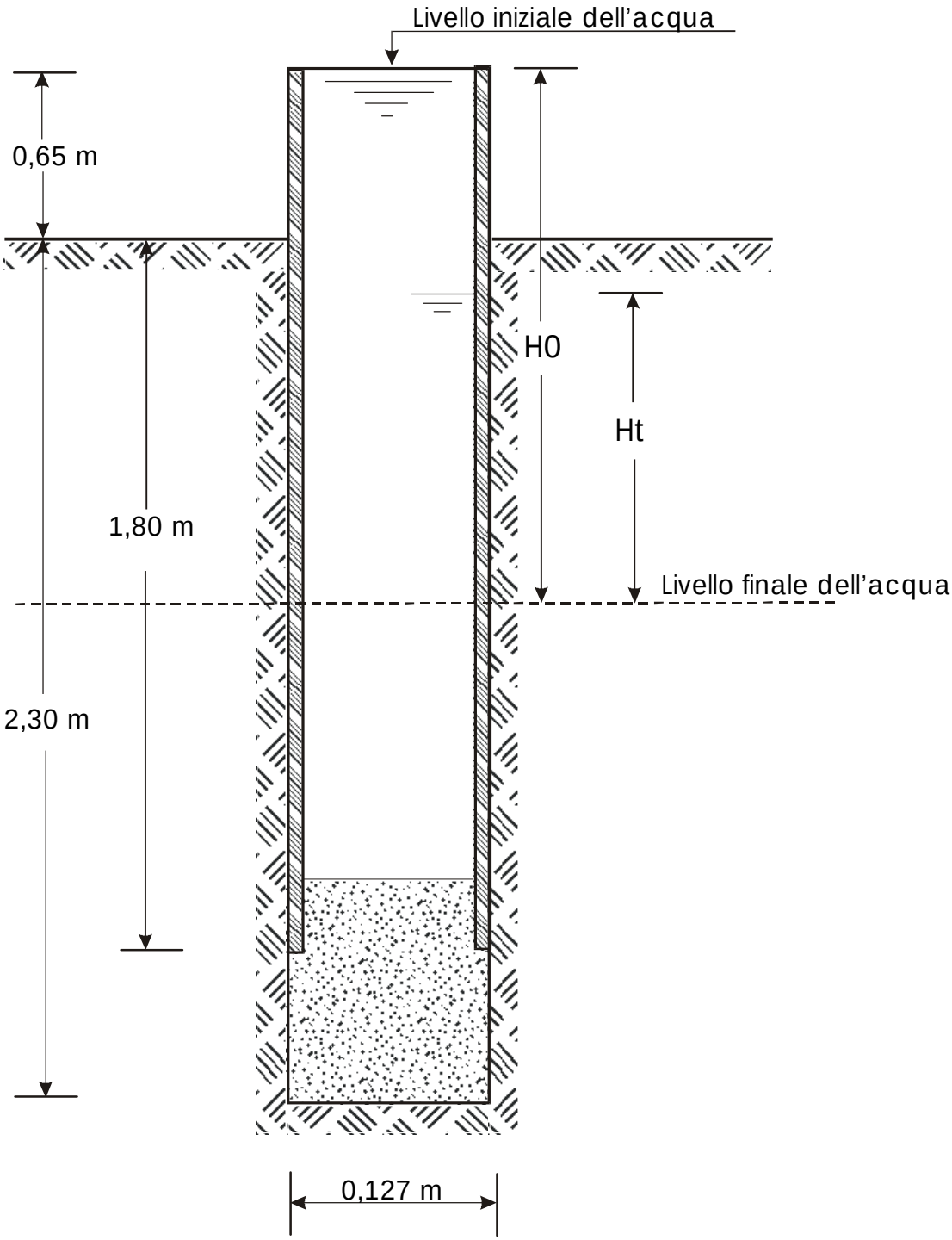


t1= sec 480 t2 = sec 2700 H1 = m 0,33 H2 = m 0,02

Coefficiente di permeabilità K = 0,0031976 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.4

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 06-12-2007 - Sondaggio S.4



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

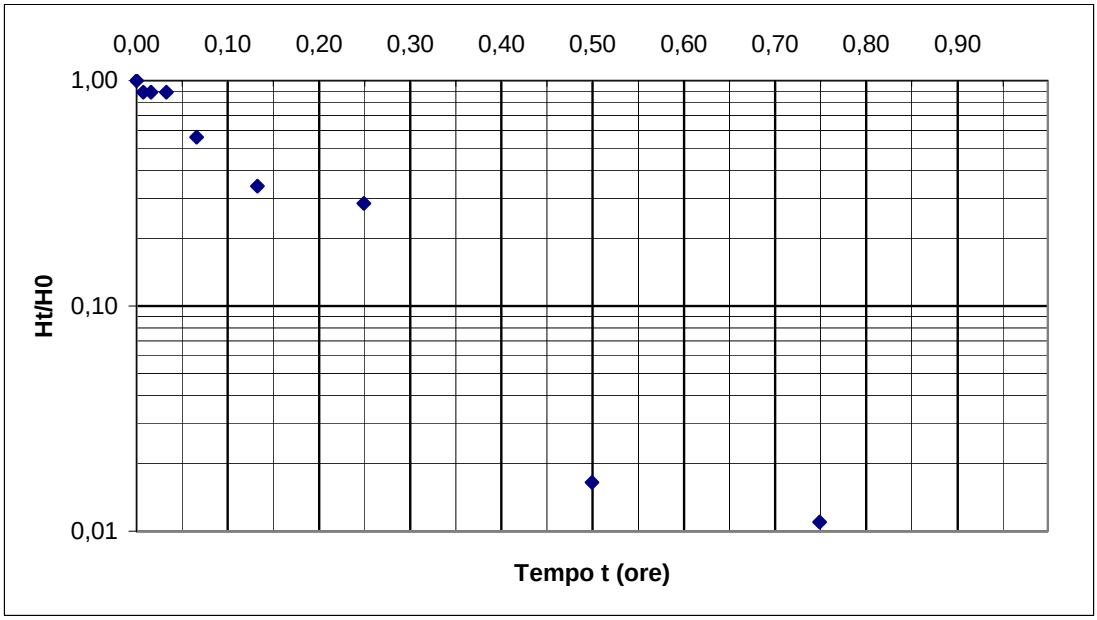
Prova P.1 -S.4 Tratto di prova da 1.8 a 2.3 m H0 = 1,82 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio-limo-argillose marroni Data: 06-12-2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,00	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	0,20	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	0,20	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	0,20	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	0,80	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	1,20	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	1,30	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	1,79	4.00.00		15.00.00	
0.45.00	1,80	4.15.00		16.00.00	
1.00.00		4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

$$K = (A/(c \times (t2-t1))) \times \ln (H1/H2) \quad \text{(cm/sec)}$$

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

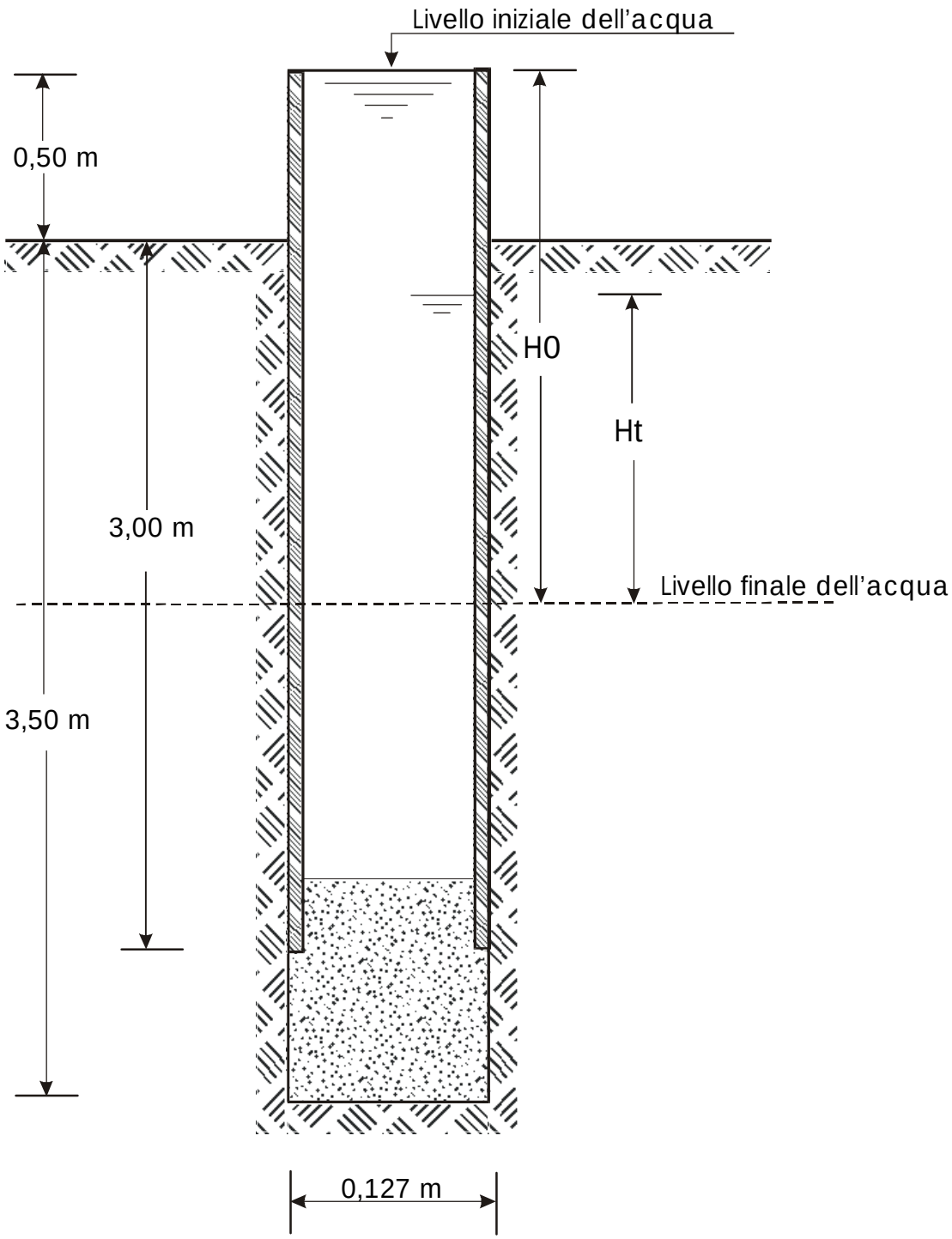


t1= sec t2 = sec H1 = m H2 = m

Non è possibile determinare il coefficiente di permeabilità con la prova Lefranc in quanto K < 10-4 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.5

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 05-12-2007 - Sondaggio S.5



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

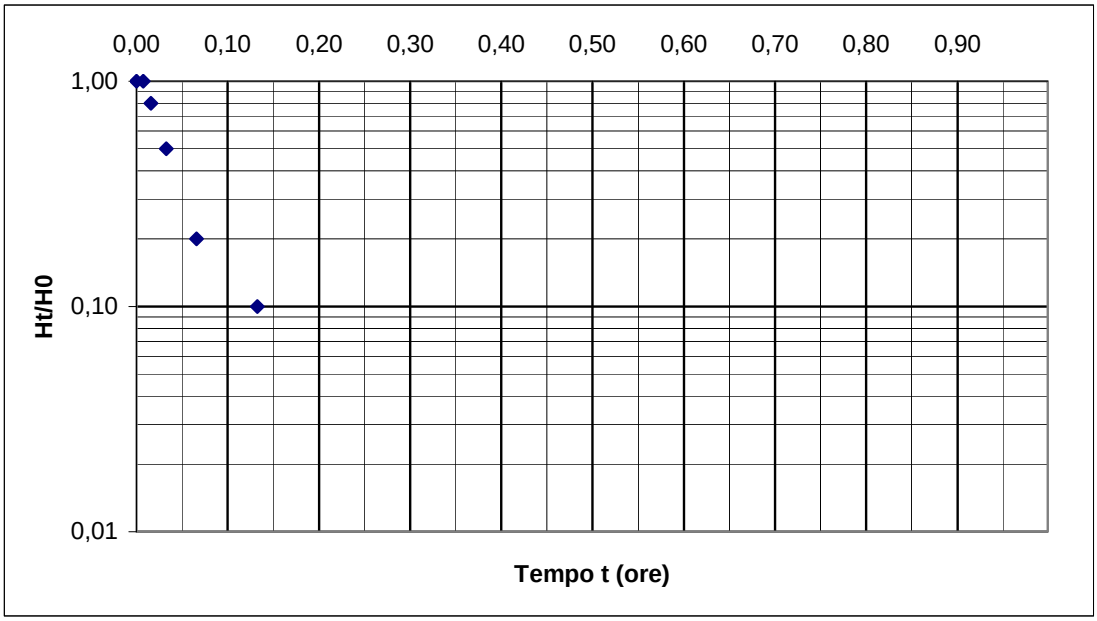
Prova P.1 -S.5 Tratto di prova da 3.0 a 3.5 m H0 = 0,5 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio-limo-argillose variegate Data: 05-12-2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,00	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	0,00	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	0,10	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	0,25	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	0,40	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	0,45	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	0,50	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	0,52	4.00.00		15.00.00	
0.45.00		4.15.00		16.00.00	
1.00.00		4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

$$K = (A/(c \times (t2-t1))) \times \ln (H1/H2) \quad \text{(cm/sec)}$$

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

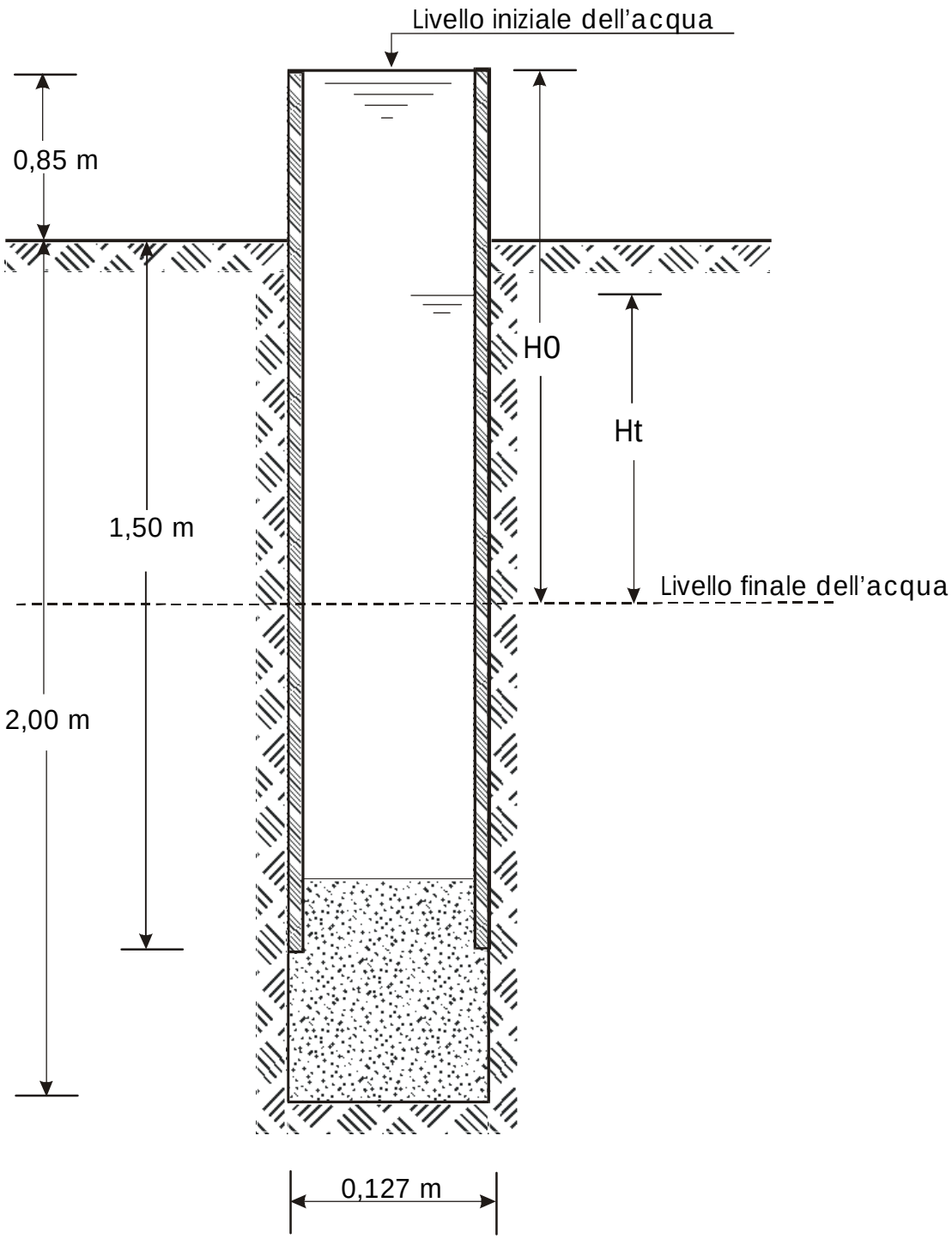


t1= sec t2 = sec H1 = m H2 = m

Non è possibile determinare il coefficiente di permeabilità con la prova Lefranc in quanto K < 10-4 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.6

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 03-12-2007 - Sondaggio S.6



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

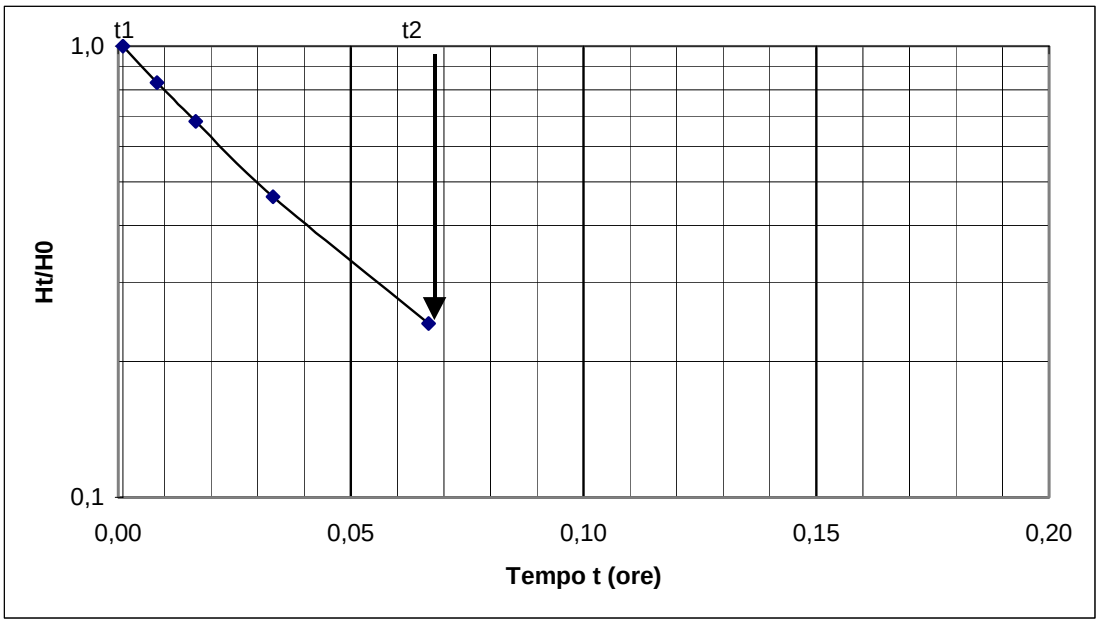
Prova P.1 -S.6 Tratto di prova da 1,5 a 2,0 m H0 = 235 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio - limose marrone chiaro 03/12/2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,0	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	40,0	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	75,0	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	126,0	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	178,0	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	235,0	3.30.00		13.00.00	
0.15.00		3.45.00		14.00.00	
0.30.00		4.00.00		15.00.00	
0.45.00		4.15.00		16.00.00	
1.00.00		4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

K = (A/(c x (t2-t1))) x ln (H1/H2) (cm/sec)

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

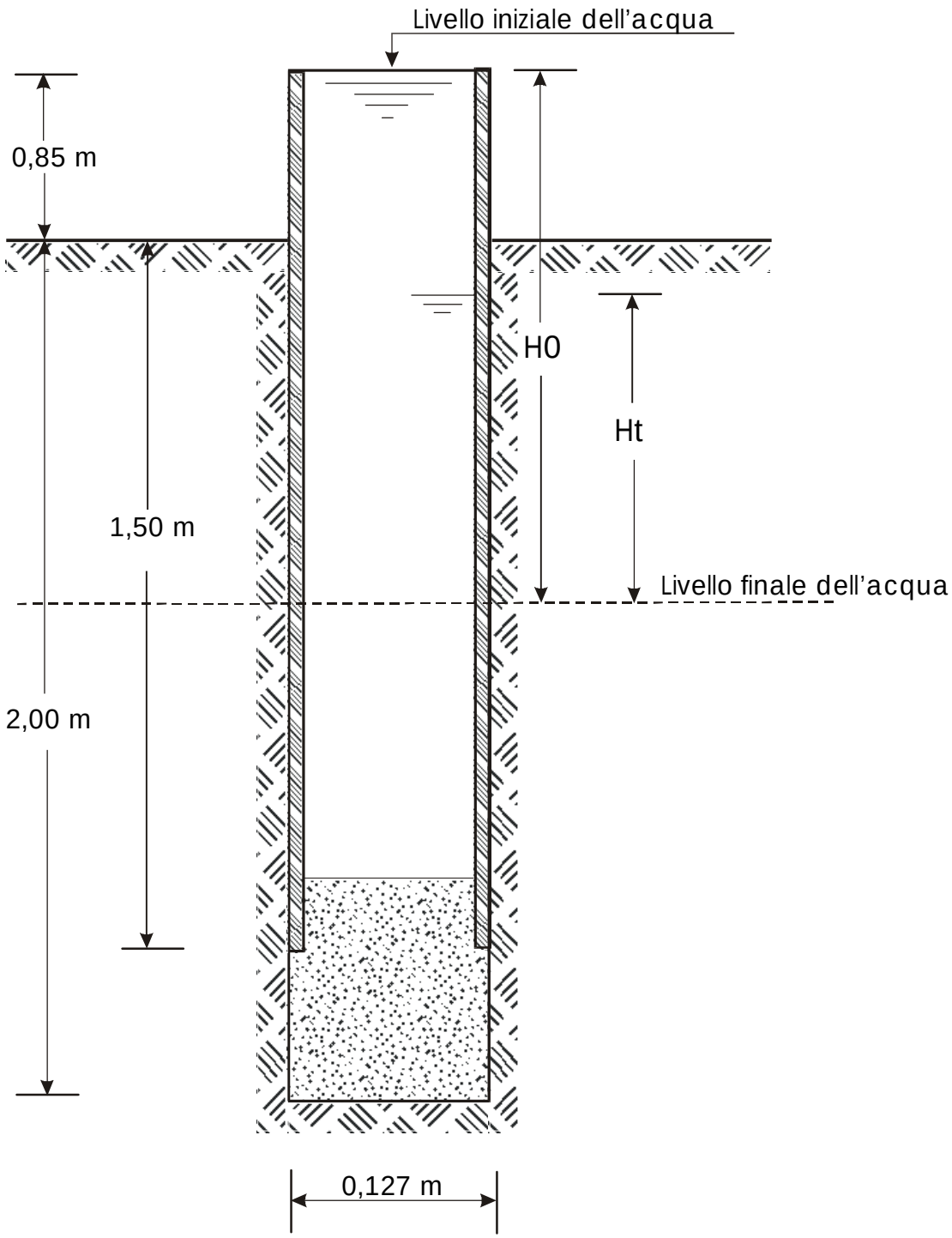


t1= sec 30 t2 = sec 240 H1 = m 1,95 H2 = m 0,57

Coefficiente di permeabilità K = 0,0148308 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.7

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 06-12-2007 - Sondaggio S.7



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

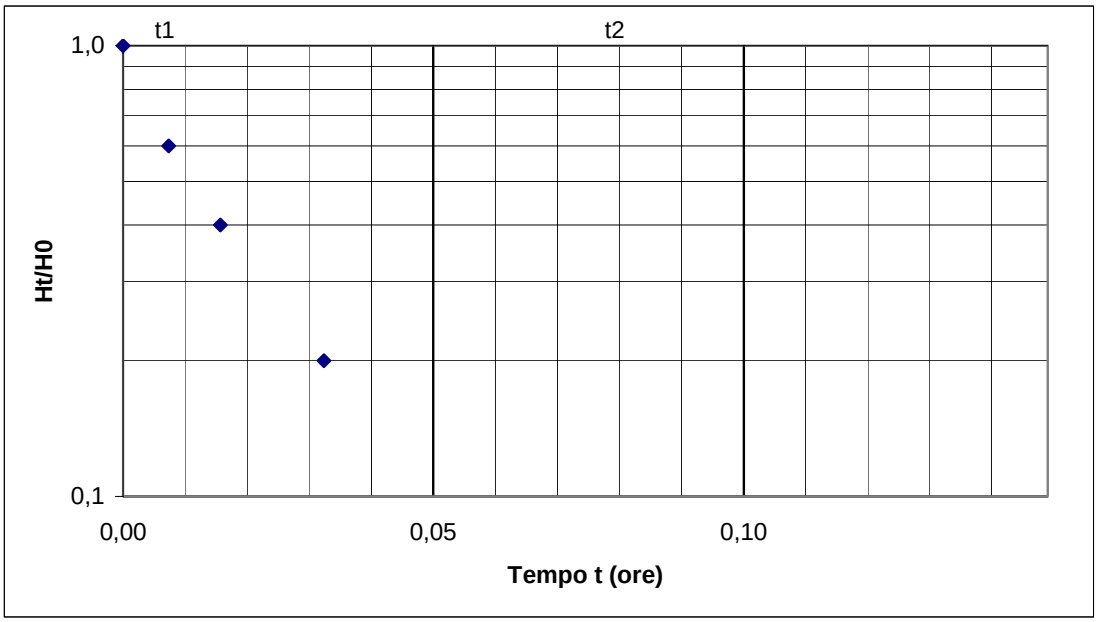
Prova P.1 -S.7 Tratto di prova da 1.5 a 2.0 m H0 = 0,25 cm

Descrizione terreno Alluvioni limo argillose marrone chiaro Data: 06-12-2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,00	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	0,10	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	0,15	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	0,20	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	0,25	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	0,25	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	0,25	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	0,25	4.00.00		15.00.00	
0.45.00		4.15.00		16.00.00	
1.00.00		4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

K = (A/(c x (t2-t1))) x ln (H1/H2) (cm/sec)

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

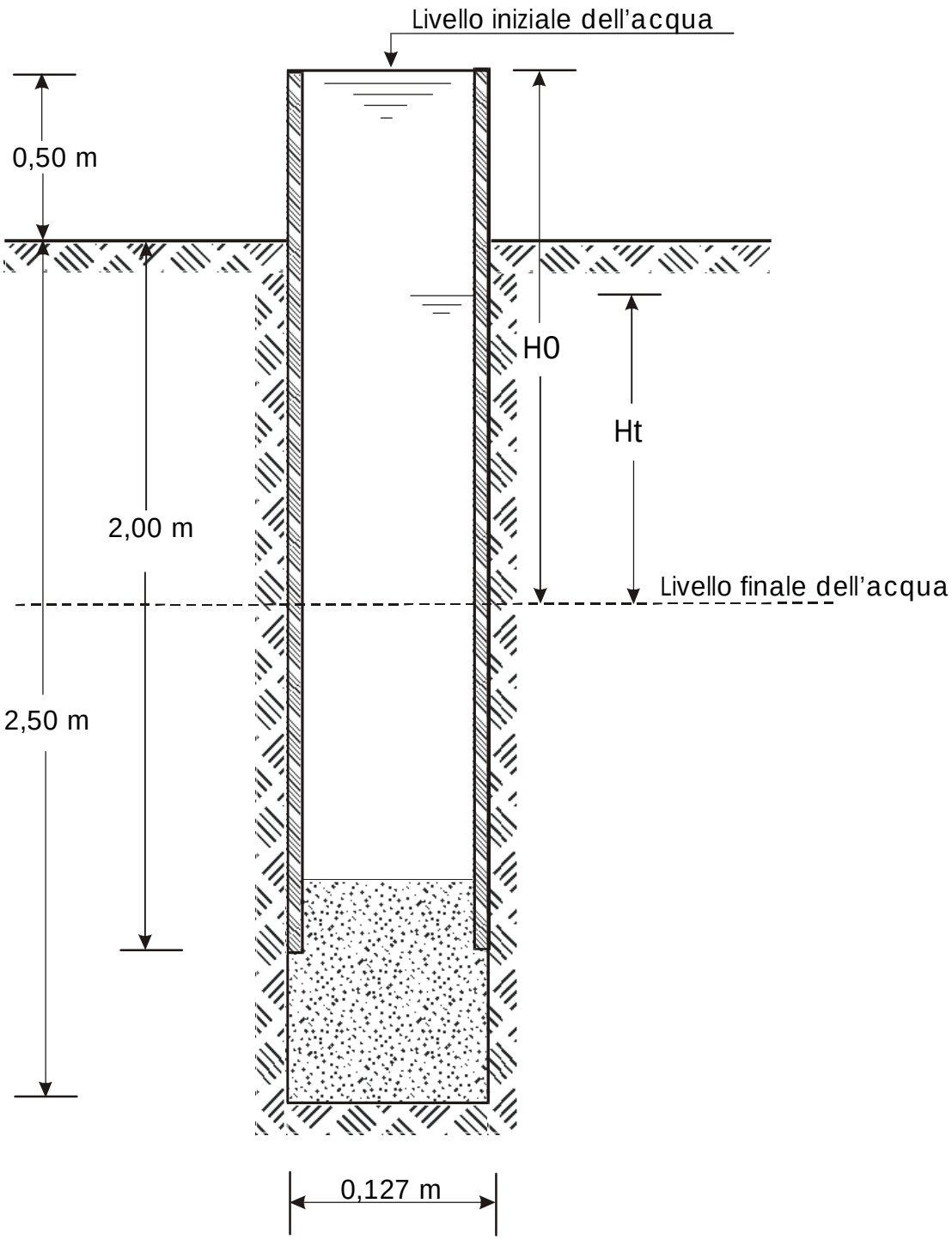


t1= sec t2 = sec H1 = m H2 = m

Non è possibile determinare il coefficiente di permeabilità con la prova Lefranc in quanto K < 10-4 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.8

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 05-12-2007 - Sondaggio S.8



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

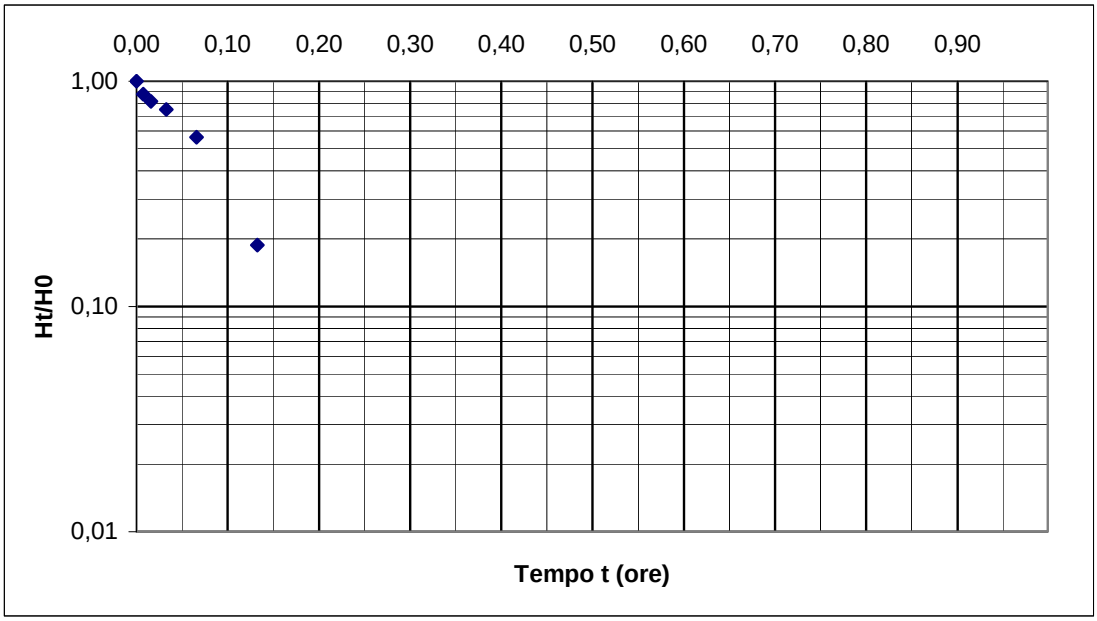
Prova P.1 -S.8 Tratto di prova da 2.0 a 2.5 m H0 = 0,8 cm

Descrizione terreno Alluvioni limo argillose marrone chiaro Data: 05-12-2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,00	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	0,10	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	0,15	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	0,20	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	0,35	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	0,65	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	0,80	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	0,80	4.00.00		15.00.00	
0.45.00		4.15.00		16.00.00	
1.00.00		4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

$$K = (A/(c \times (t2-t1))) \times \ln (H1/H2) \quad \text{(cm/sec)}$$

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

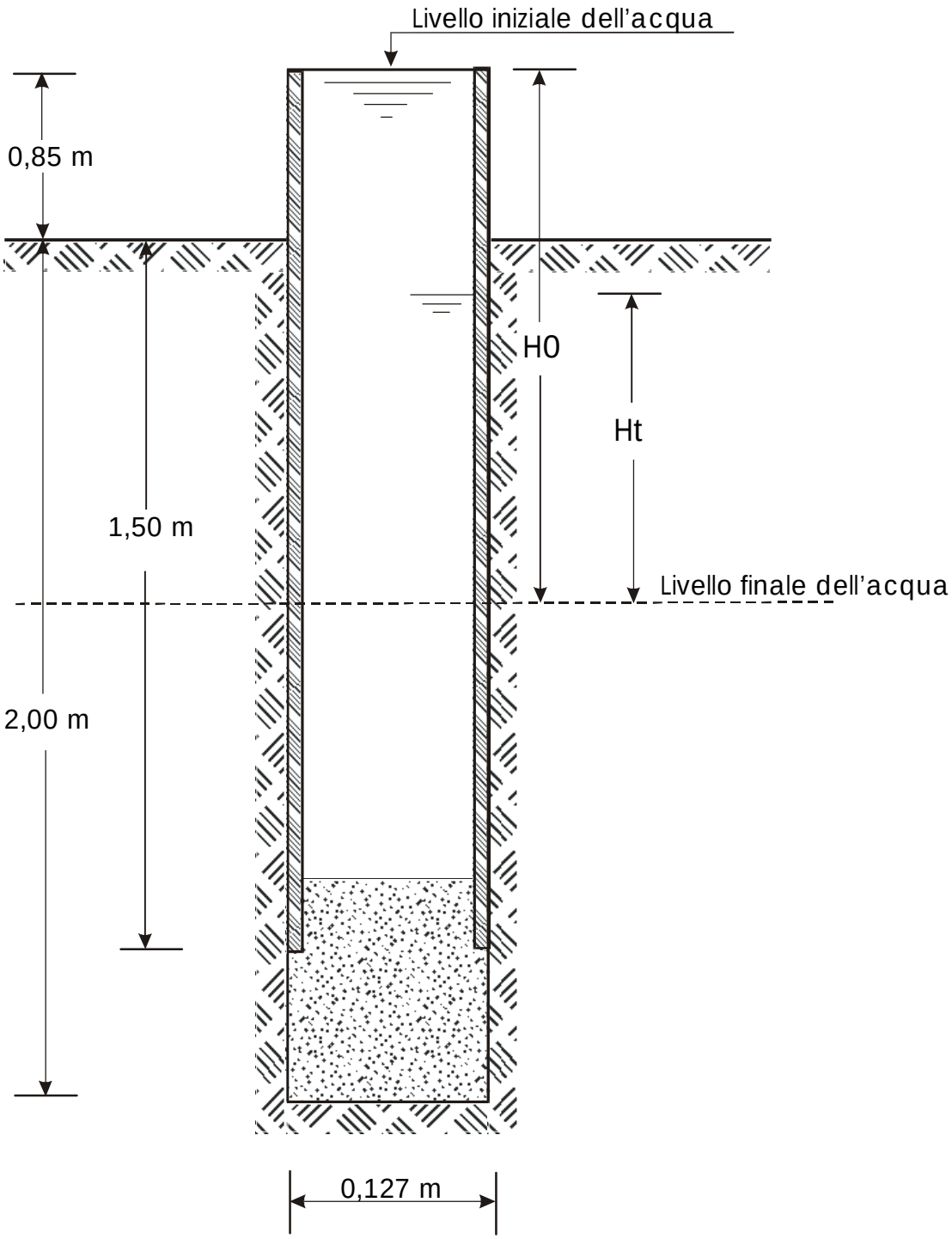


t1= sec t2 = sec H1 = m H2 = m

Non è possibile determinare il coefficiente di permeabilità con la prova Lefranc in quanto K < 10-4 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.9

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 04-12-2007 - Sondaggio S.9



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

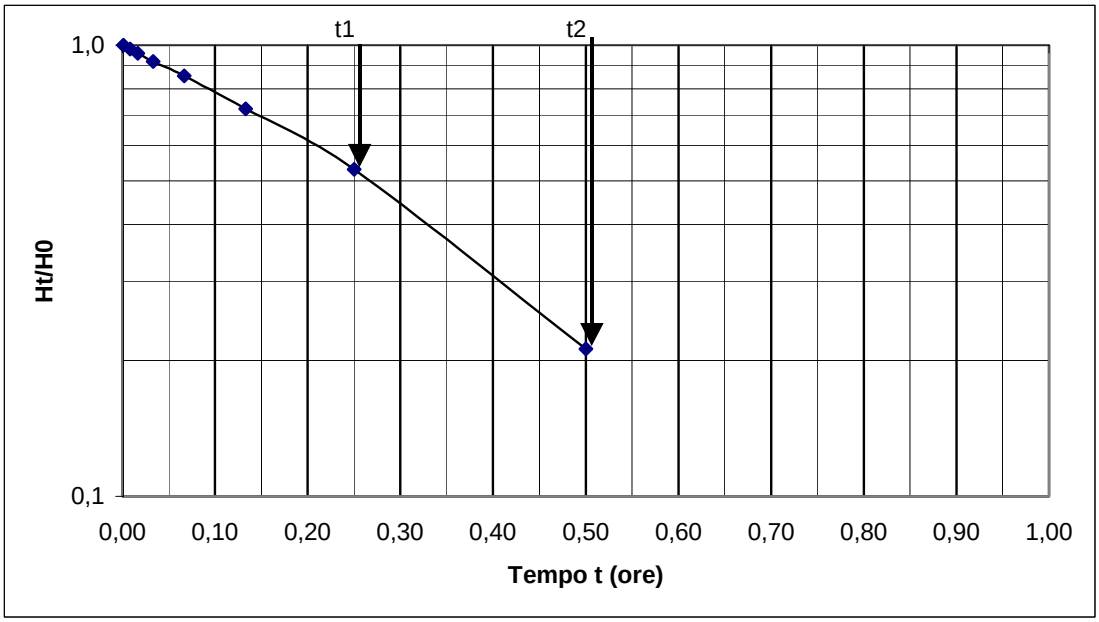
Prova P.1 -S.9 Tratto di prova da 1,5 a 2,0 m H0 = 151 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro 04/12/2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,0	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	3,0	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	6,0	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	12,0	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	22,0	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	42,0	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	71,0	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	119,0	4.00.00		15.00.00	
0.45.00	151,0	4.15.00		16.00.00	
1.00.00		4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

K = (A/(c x (t2-t1))) x ln (H1/H2) (cm/sec)

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua

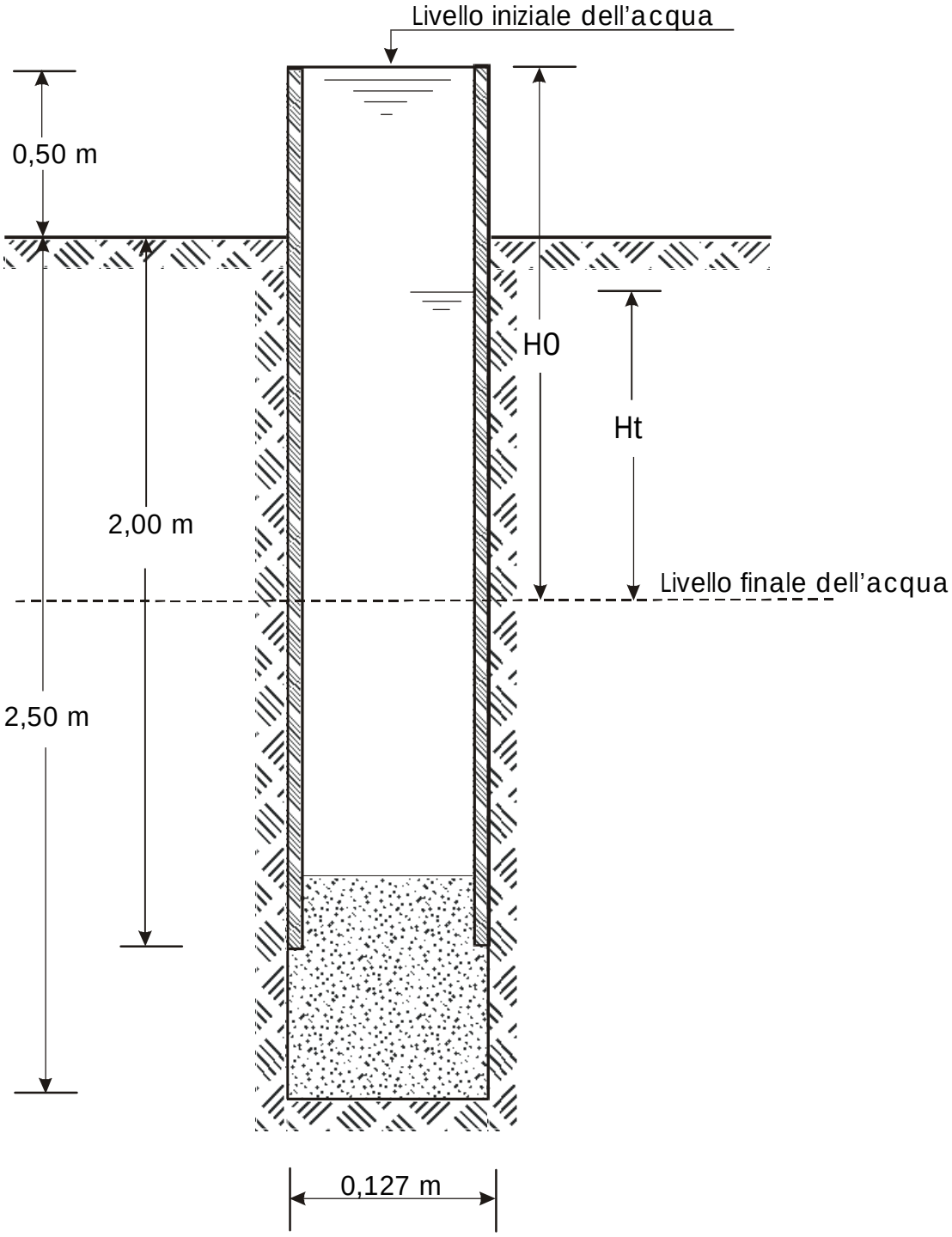


t1= sec 240 t2 = sec 480 H1 = m 1,29 H2 = m 1,09

Coefficiente di permeabilità K = 0,0017774 cm/sec

SCHEMA PROVA DI PERMEABILITA'
A CARICO VARIABILE P.1 S.11

LOCALITA': Lo Scopaione - Fiume Pecora
DATA: 10-12-2007 - Sondaggio S.11



Impresa Sondaggi Geofield S.r.l.
Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC (carico variabile)

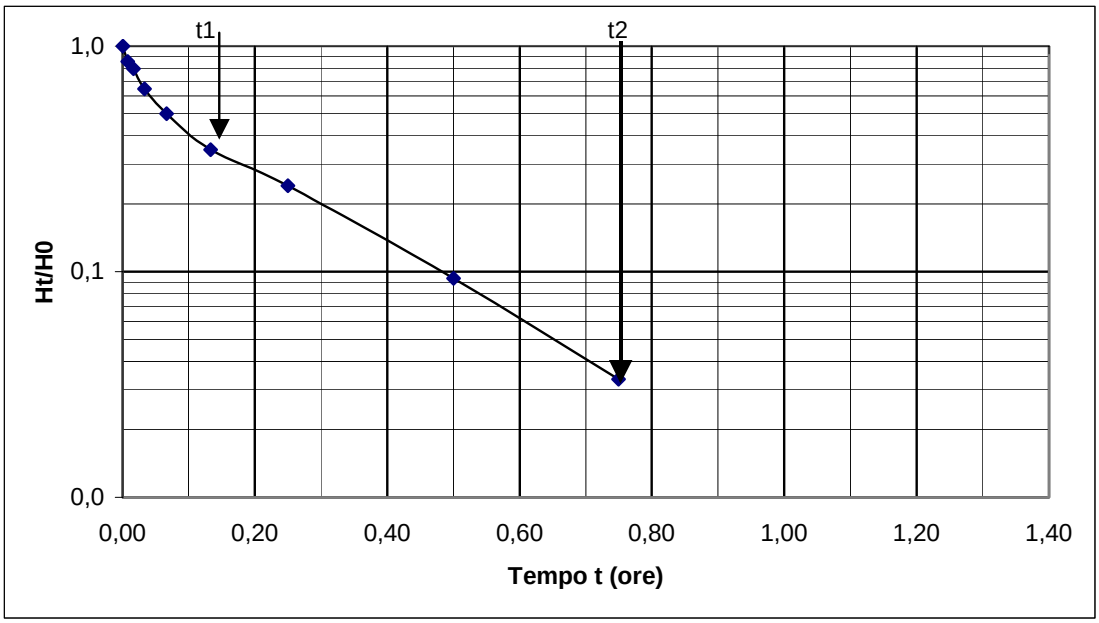
Prova P.1 -S.11 Tratto di prova da 1.5 a 2.0 m H0 = 150 cm

Descrizione terreno Alluvioni sabbio-limo-argillose marrone chiaro Data: 10-12-2007

tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm	tempo t	abb. cm
0.00.00	0,0	2.15.00		8.00.00	
0.00.30	22,0	2.30.00		9.00.00	
0.01.00	31,0	2.45.00		10.00.00	
0.02.00	53,0	3.00.00		11.00.00	
0.04.00	75,0	3.15.00		12.00.00	
0.08.00	98,0	3.30.00		13.00.00	
0.15.00	114,0	3.45.00		14.00.00	
0.30.00	136,0	4.00.00		15.00.00	
0.45.00	145,0	4.15.00		16.00.00	
1.00.00	150,0	4.30.00		17.00.00	
1.15.00		4.45.00		18.00.00	
1.30.00		5.00.00		19.00.00	
1.45.00		6.00.00		20.00.00	
2.00.00		7.00.00		21.00.00	

K = (A/(c x (t2-t1))) x ln (H1/H2) (cm/sec)

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)
A = Area di base del foro di sondaggio (=126,61 cmq)
h1, h2 = Altezza finale dei livelli d'acqua rispetto al livello finale agli istanti t1, t2 (m)
t1, t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2 (sec)
c = coefficiente di forma pari al tratto di prova (l) per l>> diametro tratto di prova (cm)
H0 = lunghezza del tratto tra il livello iniziale e il livello finale dell'acqua



t1= sec 480 t2 = sec 2700 H1 = m 0,52 H2 = m 0,05

Coefficiente di permeabilità K = 0,0026711 cm/sec

GEOFIELD
Laboratorio Geotecnico
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761346244
01100 VITERBO

Committente : Consorzio Bonifica Alta Maremma Data : 31 gennaio 2008

Località: Lo Scopaione – Fiume Pecora (GR)

TABELLA RIASSUNTIVA RISULTATI ANALISI E PROVE DI LABORATORIO

Certif. N.	**143/07**	**144/07**	**145/07**	**146/07**	**147/07**	**148/08**	**2792/08**	**2793/08**	**2795/08**	**2796/08**	**2797/08**	**2798/08**
Sondaggio	**S.7**	**S.6**	**S.11**	**S.4**	**S.8**	**S.3**	**S.9**	**S.3**	**S.3**	**S.6**	**S.10**	**S.11**
Prel. da m a m	1,50 1,80	7,50 7,80	7,30 7,50	1,50 1,80	1,40 1,70	3,20 3,50	5,00 5,30	3,00 3,30	1,60 1,90	2,00 2,40	1,50 2,00	1,70 2,00
W (%)	21,48	43,75	24,66	23,12	25,23	27,02	26,66	9,42				
γ	1,94	1,96	1,98	1,92	1,93	1,86	1,99	1,78	1,92	2,06	2,02	2,16
γ_S	2,62	2,65	2,67	2,63	2,63	2,64	2,63	2,72	2,62	2,62	2,61	2,60
e	0,64	0,94	0,68	0,68	0,70	0,80	0,67	0,526				
n (%)	39,0	48,5	40,5	40,7	41,0	44,0	40,2	34,5				
S (%)	87,8	122,8	96,6	88,5	93,0	88,0	106,3	49,7				
Granulom.: Ghiaia (%) Sabbia (%) Limo (%) Argilla (%)	 - 22,4 33,2 44,3	 - 29,5 31,7 38,3	 - 27,4 34,4 38,2	 - 5,1 46,6 48,3	 - 28,0 39,1 32,9	 41,9 27,0 30,2	 3,0 7,0 38,0 52,0	 25,0 21,0 30,0 24,0	 - 9,0 55,0 35,0	 39,0 8,0 29,0 24,0	 14,0 50,0 16,0 20,0	 60,0 19,0 21,0 -
φ	18°24’	19°44’	17°53’	12°17’	23°45’		16°40’					
c (Kg/cmq)	0,199	0,072	0,200	0,242	0,056		0,01					
Lim. Att. LL (%) LP (%) IP IC	 31,85 20,67 11,18 0,76	 49,48 38,55 10,93 0,52	 34,14 22,62 11,52 0,82				 43,00 17,58 25,42 0,64		 38,72 18,14 20,58	 37,10 20,97 16,13	 35,05 22,05 13,00	
E’(Kg/cmq)	39	25	35	23								
Mv (cmq/sec)	$3{,}05 \times 10^{-4}$	$3{,}58 \times 10^{-4}$	$6{,}25 \times 10^{-4}$	$6{,}25 \times 10^{-4}$								
K (cm/sec)	$7{,}71 \times 10^{-9}$	$1{,}43 \times 10^{-8}$	$1{,}74 \times 10^{-8}$	$1{,}40 \times 10^{-8}$								
γu (g/cmc)									1,92	2,06	2,02	2,16
γso (g/cmc)									1,50	1,73	1,64	1,87
W o (%)	1,94	1,96	1,98	1,92	1,93	1,86	1,99	1,78	21,77	17,25	20,48	13,42

LEGENDA

W = Contenuto naturale in acqua S = Grado di saturazione φ = angolo di attrito interno (C.D.)
γ = Peso di volume e = Indice dei vuoti c = Coesione (C.D.)
γ_S = Peso specifico dei granuli n = Porosità
E’= Modulo compressibilità edometrica ($1<\sigma<2$ Kg/cmq) Mv = coefficiente di consolidazione ($1<\sigma<2$ Kg/cmq)
Limiti di Atterberg: LL = Limite liquido; LP= Limite Plastico; IP = Indice Plastico; IC= Indice di Consistenza
K = coefficiente di permeabilità da prova edometrica;
Prova Proctor: γu = Densità umida ottimale; γ_{Sc} = Densità secca ottimale; Wo = contenuto in acqua ottimale

GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 22/01/2008

CERTIFICATO DI PROVA SU CAMPIONE DI TERRA N. 143/07

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma Località: Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.7 Profondità: da –1,5 m a –1,8 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni limo argillose marrone chiaro

FOGLIO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Contenuto in acqua naturale: W = 21,48 %	Limite Liquido: LL =
Peso dell'umidità di volume: γ = 1,94 g/cmc	Limite Plastico: LP =
Peso specifico dei granuli: γ_S = 2,62 g/cmc	Indice Plastico: IP =
Indice dei vuoti: e = 0,64	Limite di Ritiro: LR =
Porosità: n = 39,04 %	Indice di Consistenza: IC =
Grado di saturazione: S = 87,8 %	Stato di consistenza:

GRANULOMETRIA	Ghiaia: -	Sabbia: 22,4 %	Limo: 33,2 %	Argilla: 44,4 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE
Modulo di compressibilità Edometrico E' = 39 Kg/cmq (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Coefficiente di consolidazione Mv= 3,057 x 10^{-4} cmq/sec (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Condizioni drenate: Angolo di attrito interno φ = 18° 24' Coesione c = 0,199 Kg/cmq
Condizioni non drenate: Coesione cu =

OSSERVAZIONI: Coefficiente di permeabilità da prova edometrica per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq: K = 7,713 x 10^{-9} cm/sec

GEOFIELD **Laboratori Geotecnici** **Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO**	**CERTIFICATO N° 143/07** Loc.: Lo Scopaione F. Pecora Data: 09/01/2007	Stato Campione: Indisturbato Campione prelevato Sondaggio: S.7 Profondità: da -7,5 a -7,8 m dal p.c..

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Alta Maremma

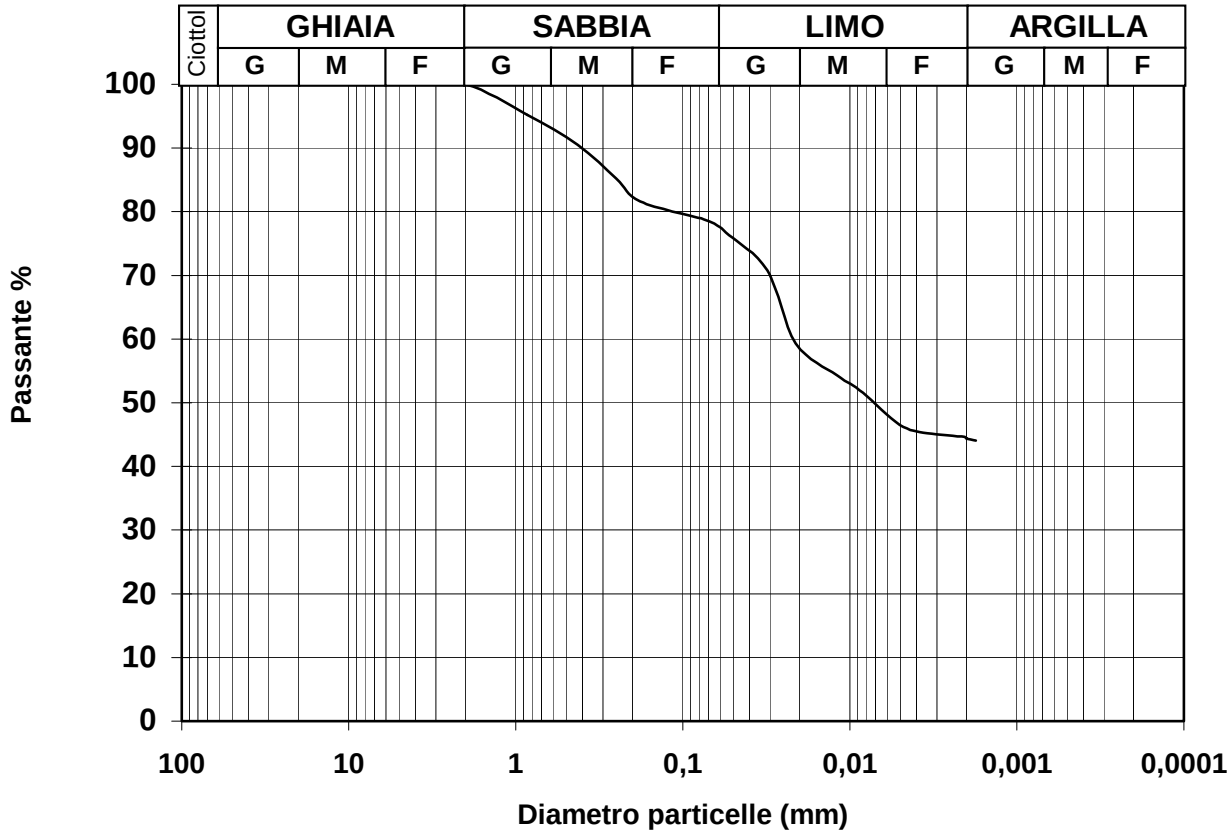
DESCRIZIONE: Alluvioni limo argillose marrone chiaro

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA Setaccio		AEROMETRIA	TRATTENUTO (%)		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm	Diam. Particelle (mm)	al setaccio	cumulativo	(%)
1/2"	12,500		0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500		0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750		0,00	0,00	100,00
N° 10	2,000		0,00	0,00	100,00
N° 20	0,850		4,80	4,80	95,20
N° 40	0,425		4,70	9,50	90,50
N° 60	0,250		5,30	14,80	85,20
N° 80	0,180		8,90	18,40	81,60
N° 200	0,075		6,40	21,20	78,80
N° 270	0,053		2,50	23,70	76,30
		0,03109			70,80
		0,02114			59,30
		0,01188			54,30
		0,00835			51,60
		0,00502			46,50
		0,00344			45,20
		0,00205			44,60
		0,00176			44,10

Granulometria MIT

Ghiaia (d>2,00 mm):
Sabbia (2,00>d>0,06): 22,4 %
Limo (0,06>d>0,002): 33,2 %
Argilla (d<0,002 mm): 44,3 %



Descrizione granulometrica: Argilla con limo sabbiosa

GEOFIELD
Laboratori di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 18/01/2008
CERTIFICATO N° 143/07

DETERMINAZIONE LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma Località: Lo Scopaione
Campione di terreno prelevato nel sondaggio S.7 alla profondità di -1,5 - 1,8 m

Contenuto naturale in acqua: 23,35%

DATI LIMITE LIQUIDO:

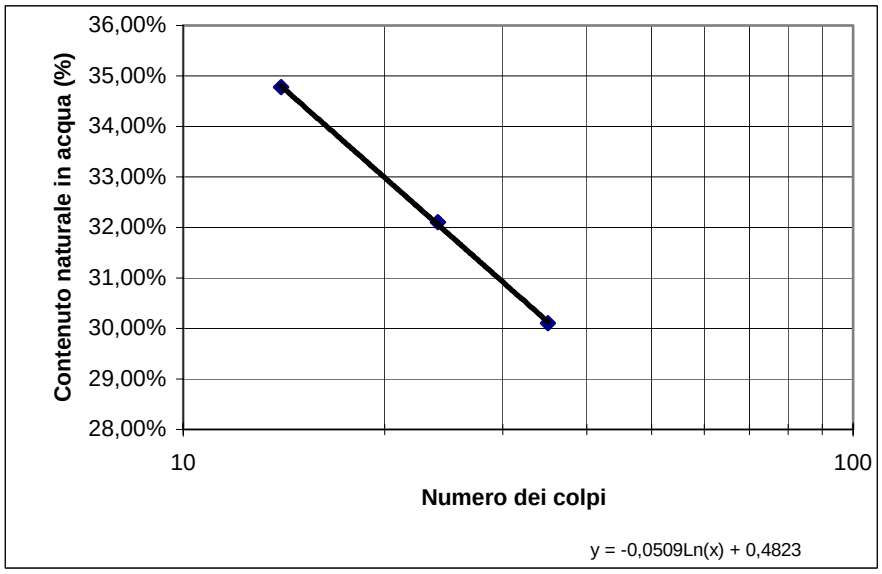
Numero di colpi	14	Contenuto naturale in acqua	34,78%
Numero di colpi	24	Contenuto naturale in acqua	32,10%
Numero di colpi	35	Contenuto naturale in acqua	30,11%

DATI LIMITE PLASTICO:

- Numero provino 1: contenuto in acqua: 20,78%
- Numero provino 2: contenuto in acqua: 20,55%

LIMITE LIQUIDO:	LL =	31,85%
LIMITE PLASTICO:	LP =	20,67%
INDICE PLASTICO: (IP = LL-LP)	IP =	11,18%
INDICE DI CONSISTENZA: IC = (LL-W) /IP	IC =	0,76
CLASSIFICA: Solido-plastico		

DIAGRAMMA LIMITE LIQUIDO



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 22/10/2008

CERTIFICATO N° 143/07

PROVA EDOMETRICA

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma Località: Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.7 Profondità: da –1,5 m a –1,8 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni limo argillose marrone chiaro

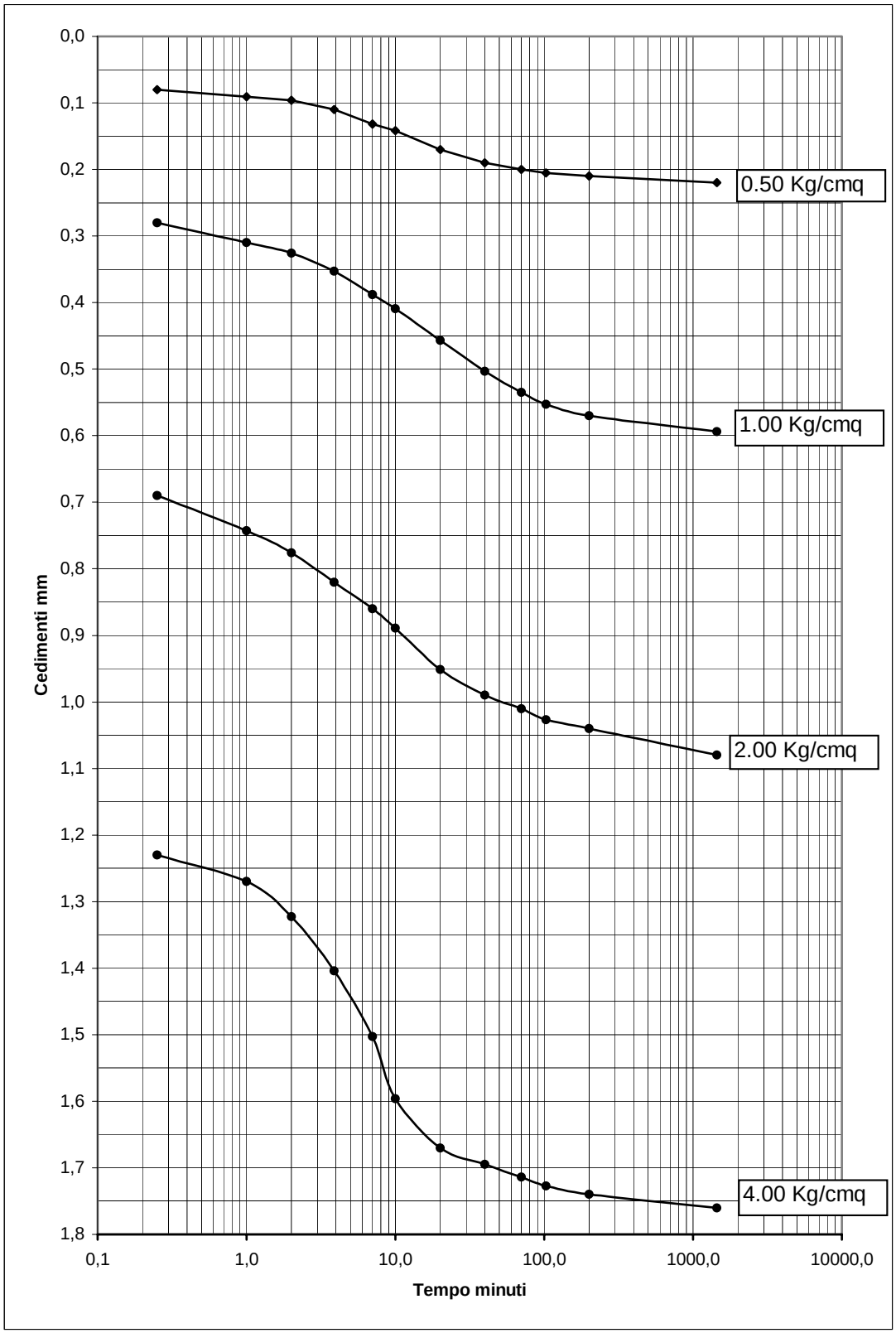
CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE	DIMENSIONI DEL PROVINO
Contenuto naturale in acqua: W = 21.48 %	Altezza h = 2 cm
Peso di volume: γ = 1.94 g/cmc	Diametro d = 5 cm
Peso specifico dei granuli: γ_s = 2.62 g/cmc	Area A = 20 cmq
Grado di saturazione: S = 87.85 %	Volume V = 40 cmc
Porosità: n = 39.04 %	Altezza ridotta Hr = 1.225 cm

Pressione σ_v (Kg/cmq)	Tempo t (h)	Deformazione δ_v (mm)	Indice dei vuoti e	Modulo di compressibilità E' (Kg/cmq)	Coefficiente permeabilità K (cm/sec)	Coefficiente consolidazione Cv (cmq/sec)
0,000	00	0,00	0,64060			
0,500	24	0,22	0,62254			
1,000	24	0,59	0,59212	26	$1,016 \times 10^{-8}$	
2,000	24	1,08	0,55245	0,0002675		
4,000	24	1,76	0,49695	39	$7,713 \times 10^{-9}$	
2,000	24	1,70	0,50184	0,0003057		
1,000	24	1,58	0,51164	54	$7,565 \times 10^{-9}$	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Campione Sondaggio S. 7 prof. m 1,50-1,80 - Loc. Lo Scopaione - Fiume Pecora

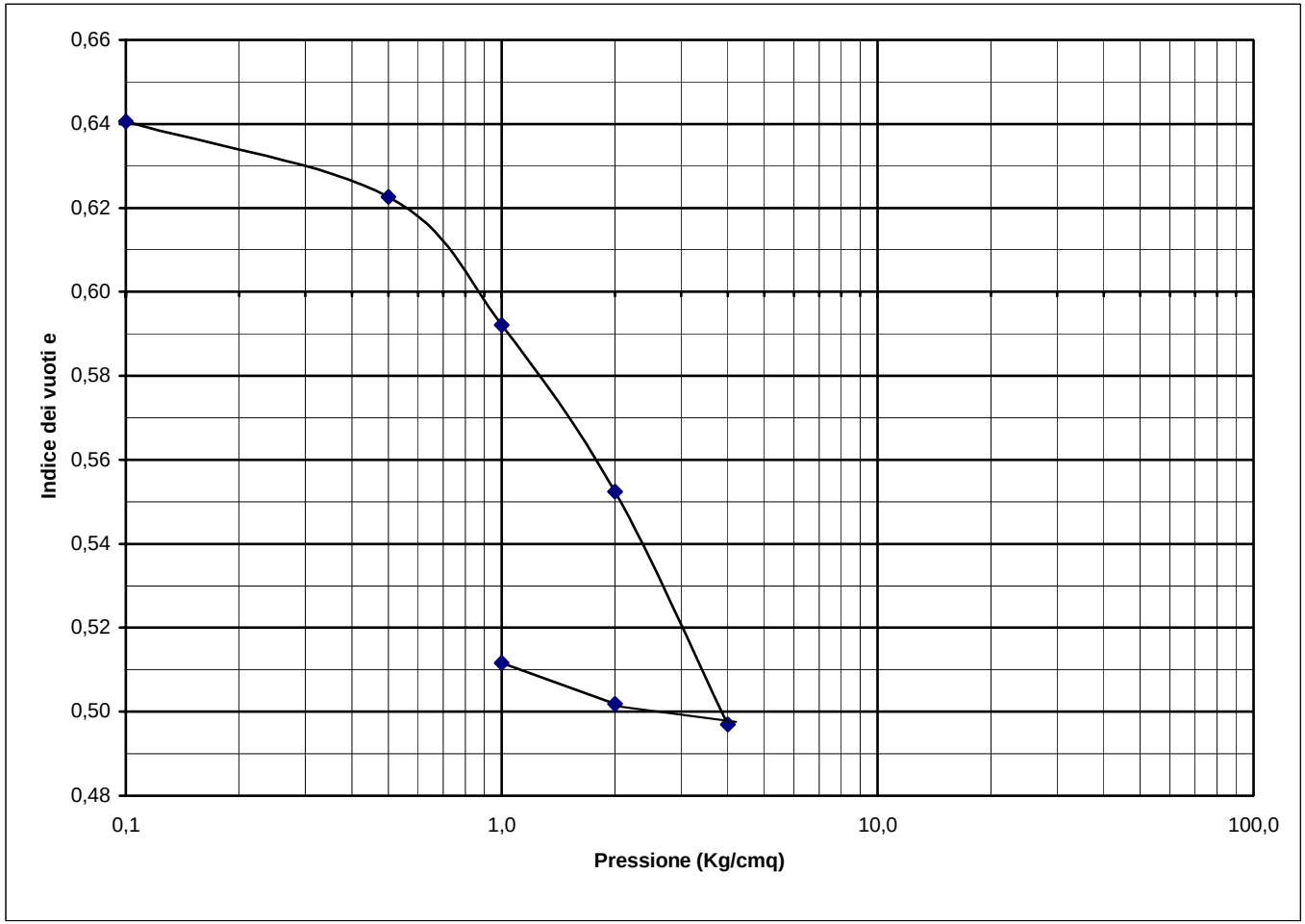
Certificato N° 143/07 DIAGRAMMA CEDIMENTI / TEMPO



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Certificato N. **143/07**

GRAFICO PRESSIONE VERTICALE / INDICE DEI VUOTI



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 28/01/2008

CERTIFICATO N° 143/07

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma Località: Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.7 Profondità: da –1,5 m a –1,8 m

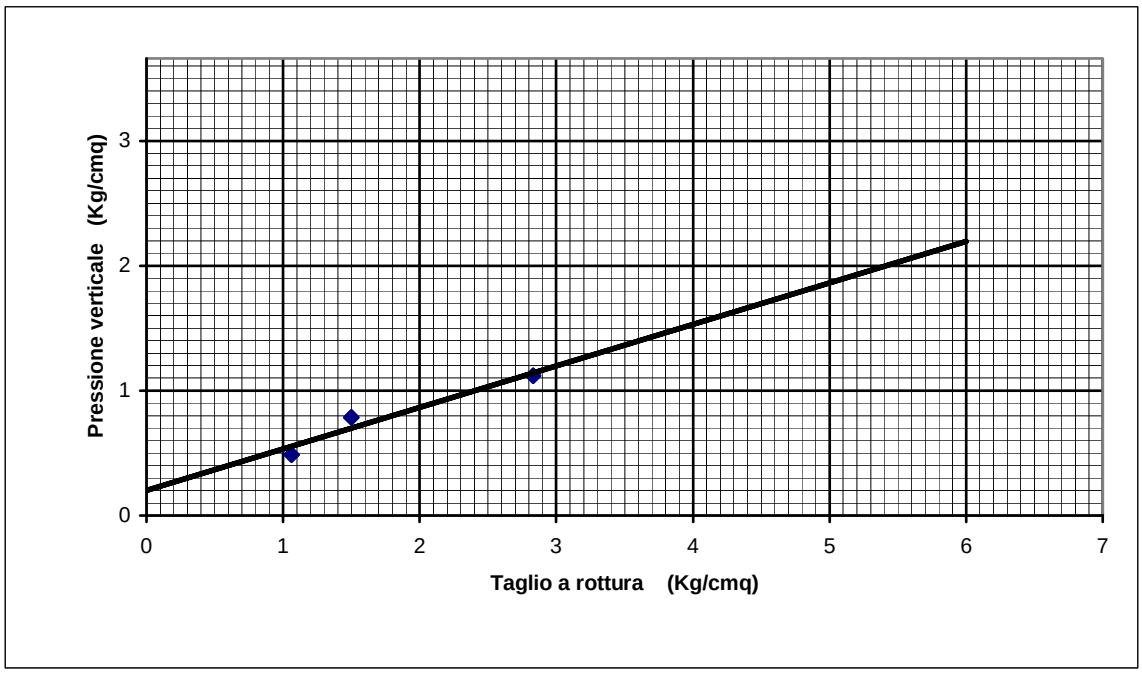
Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni limo argillose marrone chiaro

Tipo della prova: C.D. Velocità di deformazione: 0,234 mm/m

Dimensioni del provino: ∅ = 60 mm; H = 20 mm

Provino N°	1	2	3
Contenuto in acqua iniziale W_i (%)	25,91	26,02	25,86
Peso dell'umidità di volume γ (g/cmc)	1,95	1,95	1,94
Pressione verticale σ (Kg/cmq)	1,06	1,50	2,83
Deformazione verticale a rottura δ_v (mm)	0,13	0,18	0,25
Deformazione trasversale a rottura δ_t (mm)	3,25	3,44	3,62
Sollecitazione di taglio a rottura τ (Kg/cmq)	0,487	0,786	1,120
Contenuto in acqua finale W_f (%)	26,05	26,29	26,05

Angolo di attrito interno: φ = 18° 24' Coesione: c = 0,199 Kg/cmq



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 04/01/2008

CERTIFICATO DI PROVA SU CAMPIONE DI TERRA N. 144/07

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.6 Profondità: da –7,5 m a –7,8 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Argille nerastre mediamente consolidate

FOGLIO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Contenuto in acqua naturale: W = 43,75 %	Limite Liquido: LL = 49,48 %
Peso dell'umidità di volume: γ = 1,96 g/cmc	Limite Plastico: LP = 38,55 %
Peso specifico dei granuli: γ_S = 2,65 g/cmc	Indice Plastico: IP = 10,93
Indice dei vuoti: e = 0,9435	Limite di Ritiro: LR =
Porosità: n = 48,54 %	Indice di Consistenza: IC = 0,52
Grado di saturazione: S = 122,8 %	Stato di consistenza: Plastico

GRANULOMETRIA	Ghiaia: -	Sabbia: 29,5 %	Limo: 31,7 %	Argilla: 38,3 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE
Modulo di compressibilità Edometrico E' = 25 Kg/cmq (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Coefficiente di consolidazione Mv= 3,5855 x 10^{-4} cmq/sec (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Condizioni drenate: Angolo di attrito interno φ = 19° 44' Coesione c = 0,072 Kg/cmq
Condizioni non drenate: Coesione cu =

OSSERVAZIONI: Coefficiente di permeabilità da prova edometrica per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq: K = 1,4337 x 10^{-8} cm/sec

GEOFIELD **Laboratori Geotecnici** **Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO**	**CERTIFICATO N° 144/07** Loc.: Lo Scopaione F. Pecora Data: 29/12/2007	Stato Campione: Indisturbato Campione prelevato Sondaggio: S.7 Profondità: da -7,5 a -7,8 m dal p.c.

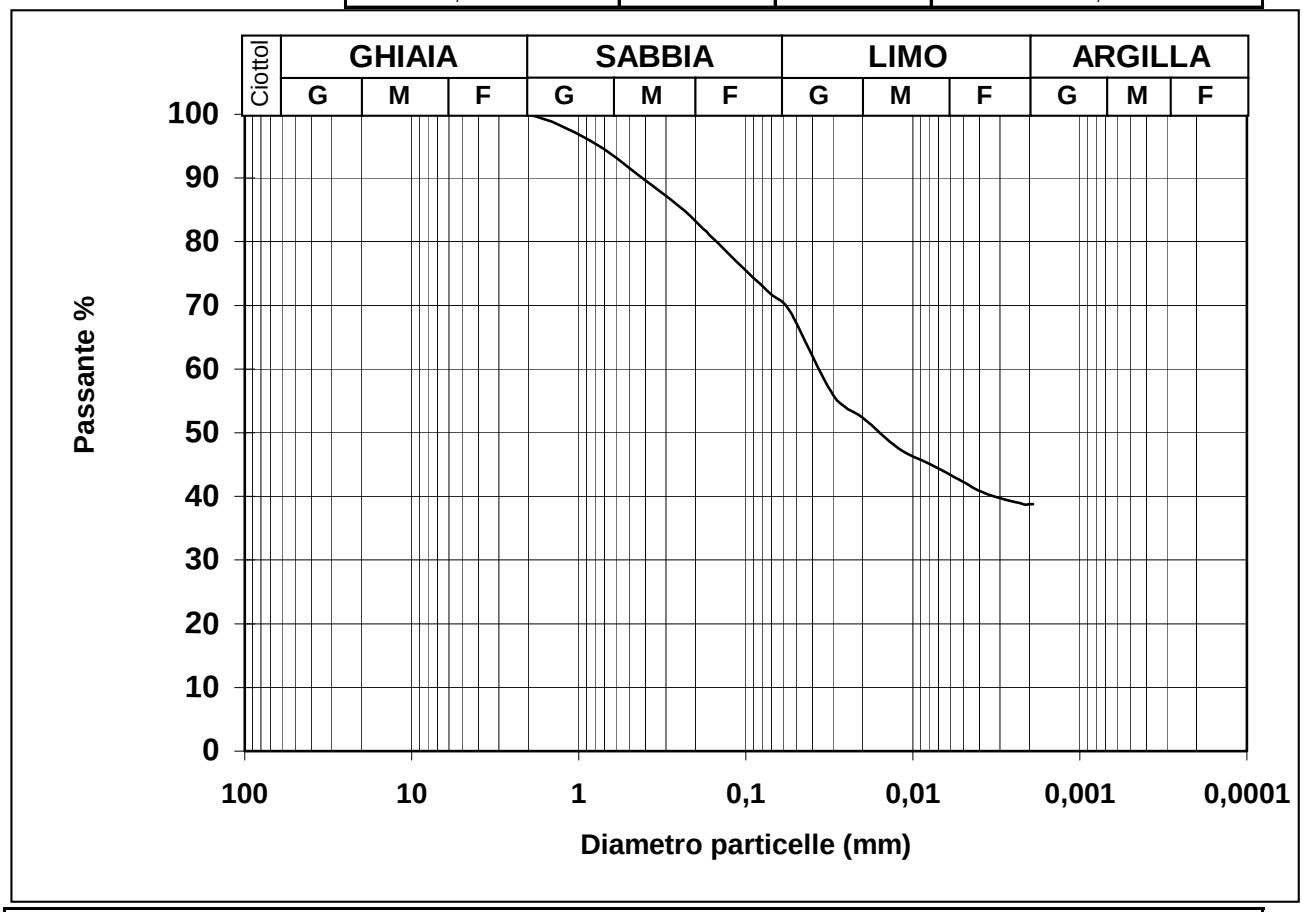
COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Alta Maremma

DESCRIZIONE: Argille nerastre mediamente consolidate

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA Setaccio		AEROMETRIA	TRATTENUTO (%)		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm	Diam. Particelle (mm)	al setaccio	cumulativo	(%)
1/2"	12,500		0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500		0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750		0,00	0,00	100,00
N° 10	2,000		0,00	0,00	100,00
N° 20	0,850		4,10	4,10	95,90
N° 40	0,425		5,70	9,80	90,20
N° 60	0,250		4,60	14,40	85,60
N° 80	0,180		8,20	18,00	82,00
N° 200	0,075		13,20	27,60	72,40
N° 270	0,053		3,80	31,40	68,60
		0,03010			55,90
		0,02011			52,40
		0,01220			47,50
		0,00801			45,10
		0,00501			42,30
		0,00372			40,50
		0,00218			38,80
		0,00190			38,80

Granulometria MIT
Ghiaia (d>2,00 mm): -
Sabbia (2,00>d>0,06): 29,5 %
Limo (0,06>d>0,002): 31,7 %
Argilla (d<0,002 mm): 38,3 %



Descrizione granulometrica: Argilla con limo e sabbia

GEOFIELD
Laboratori di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 08/01/2008
CERTIFICATO N° 144/07

DETERMINAZIONE LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma Località: Lo Scopaione
Campione di terreno prelevato nel sondaggio S.6 alla profondità di -7,5 - 7,80 m

Contenuto naturale in acqua: 43,75%

DATI LIMITE LIQUIDO:

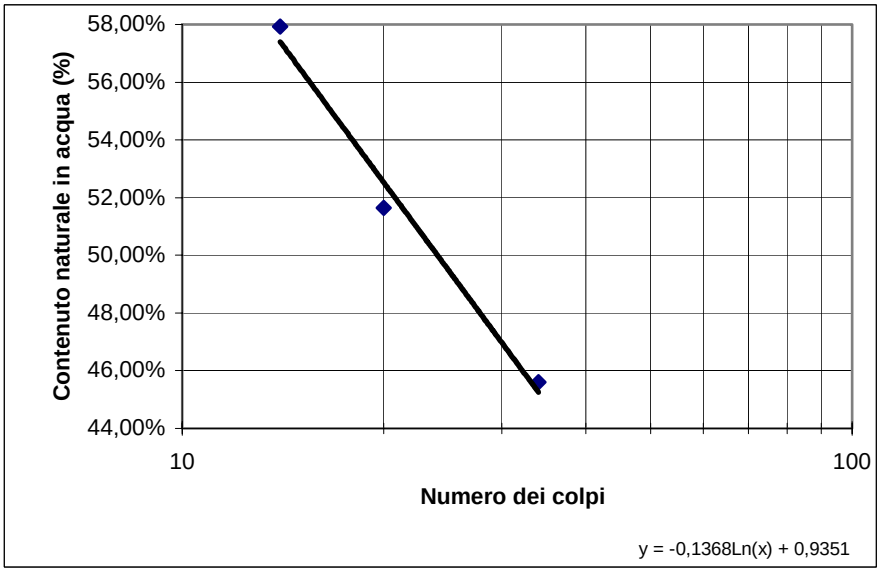
Numero di colpi	14	Contenuto naturale in acqua	57,92%
Numero di colpi	20	Contenuto naturale in acqua	51,65%
Numero di colpi	34	Contenuto naturale in acqua	45,61%

DATI LIMITE PLASTICO:

- Numero provino 1: contenuto in acqua: 37,91%
- Numero provino 2: contenuto in acqua: 39,18%

LIMITE LIQUIDO:	LL =	49,48%
LIMITE PLASTICO:	LP =	38,55%
INDICE PLASTICO: (IP = LL-LP)	IP =	10,93%
INDICE DI CONSISTENZA: IC = (LL-W) /IP	IC =	0,52
CLASSIFICA: Plastico		

DIAGRAMMA LIMITE LIQUIDO



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 07/01/2008

CERTIFICATO N° 144/07

PROVA EDOMETRICA

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.6 Profondità: da –7,5 m a –7,8 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Argille nerastre mediamente consolidate

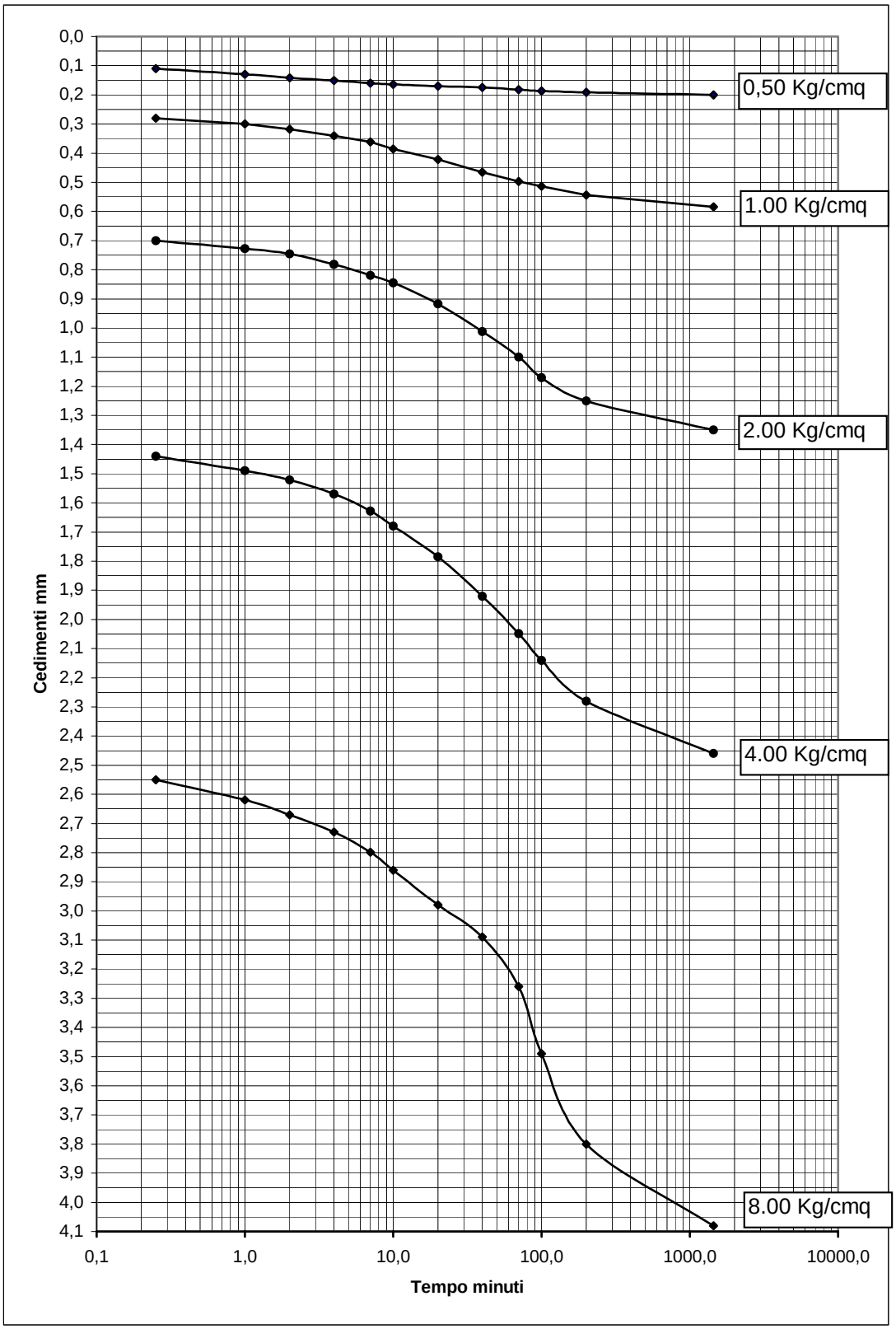
CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE	DIMENSIONI DEL PROVINO
Contenuto naturale in acqua: W = 49,48 %	Altezza h = 2 cm
Peso di volume: γ = 1,96 g/cmc	Diametro d = 5 cm
Peso specifico dei granuli: γ_s = 2,65 g/cmc	Area A = 20 cmq
Grado di saturazione: S = 122,87 %	Volume V = 40 cmc
Porosità: n = 48,54 %	Altezza ridotta Hr = 1,03418 cm

Pressione σ_v (Kg/cmq)	Tempo t (h)	Deformazione δ_v (mm)	Indice dei vuoti e	Modulo di compressibilità E' (Kg/cmq)	Coefficiente permeabilità K (cm/sec)	Coefficiente consolidazione Cv (cmq/sec)
0,000	00	0,00	0,94356			
0,500	24	0,200	0,92422			
1,000	24	0,585	0,88699	25	$7,2227 \times 10^{-8}$	
2,000	24	1,350	0,81302	0,0018486		
4,000	24	2,460	0,70569	25	$1,4336 \times 10^{-8}$	
8,000	24	4,080	0,54904	0,0003585		
4,000	24	3,830	0,57322	32	$7,5135 \times 10^{-9}$	
2,000	24	3,380	0,61673			
1,000	24	3,220	0,63220			

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Campione S.6 prof. 7.5 - 7.8 m - Loc. Lo Scopaione

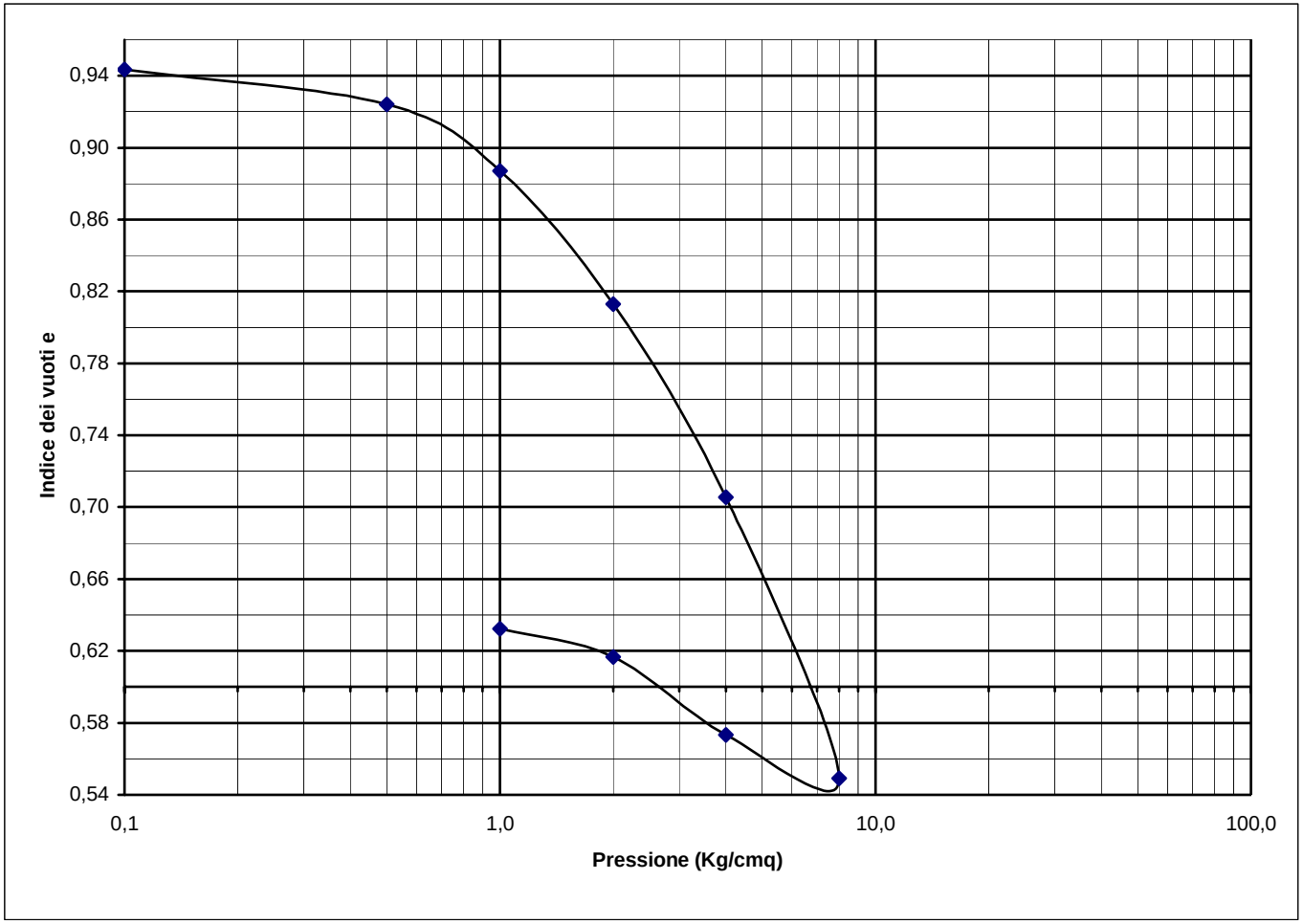
Certificato N° 144/07 DIAGRAMMA CEDIMENTI / TEMPO



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA **Certificato N.** **144/07**

Campione S.6 prof. 7.5 - 7.8 m - Loc. Lo Scopaione

GRAFICO PRESSIONE VERTICALE / INDICE DEI VUOTI



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 04/01/2008

CERTIFICATO N° 144/07

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.6 Profondità: da –7,5 m a –7,8 m

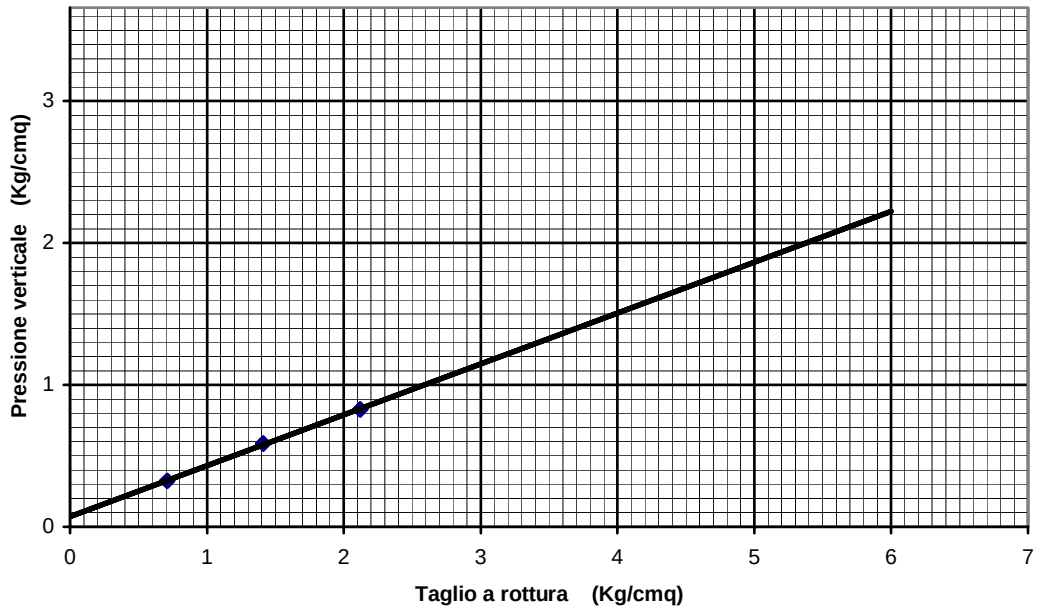
Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Argille nerastre mediamente consolidate

Tipo della prova: C.D. Velocità di deformazione: 0,117 mm/m

Dimensioni del provino: ∅ = 60 mm; H = 20 mm

Provino N°	1	2	3
Contenuto in acqua iniziale W_i (%)	48,61	47,98	48,22
Peso dell'umidità di volume γ (g/cmc)	1,95	1,96	1,96
Pressione verticale σ (Kg/cmq)	1,06	1,50	2,12
Deformazione verticale a rottura δ_v (mm)	0,18	0,28	0,37
Deformazione trasversale a rottura δ_t (mm)	1,88	2,21	2,73
Sollecitazione di taglio a rottura τ (Kg/cmq)	0,322	0,587	0,845
Contenuto in acqua finale W_f (%)	54,11	52,21	52,08

Angolo di attrito interno: φ = 19° 44' Coesione: c = 0,072 Kg/cmq



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 08/01/2008

CERTIFICATO DI PROVA SU CAMPIONE DI TERRA N. 145/07

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.11 Profondità: da –7,3 m a –7,5 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Argille marrone chiaro variegate med. consolidate

FOGLIO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Contenuto in acqua naturale: W = 24,66 %	Limite Liquido: LL = 34,14 %
Peso dell'umidità di volume: γ = 1,98 g/cmc	Limite Plastico: LP = 22,62 %
Peso specifico dei granuli: γ_S = 2,67 g/cmc	Indice Plastico: IP = 11,52
Indice dei vuoti: e = 0,6810	Limite di Ritiro: LR =
Porosità: n = 40,51 %	Indice di Consistenza: IC = 0,82
Grado di saturazione: S = 96,68 %	Stato di consistenza: Solido-Plastico

GRANULOMETRIA	Ghiaia: -	Sabbia: 27,4 %	Limo: 34,4 %	Argilla: 38,2 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE
Modulo di compressibilità Edometrico E' = 35 Kg/cmq (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Coefficiente di consolidazione Mv= 6,2577 x 10^{-4} cmq/sec (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Condizioni drenate: Angolo di attrito interno φ = 17° 53' Coesione c = 0,200 Kg/cmq
Condizioni non drenate: Coesione cu =

OSSERVAZIONI: Coefficiente di permeabilità da prova edometrica per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq: K = 1,7474 x 10^{-8} cm/sec

GEOFIELD **Laboratori Geotecnici** **Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO**	**CERTIFICATO N° 145/07** Loc.: Lo Scopaione F. Pecora Data: 08/01/2008	Stato campione: Indisturbato Prelievo Sondaggio: S.11 Profondità: da -7,3 a -7,5 m dal p.c.

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Alta Maremma

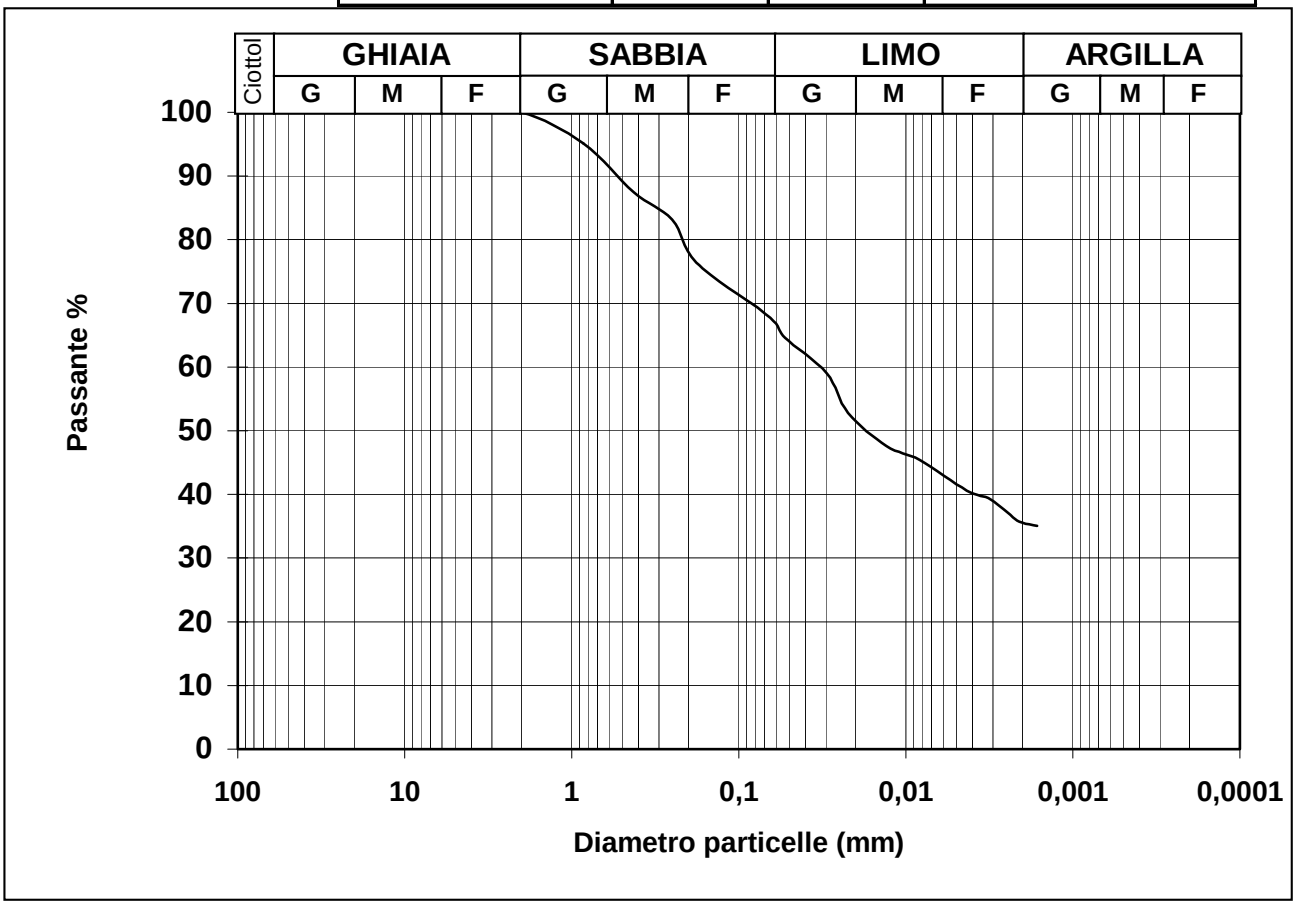
DESCRIZIONE: Argille marrone chiaro variegate mediamente consolidate

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA Setaccio		AEROMETRIA	TRATTENUTO (%)		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm	Diam. Particelle (mm)	al setaccio	cumulativo	(%)
1/2"	12,500		0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500		0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750		0,00	0,00	100,00
N° 10	2,000		0,00	0,00	100,00
N° 20	0,850		4,90	4,90	95,10
N° 40	0,425		7,60	12,50	87,50
N° 60	0,250		4,30	16,80	83,20
N° 80	0,180		11,10	23,60	76,40
N° 200	0,075		14,10	30,90	69,10
N° 270	0,053		4,50	35,40	64,60
		0,02980			59,10
		0,02211			52,80
		0,01304			47,60
		0,00821			45,40
		0,00431			40,60
		0,00309			39,20
		0,00221			36,10
		0,00164			35,10

Granulometria MIT

Ghiaia (d>2,00 mm): -
Sabbia (2,00>d>0,06): 33,1 %
Limo (0,06>d>0,002): 31,3 %
Argilla (d<0,002 mm): 35,6 %



Descrizione granulometrica: Argilla con sabbia e limo

GEOFIELD
Laboratori di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 07/01/2008
CERTIFICATO N° 145/07

DETERMINAZIONE LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma Località: Lo Scopaione
Campione di terreno prelevato nel sondaggio S.11 alla profondità di -7,3 - 7,5 m

Contenuto naturale in acqua: 24,66%

DATI LIMITE LIQUIDO:

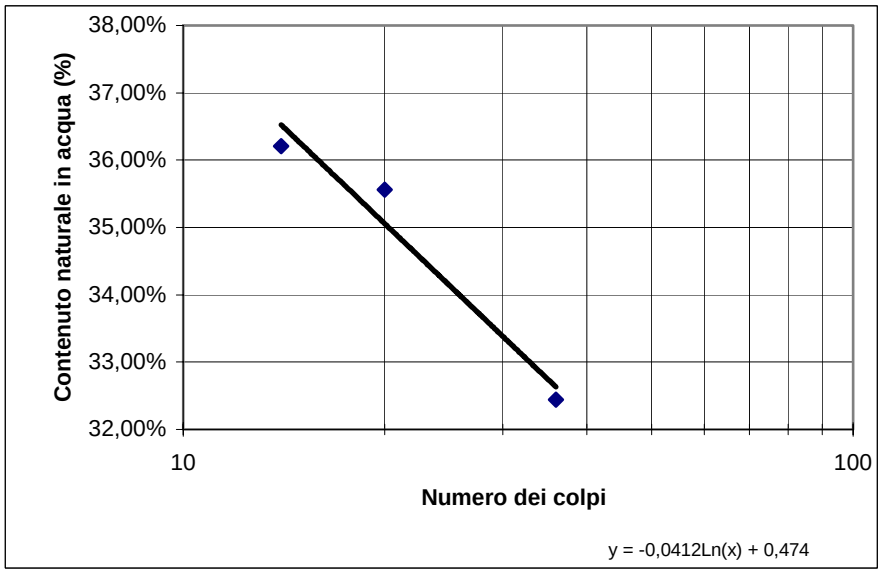
Numero di colpi	14	Contenuto naturale in acqua	36,21%
Numero di colpi	20	Contenuto naturale in acqua	35,56%
Numero di colpi	36	Contenuto naturale in acqua	32,44%

DATI LIMITE PLASTICO:

- Numero provino 1: contenuto in acqua: 22,44%
- Numero provino 2: contenuto in acqua: 22,79%

LIMITE LIQUIDO:	LL =	34,14%
LIMITE PLASTICO:	LP =	22,62%
INDICE PLASTICO: (IP = LL-LP)	IP =	11,52%
INDICE DI CONSISTENZA: IC = (LL-W) /IP	IC =	0,82
CLASSIFICA: Solido-plastico		

DIAGRAMMA LIMITE LIQUIDO



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 07/01/2008

CERTIFICATO N° 145/07

PROVA EDOMETRICA

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.11 Profondità: da –7,3 m a –7,5 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Argille marrone chiaro variegate mediam. consolidate

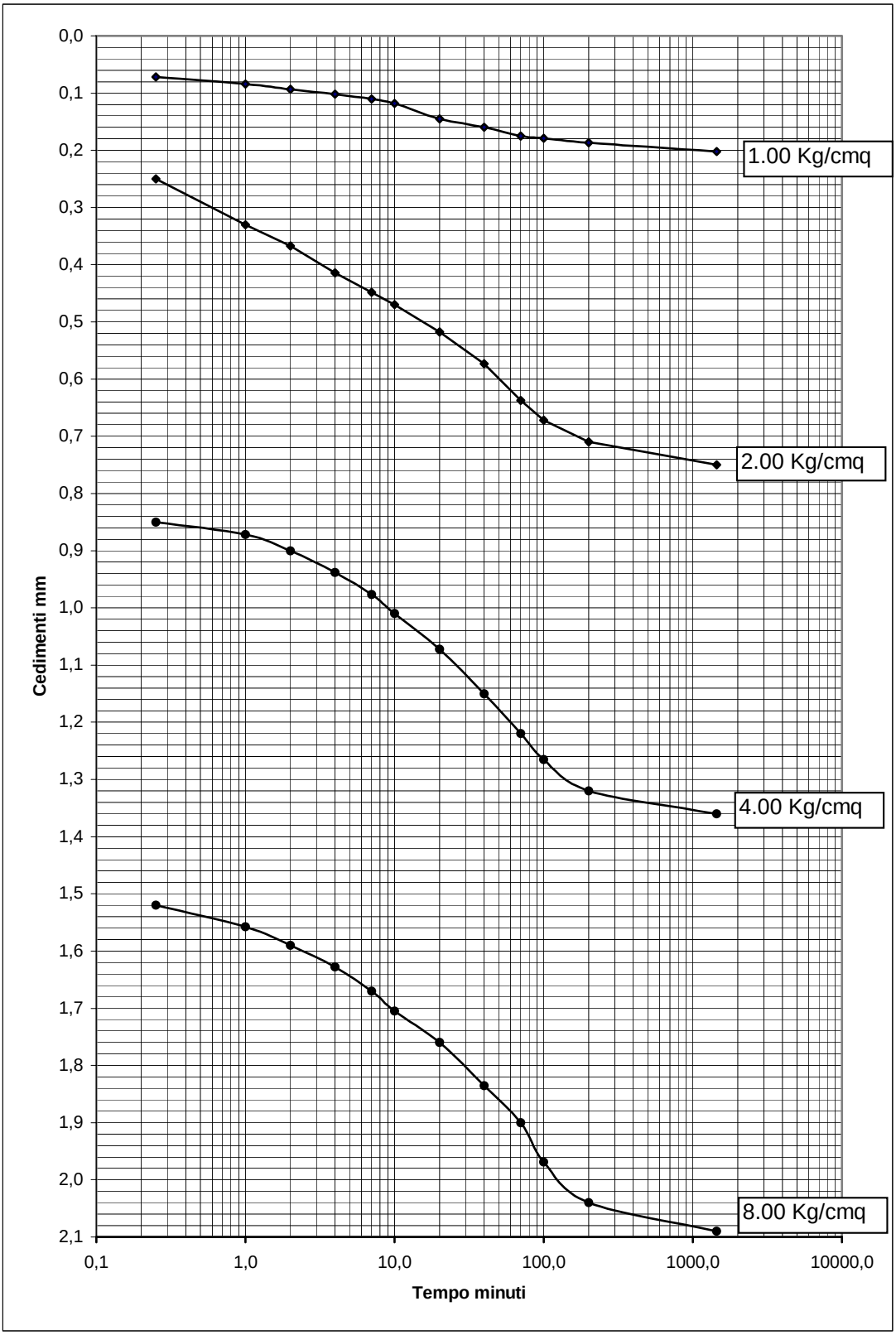
CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE	DIMENSIONI DEL PROVINO
Contenuto naturale in acqua: W = 24,66 %	Altezza h = 2 cm
Peso di volume: γ = 1,98 g/cmc	Diametro d = 5 cm
Peso specifico dei granuli: γ_s = 2,67 g/cmc	Area A = 20 cmq
Grado di saturazione: S = 96,68 %	Volume V = 40 cmc
Porosità: n = 40,51 %	Altezza ridotta Hr = 1,1957 cm

Pressione σ_v (Kg/cmq)	Tempo t (h)	Deformazione δ_v (mm)	Indice dei vuoti e	Modulo di compressibilità E' (Kg/cmq)	Coefficiente permeabilità K (cm/sec)	Coefficiente consolidazione Cv (cmq/sec)
0,000	00	0,00	0,68102			
0,500	24	0,062	0,67584			
1,000	24	0,202	0,66413	71	$7,2227 \times 10^{-8}$	
2,000	24	0,750	0,61829	0,0018486		
4,000	24	1,360	0,56728	35	$1,4336 \times 10^{-8}$	
8,000	24	2,090	0,50623	0,0003585		
4,000	24	1,930	0,51960	62	$5,7140 \times 10^{-9}$	
2,000	24	1,650	0,54303			
1,000	24	1,480	0,55724			

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Campione S.11 prof. 7.3 - 7.5 m - Loc. Lo Scopaione

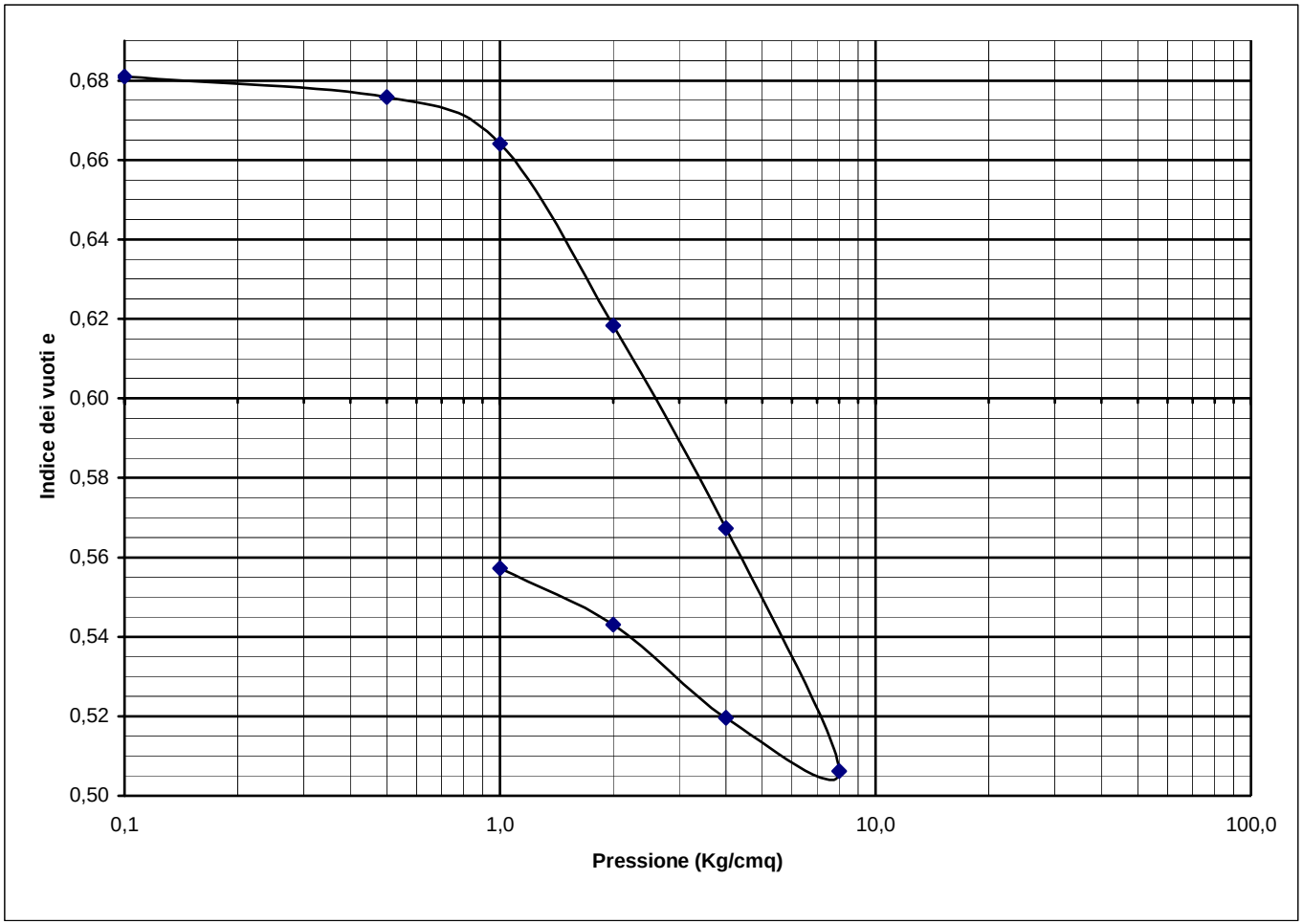
Certificato N° 145/07 DIAGRAMMA CEDIMENTI / TEMPO



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA **Certificato N.** **145/07**

Campione S.11 prof. 7.3 - 7.5 m - Loc. Lo Scopaione

GRAFICO PRESSIONE VERTICALE / INDICE DEI VUOTI



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 08/01/2008

CERTIFICATO N° 145/07

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.11 Profondità: da –7,3 m a –7,5 m

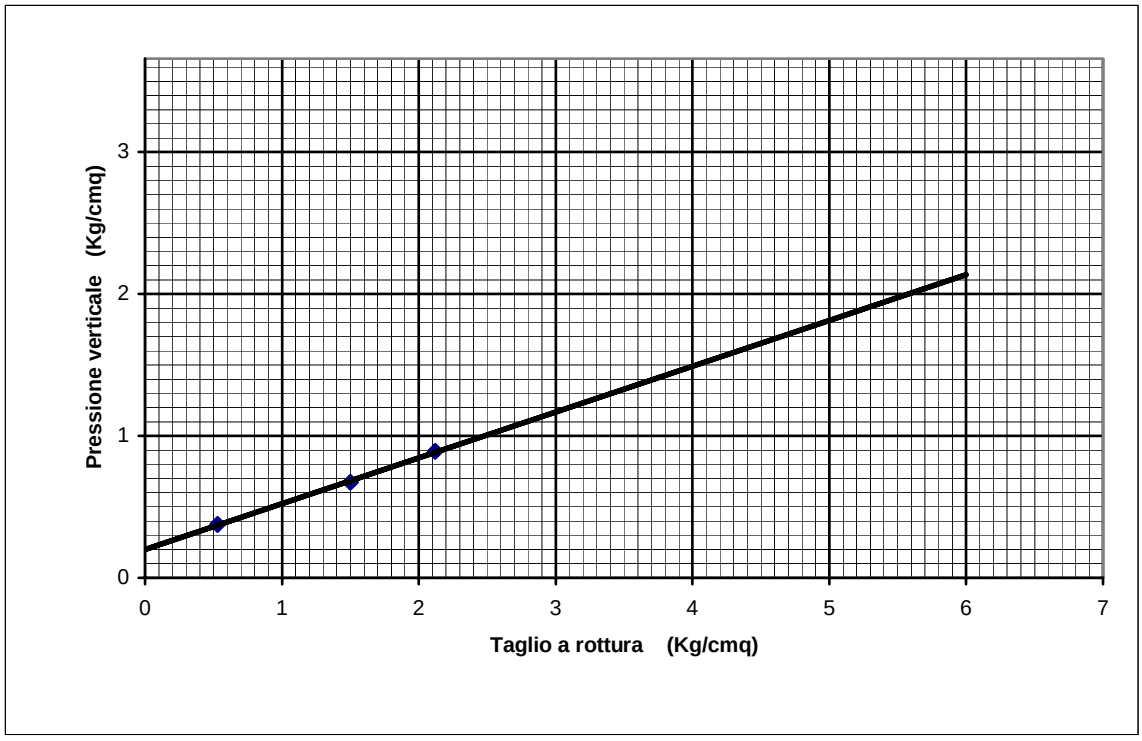
Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Argille marrone chiaro variegate mediam. consolidate

Tipo della prova: C.D. Velocità di deformazione: 0,117 mm/m

Dimensioni del provino: ∅ = 60 mm; H = 20 mm

Provino N°	1	2	3
Contenuto in acqua iniziale W_i (%)	24,78	24,65	24,56
Peso dell'umidità di volume γ (g/cmc)	1,98	1,98	1,97
Pressione verticale σ (Kg/cmq)	0,53	1,50	2,12
Deformazione verticale a rottura δ_v (mm)	0,10	0,13	0,21
Deformazione trasversale a rottura δ_t (mm)	3,09	3,31	3,44
Sollecitazione di taglio a rottura τ (Kg/cmq)	0,375	0,675	0,890
Contenuto in acqua finale W_f (%)	25,09	25,21	24,81

Angolo di attrito interno: φ = 17° 53' Coesione: c = 0,200 Kg/cmq



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 22/01/2008

CERTIFICATO DI PROVA SU CAMPIONE DI TERRA N. 146/07

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.4 Profondità: da –1,5 m a –1,8 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro

FOGLIO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Contenuto in acqua naturale: W = 23,12 %	Limite Liquido: LL =
Peso dell'umidità di volume: γ = 1,92 g/cmc	Limite Plastico: LP =
Peso specifico dei granuli: γ_S = 2,63 g/cmc	Indice Plastico: IP =
Indice dei vuoti: e = 0,6864	Limite di Ritiro: LR =
Porosità: n = 40,70 %	Indice di Consistenza: IC =
Grado di saturazione: S = 88,57 %	Stato di consistenza:

GRANULOMETRIA	Ghiaia: -	Sabbia: 5,1 %	Limo: 46,6 %	Argilla: 48,3 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE
Modulo di compressibilità Edometrico E' = 23 Kg/cmq (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Coefficiente di consolidazione Mv= 3,3 x 10^{-4} cmq/sec (per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq)
Condizioni drenate: Angolo di attrito interno φ = 12° 17' Coesione c = 0,242 Kg/cmq
Condizioni non drenate: Coesione cu =

OSSERVAZIONI: Coefficiente di permeabilità da prova edometrica per $1 < \sigma_v < 2$ Kg/cmq: K = 1,407 x 10^{-8} cm/sec

GEOFIELD Laboratori Geotecnici Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO	CERTIFICATO N° 146/07 Loc.: Lo Scopaione F. Pecora Data: 12/01/2008	Stato campione: Indisturbato Prelievo Sondaggio: S.4 Profondità: da -1,5 a -1,8 m dal p.c.

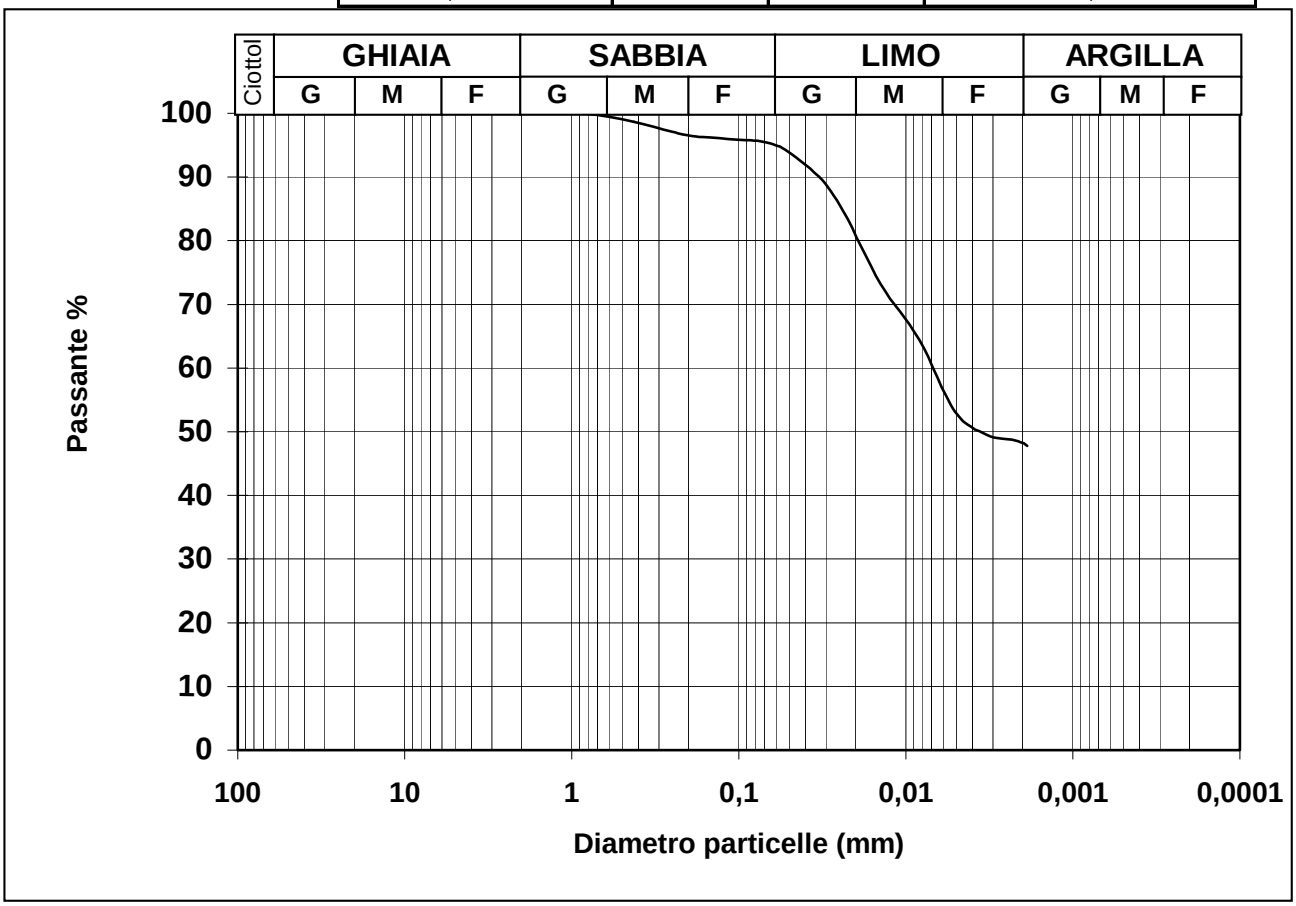
COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Alta Maremma

DESCRIZIONE: Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA Setaccio		AEROMETRIA	TRATTENUTO (%)		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm	Diam. Particelle (mm)	al setaccio	cumulativo	(%)
1/2"	12,500		0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500		0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750		0,00	0,00	100,00
N° 10	2,000		0,00	0,00	100,00
N° 20	0,850		0,00	0,00	100,00
N° 40	0,425		1,30	1,30	98,70
N° 60	0,250		1,60	2,90	97,10
N° 80	0,180		2,30	3,60	96,40
N° 200	0,075		1,50	4,40	95,60
N° 270	0,053		1,30	5,70	94,30
		0,03331			90,10
		0,02345			84,50
		0,01412			73,20
		0,00832			64,50
		0,00511			53,20
		0,00327			49,50
		0,00231			48,80
		0,00188			47,80

Granulometria MIT
Ghiaia (d>2,00 mm):
Sabbia (2,00>d>0,06): 5,1 %
Limo (0,06>d>0,002): 46,6 %
Argilla (d<0,002 mm): 48,3 %



Descrizione granulometrica: Argilla limosa debolmente sabbiosa

GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 22/01/2008

CERTIFICATO N° 146/07

PROVA EDOMETRICA

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.4 Profondità: da –1,5 m a –1,8 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro

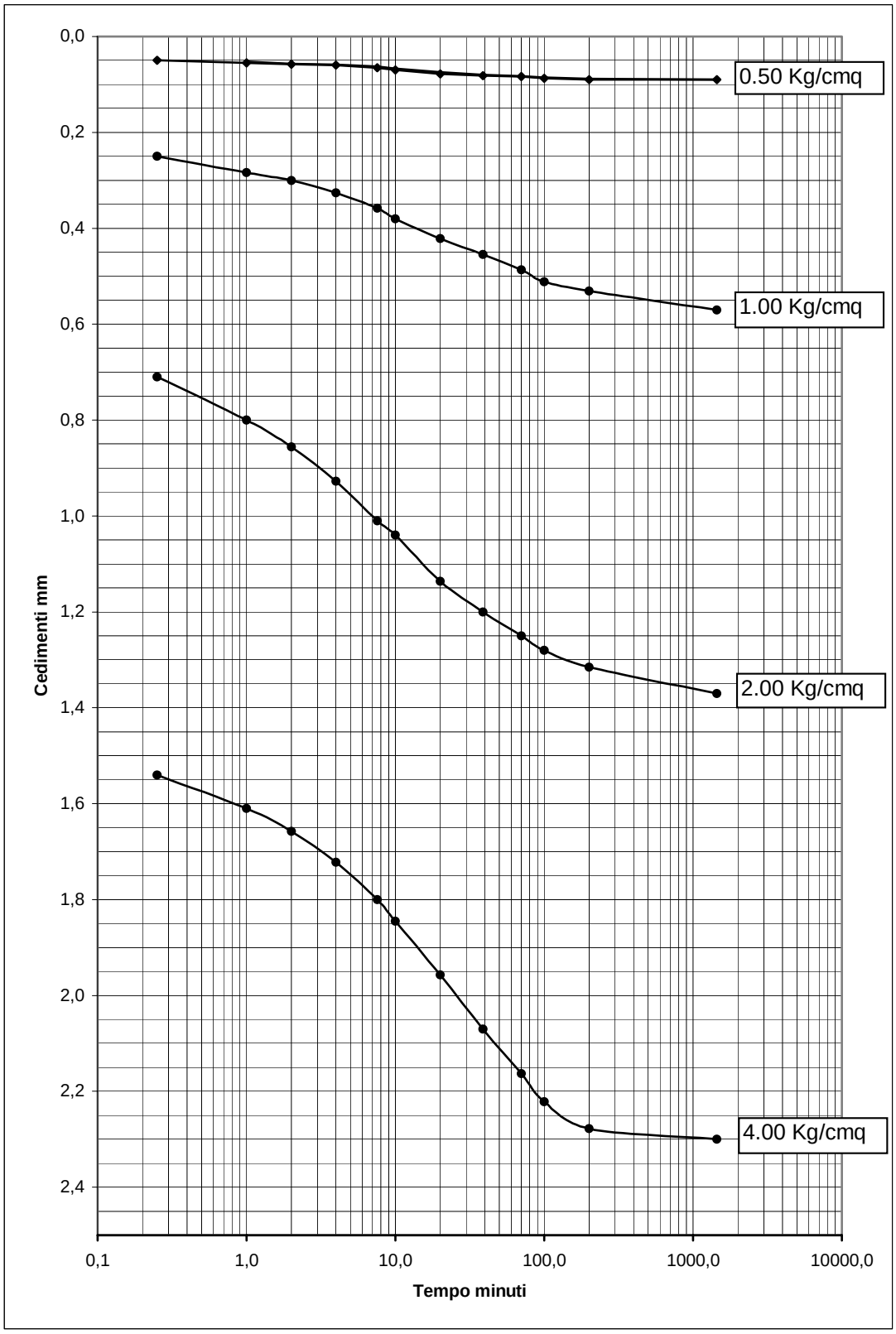
CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE	DIMENSIONI DEL PROVINO
Contenuto naturale in acqua: W = 23.12 %	Altezza h = 2 cm
Peso di volume: γ = 1.92 g/cmc	Diametro d = 5 cm
Peso specifico dei granuli: γ_s = 2.63 g/cmc	Area A = 20 cmq
Grado di saturazione: S = 88,57 %	Volume V = 40 cmc
Porosità: n = 40,70 %	Altezza ridotta Hr = 1.198 cm

Pressione σ_v (Kg/cmq)	Tempo t (h)	Deformazione δ_v (mm)	Indice dei vuoti e	Modulo di compressibilità E' (Kg/cmq)	Coefficiente permeabilità K (cm/sec)	Coefficiente consolidazione Cv (cmq/sec)
0,000	00	0,00	0,68648			
0,500	24	0,09	0,67893			
1,000	24	0,57	0,63866	20	$1,824 \times 10^{-8}$	
2,000	24	1,37	0,57153	0,0003756		
4,000	24	2,30	0,49350	23	$1,407 \times 10^{-8}$	
2,000	24	2,20	0,50189	0,0003365		
1,000	24	2,04	0,51532	39	$2,129 \times 10^{-9}$	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Sondaggio S.4 prof. -1.5-1.8 m - Loc. Lo Scopaione - Fiume Pecora

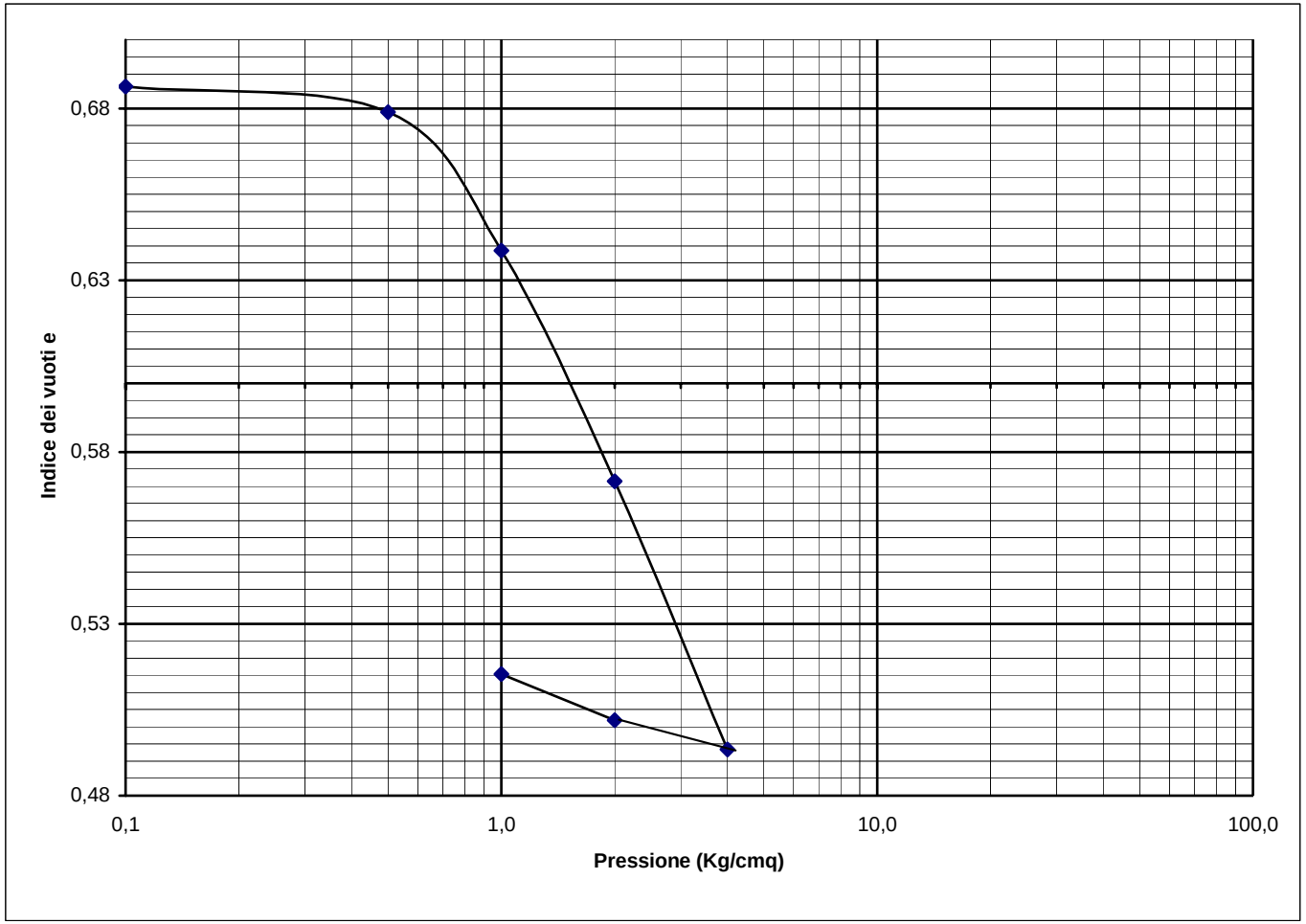
Certificato N° 146/07 DIAGRAMMA CEDIMENTI / TEMPO



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Certificato N. 146/07

GRAFICO PRESSIONE VERTICALE / INDICE DEI VUOTI



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 09/01/2008

CERTIFICATO N° 146/07

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.4 Profondità: da –1,5 m a –1,8 m

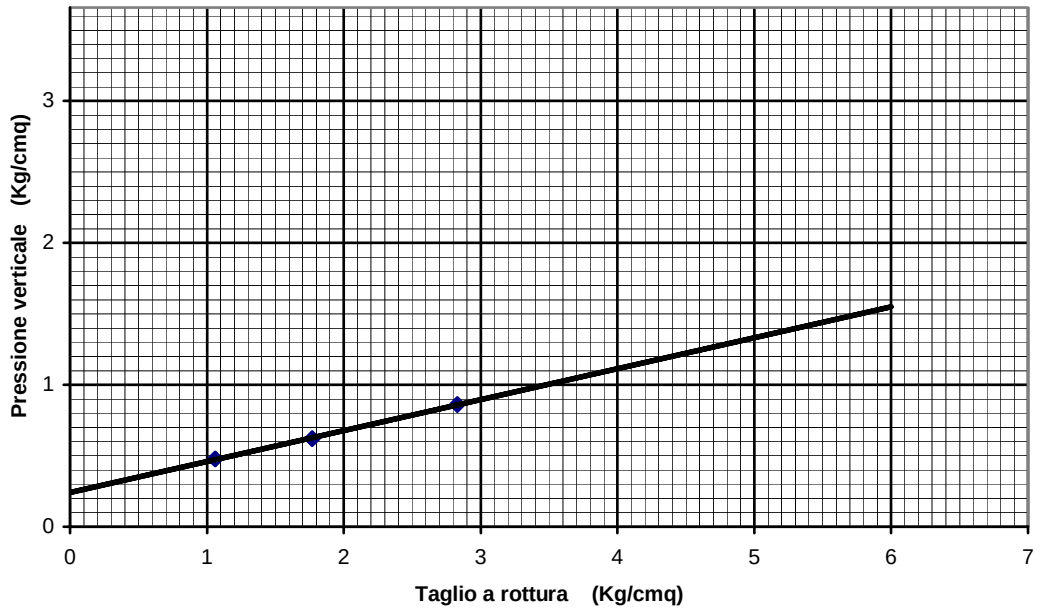
Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro

Tipo della prova: C.D. Velocità di deformazione: 0,117 mm/m

Dimensioni del provino: ∅ = 60 mm; H = 20 mm

Provino N°	1	2	3
Contenuto in acqua iniziale W_i (%)	23,12	23,25	23,04
Peso dell'umidità di volume γ (g/cmc)	1,92	1,92	1,93
Pressione verticale σ (Kg/cmq)	1,06	1,77	2,83
Deformazione verticale a rottura δ_v (mm)	0,14	0,19	0,23
Deformazione trasversale a rottura δ_t (mm)	3,25	3,46	3,58
Sollecitazione di taglio a rottura τ (Kg/cmq)	0,478	0,619	0,862
Contenuto in acqua finale W_f (%)	23,29	23,58	23,33

Angolo di attrito interno: φ = 12° 17' Coesione: c = 0,242 Kg/cmq



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 26/01/2008

CERTIFICATO DI PROVA SU CAMPIONE DI TERRA N. 147/07

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.8 Profondità: da –1,4 m a –1,7 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni limo argillose marrone chiaro

FOGLIO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Contenuto in acqua naturale: W = 25,23 %	Limite Liquido: LL =
Peso dell'umidità di volume: γ = 1,93 g/cmc	Limite Plastico: LP =
Peso specifico dei granuli: γ_S = 2,63 g/cmc	Indice Plastico: IP =
Indice dei vuoti: e = 0,704	Limite di Ritiro: LR =
Porosità: n = 41,0%	Indice di Consistenza: IC =
Grado di saturazione: S = 93,0 %	Stato di consistenza:

GRANULOMETRIA	Ghiaia: -	Sabbia: 28,0 %	Limo: 39,1 %	Argilla: 32,9 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE
Modulo di compressibilità Edometrico E' =
Coefficiente di consolidazione Mv=
Condizioni drenate: Angolo di attrito interno φ = 23° 45' Coesione c = 0,056 Kg/cmq
Condizioni non drenate: Coesione cu =

OSSERVAZIONI:

GEOFIELD **Laboratori Geotecnici** **Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO**	**CERTIFICATO N° 147/07** Loc.: Lo Scopaione F. Pecora Data: 20/01/2008	Stato campione: Indisturbato Prelievo Sondaggio: S.8 Profondità: da -1,4 a -1,7 m dal p.c.

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Alta Maremma

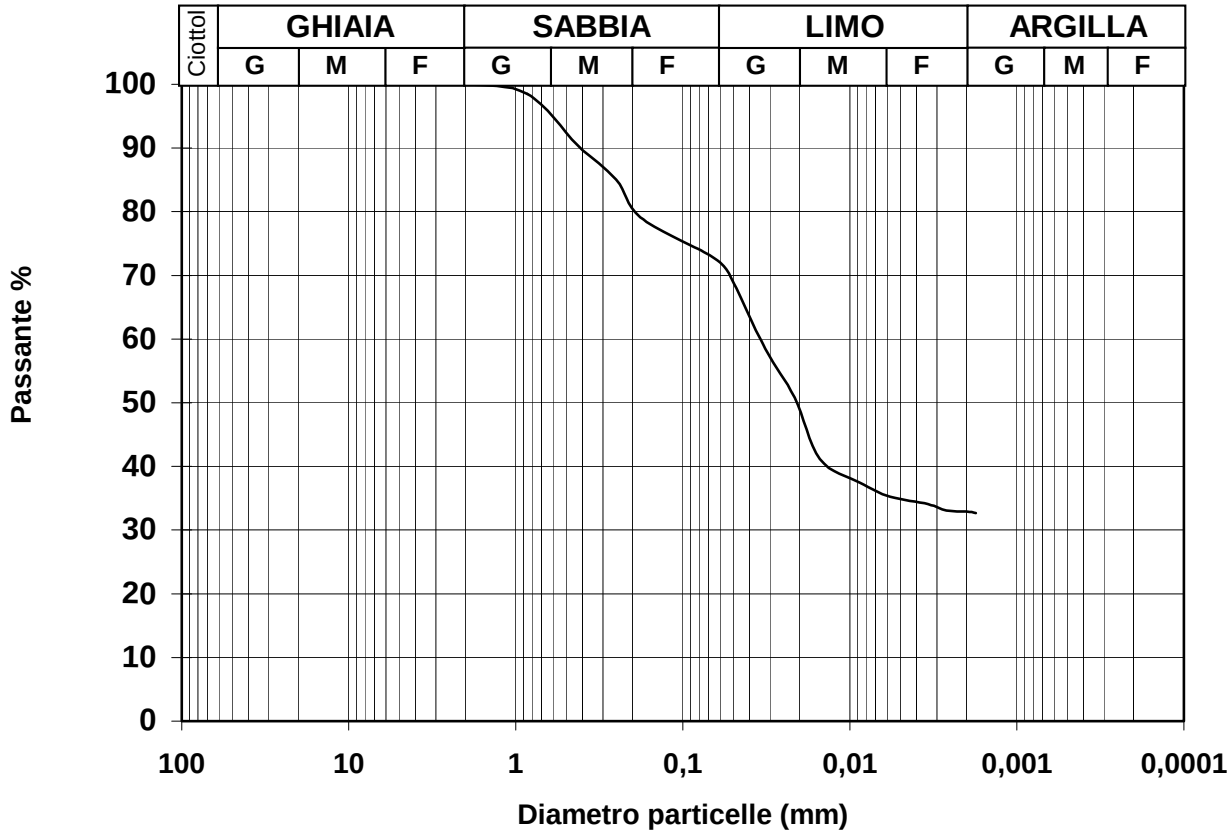
DESCRIZIONE: Alluvioni limo argillose marrone chiaro

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA Setaccio		AEROMETRIA	TRATTENUTO (%)		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm	Diam. Particelle (mm)	al setaccio	cumulativo	(%)
1/2"	12,500		0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500		0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750		0,00	0,00	100,00
N° 10	2,000		0,00	0,00	100,00
N° 20	0,850		1,49	1,49	98,51
N° 40	0,425		8,11	9,60	90,40
N° 60	0,250		5,30	14,90	85,10
N° 80	0,180		11,30	20,90	79,10
N° 200	0,075		11,40	26,30	73,70
N° 270	0,053		3,40	29,70	70,30
		0,03212			58,50
		0,02132			50,80
		0,01509			41,20
		0,00874			37,50
		0,00572			35,20
		0,00339			34,10
		0,00264			33,10
		0,00176			32,70

Granulometria MIT

Ghiaia (d>2,00 mm):
Sabbia (2,00>d>0,06): 28,0 %
Limo (0,06>d>0,002): 39,1 %
Argilla (d<0,002 mm): 32,9 %



Descrizione granulometrica: imo con sabbia e argilla

GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 26/01/2008

CERTIFICATO N° 147/07

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.8 Profondità: da –1,4 m a –1,7 m

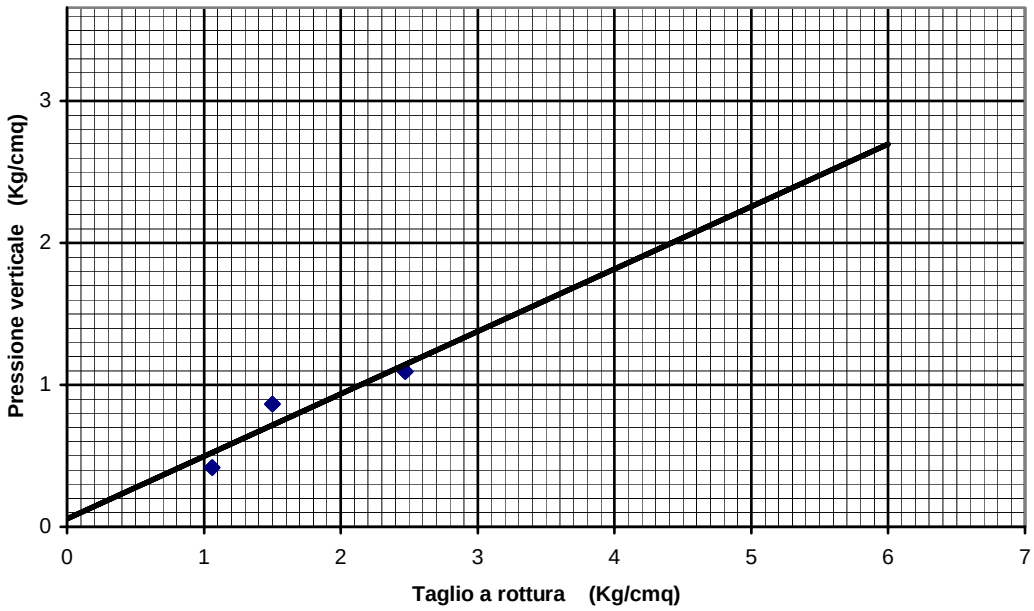
Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni limo argillose marrone chiaro

Tipo della prova: C.D. Velocità di deformazione: 0,117 mm/m

Dimensioni del provino: ∅ = 60 mm; H = 20 mm

Provino N°	1	2	3
Contenuto in acqua iniziale W_i (%)	25,23	25,38	25,11
Peso dell'umidità di volume γ (g/cmc)	1,93	1,93	1,94
Pressione verticale σ (Kg/cmq)	1,06	1,50	2,47
Deformazione verticale a rottura δ_v (mm)	0,10	0,19	0,29
Deformazione trasversale a rottura δ_t (mm)	3,12	3,44	3,67
Sollecitazione di taglio a rottura τ (Kg/cmq)	0,419	0,867	1,096
Contenuto in acqua finale W_f (%)	23,44	23,08	23,19

Angolo di attrito interno: φ = 23° 45' Coesione: c = 0,056 Kg/cmq



GEOFIELD
Laboratorio di geologia applicata e geotecnica
Via Po n. 16/a - Tel. e fax 0761/346244
01100 VITERBO

Viterbo, 28/01/2008

CERTIFICATO DI PROVA SU CAMPIONE DI TERRA N. 148/07

Committente: Consorzio Bonifica Alta Maremma - Loc. Lo Scopaione – Fiume Pecora

Campione di terreno prelevato: Sondaggio S.3 Profondità: da –3,2 m a –3,5 m

Stato Campione: Indisturbato Descrizione: Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli

FOGLIO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE GENERALI	LIMITI DI CONSISTENZA
Contenuto in acqua naturale: W = 27,02 %	Limite Liquido: LL =
Peso dell'umidità di volume: γ = 1,86 g/cmc	Limite Plastico: LP =
Peso specifico dei granuli: γ_S = 2,64 g/cmc	Indice Plastico: IP =
Indice dei vuoti: e = 0,80	Limite di Ritiro: LR =
Porosità: n = 44,0 %	Indice di Consistenza: IC =
Grado di saturazione: S = 88,0 %	Stato di consistenza:

GRANULOMETRIA	Ghiaia: 41,9 %	Sabbia: 27,9 %	Limo e Argilla: 30,2 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE
Modulo di compressibilità Edometrico E' =
Coefficiente di consolidazione Mv=
Condizioni drenate: Angolo di attrito interno φ = Coesione c =
Condizioni non drenate: Coesione cu =

OSSERVAZIONI: Non è stato possibile eseguire prove di taglio diretto e edometriche a causa della notevole presenza di ciottoli e ghiaia

GEOFIELD **Laboratori Geotecnici** **Via Po n. 16/a - 01100 VITERBO**	**CERTIFICATO N° 148/07** Loc.: Lo Scopaione F. Pecora Data: 20/01/2008	Stato campione: Indisturbato Prelievo Sondaggio: S.3 Profondità: da -3,2 a -3,5 m dal p.c.

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica Alta Maremma

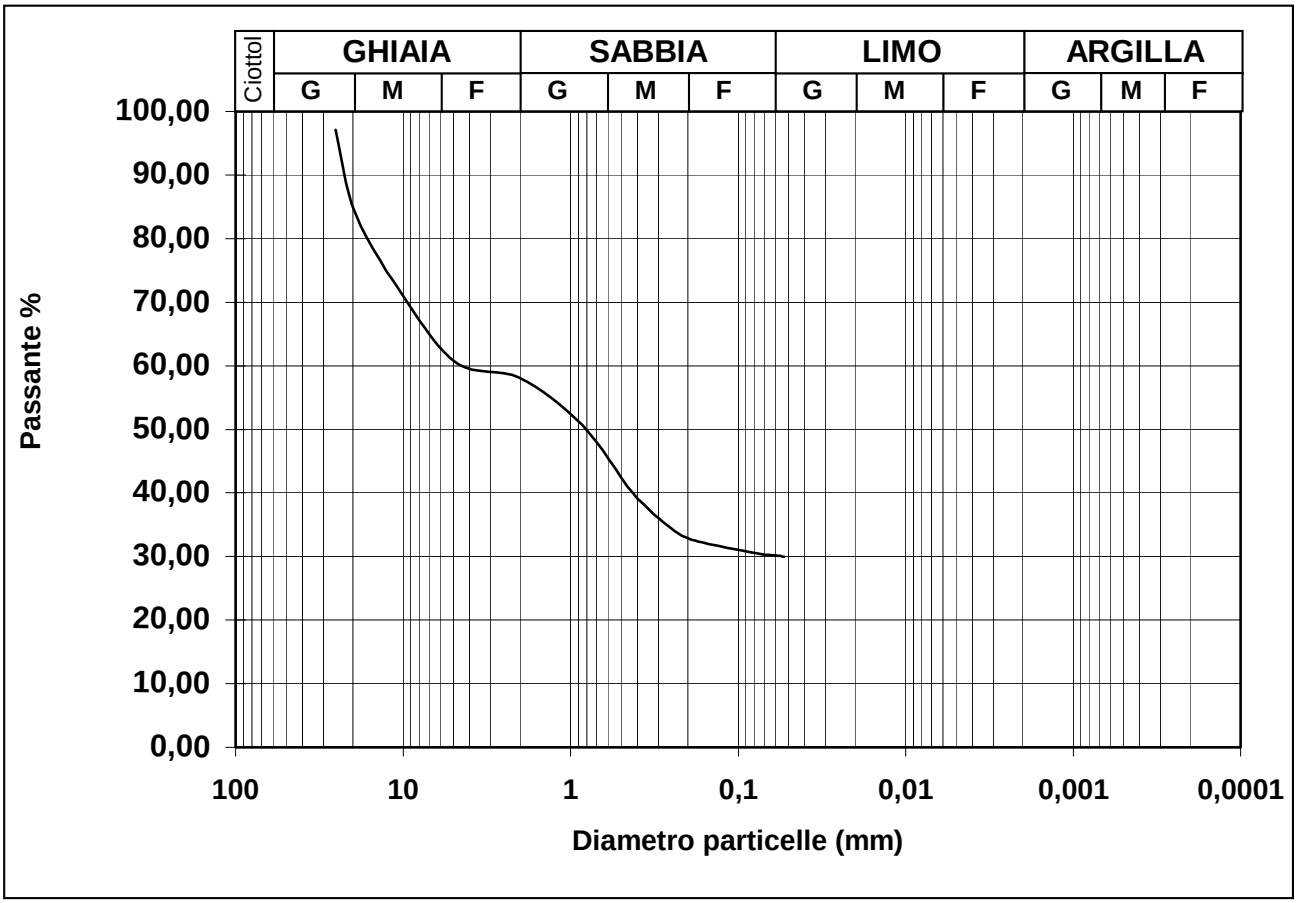
DESCRIZIONE: Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA Setaccio		AEROMETRIA	TRATTENUTO (%)		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm	Diam. Particelle (mm)	al setaccio	cumulativo	(%)
1"	25,400		2,88	2,88	97,12
3/4"	19,100		16,26	16,26	83,74
3/8"	9,500		13,66	29,92	70,08
N° 4	4,750		9,73	39,65	60,35
N° 10	2,000		2,32	41,97	58,03
N° 20	0,850		7,29	49,26	50,74
N° 40	0,425		10,69	59,95	40,05
N° 60	0,250		5,63	65,58	34,42
N° 80	0,180		7,55	67,50	32,50
N° 200	0,075		4,02	69,60	30,40
N° 270	0,053		0,46	70,06	29,94

Granulometria MIT

Ghiaia (d>2,00 mm): 41,9 %
Sabbia (2,00>d>0,06): 27,9 %
Limo (0,06>d>0,002):
Argilla (d<0,002 mm): 30,2 %



Descrizione granulometrica: Ghiaia con limo e argila con sabbia

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2792/08
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504072 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it Attestazione SOA n.3931 del 07/06/2004	n. 3931 del 07/06/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 28-01-08

ORDINE DEI GEOLOGI - REGIONE LAZIO - Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 903

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE	Argilla limosa, di colore grigio
SONDAGGIO N.	9 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 5,00 - 5,30

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	02/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 1/5

APERTURA CAMPIONE

Fustella tipo: Shelby Diametro interno mm: 86 Lunghezza cm. : 50

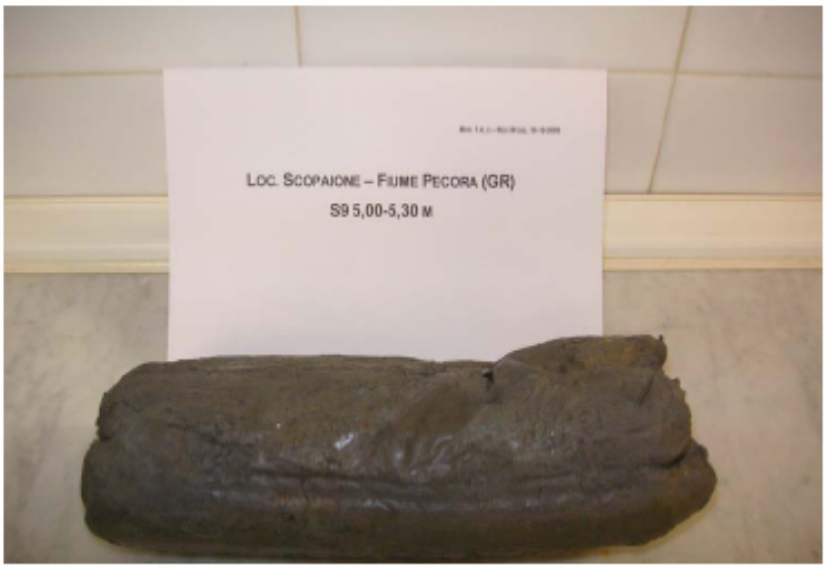
Programma prove

☒	-Apertura campioni indisturbati	(ASTM D 75-82; D 420-79; D 421-85)
☒	-Descrizione ed identificazione del campione	(ASTM D 2488-93)
☒	-Contenuto d'acqua naturale	(ASTM D 2216-92)
☒	-Peso di volume naturale	(ASTM D 2937)
☒	-Peso specifico dei grani	(ASTM D 854-92)
☒	-Granulometria per setacciatura	(ASTM D 422-63)
☒	-Granulometria per sedimentazione	(ASTM D 422-63)
☒	-Limiti di Atterberg	(ASTM D 4318-84)
☒	-Classifica U. S. C. S.	(ASTM D 2487-93)
☒	-Prova di taglio diretto	(ASTM D 3080-72)
☐	-Prova edometrica	(ASTM D 2435-80; D 4186-82; D 4546-85)
☐	-Prova di compressione triassiale	(ASTM D 2850-87)
☐	-Prova di compressione monoassiale	(ASTM D 2166-85)
☐	-Prova scissometrica	(ASTM D 2573-72)
☐	-Prova di permeabilià carico variabile	(ASTM D 2434-68)
☐	-Misura della densità in situ	(ASTM D 1556)
☐	-Prova di compattazione	(ASTM D 698-78; D 1557-78; D 1558-84; D 2168-80)

GRADO DI QUALITA'

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
☐	☐	☐	☒	☐
	Campioni disturbati o rimaneggiati		a disturbo limitato	indisturbati

	Pocket Penet. KN/m²	Tor vane KN/m²	Provini
0			
10			☐
20			☐
30			☐
40			
50			



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_1
Rev. 02 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2792r/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304072 Fax 0761/322944 vitarbo@geovit.it Autorizzazione SOA n.3631 del 07/06/2004	n. 3631 del 07/06/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 29-01-08

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO — Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 503

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Argilla limosa, di colore grigio				
SONDAGGIO N.	9	CAMPIONE N.		PROFONDITA' m	5,00 - 5,30
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	02/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008

MODULO RIASSUNTIVO

Peso dell' unità di volume	γ	19,904	KN/m^3	Umidità naturale	W_n	26,66%
Peso dell'unità di volume del secco	γ_d	15,714	KN/m^3	Limite di liquidità	W_l	43,00%
Peso dell' unità di volume del saturo	γ_{sat}		KN/m^3	Limite di plasticità	W_p	17,58%
Peso dell' unità di volume del sommerso	γ'	10,094	KN/m^3	Indice di plasticità	I_p	25,42%
Peso dell' unità di volume dei granuli	γ_s	26,268	KN/m^3	Limite di ritiro	W_r	
Indice dei vuoti	e	0,672		Indice di consistenza	I_c	0,643
Porosità	n	40,18	%	Indice di attività	A	0,489
Grado di saturazione	S_r	106,31	%	Classificazione CNR-UNI	S_r	A 7 - 5

Calcimetria	Tenore in carbonato di calcio	$CACO_3$	%
Determinazione di sostanze organiche	Contenuto di sostanza organica	O	%

GRANULOMETRIA	GHIAIA 75 mm - 4,75 mm	3%	SABBIA 4,75 mm - 0,075 mm	7%	LIMO 0,075 mm - 0,002 mm	38%	ARGILLA < 0,002 mm	52%

PROVA DI COMPATTAZIONE				PROVA DI PERMEABILITA' (CARICO VARIABILE)	
DENSITA' SECCA MASSIMA	KN/m^3	CONTENUTO IN ACQUA OTTIMO	%	COEFF. DI PERMEABILITA'	m/s

SCISSOMETRO		COMPRESSIONE MONOASSIALE		PROVA DI TAGLIO DIRETTO SCATOLA DI CASAGRANDE							
τ_f max	KPa	σ_f	KPa	C'	0,89	KPa	C_u	KPa	C_r	KPa
τ_f res	KPa			Ø'	16,67	°	$Ø_u$	°	$Ø_r$	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE	CONSOLIDATA DRENATA		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni efficaci		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni totali		NON CONSOLIDATA NON DRENATA	
	C_d	KPa	C_{cu}	KPa	C_{cu}	KPa	C_u	KPa
	$Ø_d$		$Ø_{cu}$		$Ø_{cu}$		$Ø_u$	°

COMPRESSIBILITA'										
	σ	(KPa)	0 50	50 100	100 200	200 400	400 800	800 1600	1600 3200	3200 6400
	M	(KPa)								
	C_V	(m^2/sec)								
	K	(m/sec)								

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_2
Rev. 01 del 14-09-2007

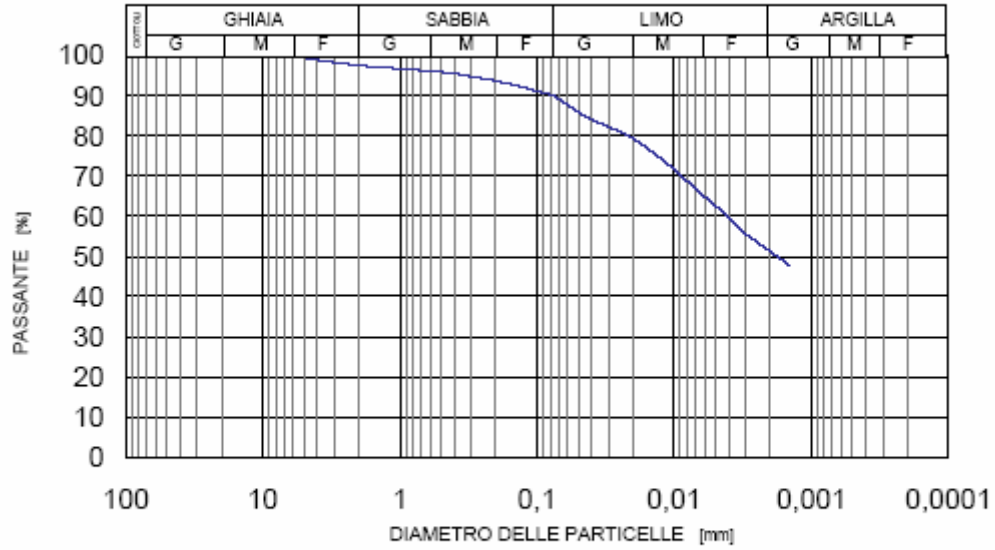
SINCERT	GEOVIT S.a.s. LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304872 Fax 0761/322944 Attestazione SOA n.3931 del 07/06/2004	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2792g/08 DATA 28-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 903

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Argilla limosa, di colore grigio				
SONDAGGIO N.	9	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	5,00 - 5,30	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	02/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 3/5

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA		AEROMETRIA			
SETACCIO		DIAMETRO PARTICELLE [mm]	TRATTENUTO [%]		PASSANTE CUMULATIVO [%]
ASTM	mm		al setaccio	cumulativo	
3/4"	19,00				
1/2"	12,50				
3/8"	9,50				
No. 4	4,75		0,80	0,80	99,20
No. 10	2,00		1,74	2,55	97,45
No. 20	0,850		0,99	3,53	96,47
No. 40	0,425		0,79	4,32	95,68
No. 70	0,212		1,81	6,13	93,87
No. 100	0,150		1,09	7,22	92,78
No. 200	0,075		2,82	10,05	89,95
		0,060			87,68
		0,043			84,49
		0,021			79,71
		0,012			73,97
		0,0062			65,36
		0,0042			60,58
		0,0031			55,80
		0,0015			47,82

D_{10}	mm	D_{50}	0,0017 mm	D_{50}	0,004 mm	D_{90}	0,75 mm



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

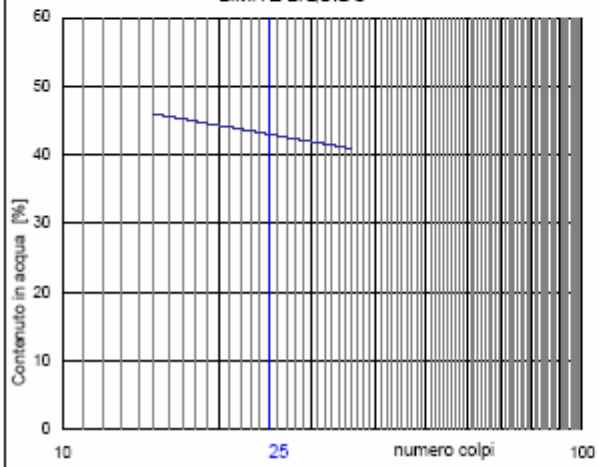
Mod. 7.4_3
Rev. 00 del 10-10-2005

SINCERT	GEOVIT S.a.s. LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2792o/08 DATA 28-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 663

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Argilla limosa, di colore grigio				
SONDAGGIO N. 9	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m 5,00 - 5,30			
DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	02/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 4/5

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

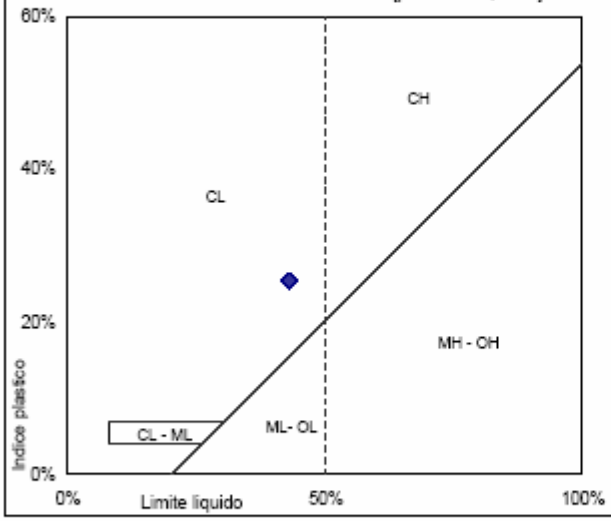
LIMITE LIQUIDO



Umidità	W = 26,66%
Limite liquido	LL = 43,00%
Limite plastico	LP = 17,58%
Indice liquido	IL = 0,357
Indice plastico	IP = 25,42%
Indice di consistenza	Ic = 0,643
Indice di gruppo	Ig = 15

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME CNR-UNI 10006
A 7 - 5

CARTA DI PLASTICITA' - U.S.C.S. [passante al 0,40mm]



ANALISI GRANULOMETRICA

Passanti al setaccio

mm	%
0,075	89,95
0,40	95,68
2,00	97,45

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME U.S.C.S.
del passante 0,40 mm
CL = argilla di bassa plasticità

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_4
Rev. 00 del 10-10-2005

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 27921/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE		DATA 28-01-08
	Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO		
	Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterboingegneria@libero.it		
	Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004		
	Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 e C.S.O. del 30/12/2003		

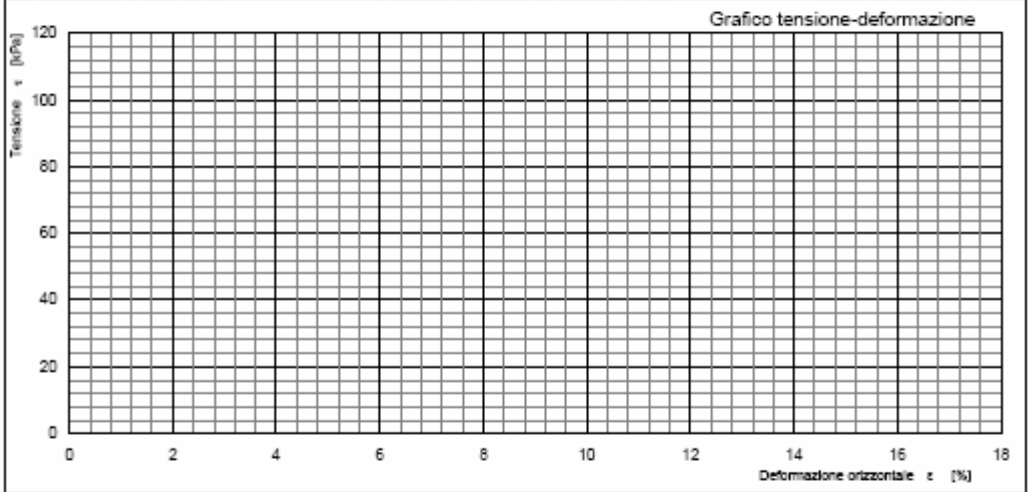
ORDINE DEI GEOLOGI - REGIONE LAZIO - Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 503

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Argilla limosa, di colore grigio				
SONDAGGIO N.	9	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	5,00 - 5,30	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	02/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008

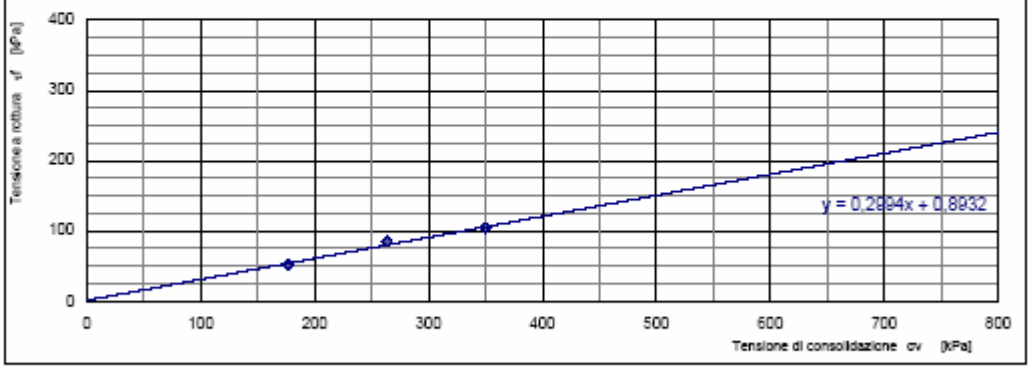
Pag 5/5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

						velocità di deformazione		0,002	mm/min		
Scatola di taglio tonda			Provino 1			Provino 2			Provino 3		
D	60	mm	γ	20,18	KN/m³	γ	19,73	KN/m³	γ	19,80	KN/m³
H	23	mm	W	26,37	%	W	27,45	%	W	26,17	%
Durata della consolidazione		h	24			24			24		
Tensione di consolidazione		KPa	176,73			263,36			349,99		
Tensione a rottura		KPa	51,37			84,62			103,25		
Deformazione a rottura		%									



C' = 0,89 KPa Ø' = 16,67 °



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_5
Rev. 01 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2793/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE		DATA 28-01-08

COMMITTENTE GEOFIELD Srl
CANTIERE Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE Limo argilloso-sabbioso, con ghiaia, di colore marrone
SONDAGGIO N. 11 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 3,00 - 3,30

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	02/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 1/3

APERTURA CAMPIONE

Fustella tipo: Shelby Diametro interno mm: 86 Lunghezza cm. : 50

Programma prove

☒	-Apertura campioni indisturbati	(ASTM D 75-82; D 420-79; D 421-85)
☒	-Descrizione ed identificazione del campione	(ASTM D 2488-93)
☒	-Contenuto d'acqua naturale	(ASTM D 2216-92)
☒	-Peso di volume naturale	(ASTM D 2937)
☒	-Peso specifico dei grani	(ASTM D 854-92)
☒	-Granulometria per setacciatura	(ASTM D 422-63)
☒	-Granulometria per sedimentazione	(ASTM D 422-63)
☐	-Limiti di Atterberg	(ASTM D 4318-84)
☐	-Classifica U. S. C. S.	(ASTM D 2487-93)
☐	-Prova di taglio diretto	(ASTM D 3080-72)
☐	-Prova edometrica	(ASTM D 2435-80; D 4186-82; D 4546-85)
☐	-Prova di compressione triassiale	(ASTM D 2850-87)
☐	-Prova di compressione monoassiale	(ASTM D 2166-85)
☐	-Prova scissometrica	(ASTM D 2573-72)
☐	-Prova di permeabilià carico variabile	(ASTM D 2434-68)
☐	-Misura della densità in situ	(ASTM D 1556)
☐	-Prova di compattazione	(ASTM D 698-78; D 1557-78; D 1558-84; D 2168-80)

GRADO DI QUALITA'

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
☐	☐	☐	☒	☐
Campioni disturbati o rimaneggiati			a disturbo limitato	indisturbati

	Pocket Penet. KN/m²	Tor vane KN/m²	Provini
0			
10			
20			☐
30			
40			
50			

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_1
Rev. 02 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2793r/08 DATA 28-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603

LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE
Via Monte Cimino, 12 - 01100 VITERBO
Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it
Attestazione SOA n.3931 del 07/06/2004

COMMITTENTE GEOFIELD Srl
CANTIERE Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE Limo argilloso-sabbioso, con ghiaia, di colore marrone
SONDAGGIO N. 11 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 3,00 - 3,30

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO 02/01/2008	DATA APERTURA 14/01/2008	Pag 2/3

MODULO RIASSUNTIVO

Peso dell' unità di volume	γ	19,531	KN/m^3	Umidità naturale	W_n	9,42%
Peso dell'unità di volume del secco	γ_d	17,849	KN/m^3	Limite di liquidità	W_l	%
Peso dell' unità di volume del saturo	γ_{sat}		KN/m^3	Limite di plasticità	W_p	%
Peso dell' unità di volume del sommerso	γ'	9,721	KN/m^3	Indice di plasticità	I_p	%
Peso dell' unità di volume dei granuli	γ_s	27,241	KN/m^3	Limite di ritiro	W_r	
Indice dei vuoti	e	0,526		Indice di consistenza	I_c	
Porosità	n	34,48	%	Indice di attività	A	
Grado di saturazione	S_r	49,73	%	Classificazione CNR-UNI	S_r	

Calcimetria	Tenore in carbonato di calcio	$CACO_3$	%
Determinazione di sostanze organiche	Contenuto di sostanza organica	O	%

GRANULOMETRIA	GHIAIA 75 mm - 4,75 mm	SABBIA 4,75 mm - 0,075 mm	LIMO 0,075 mm - 0,002 mm	ARGILLA < 0,002 mm
	25%	21%	30%	24%

PROVA DI COMPATTAZIONE				PROVA DI PERMEABILITA' (CARICO VARIABILE)	
DENSITA' SECCA MASSIMA	KN/m^3	CONTENUTO IN ACQUA OTTIMO	%	COEFF. DI PERMEABILITA'	m/s

SCISSOMETRO		COMPRESSIONE MONOASSIALE		PROVA DI TAGLIO DIRETTO SCATOLA DI CASAGRANDE					
τ_f max	KPa	σ_f	KPa	C'	KPa	C_u	KPa	C_r	KPa
τ_f res	KPa			Ø'	°	$Ø_u$	°	$Ø_r$	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE		CONSOLIDATA DRENATA		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni efficaci		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni totali		NON CONSOLIDATA NON DRENATA	
		C_d	KPa	C_{cu}	KPa	C_{cu}	KPa	C_u	KPa
		$Ø_d$		$Ø_{cu}$		$Ø_{cu}$		$Ø_u$	°

COMPRESSIBILITA'										
	σ	(KPa)	0 50	50 100	100 200	200 400	400 800	800 1600	1600 3200	3200 6400
	M	(KPa)								
	C_V	(m^2/sec)								
	K	(m/sec)								

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_2
Rev. 01 del 14-09-2007

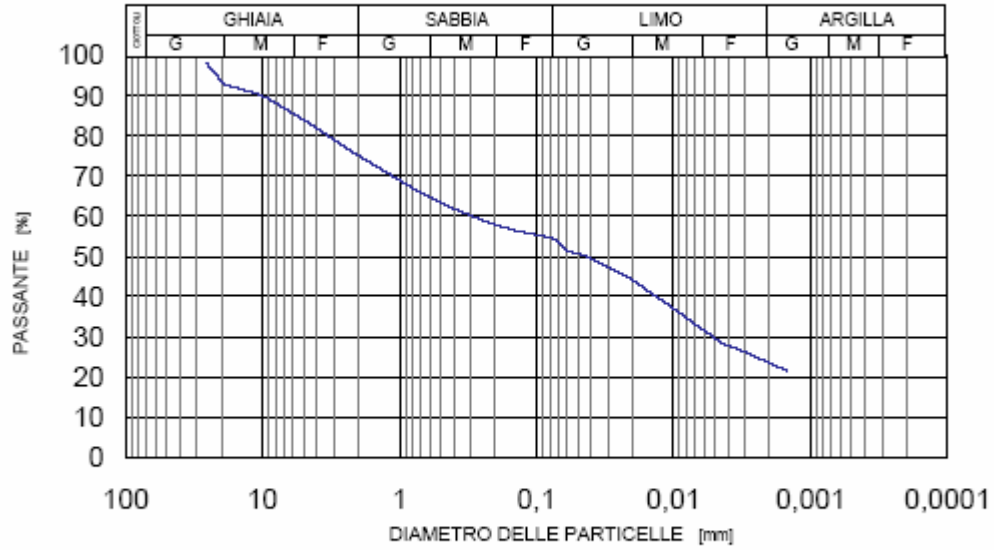
SINCERT	GEOVIT S.a.s. LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it Autorizzazione SOA n.3931 del 07/09/2004 Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 n.C 920 del 30/12/2003	TECNOSOA n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	CERTIFICATO N. 2793g/08 DATA 29-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 503

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Limo argilloso-sabbioso, con ghiaia, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	11	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	3,00 - 3,30	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	02/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 3/3

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA		AEROMETRIA			
SETACCIO		DIAMETRO PARTICELLE [mm]	TRATTENUTO [%]		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm		al setaccio	cumulativo	[%]
1"	25,40		2,01	2,01	97,99
3/4"	19,00		5,23	7,24	92,76
1/2"	12,50		1,70	8,94	91,06
3/8"	9,50		1,53	10,46	89,54
No. 4	4,75		6,05	16,51	83,49
No. 10	2,00		8,40	24,92	75,08
No. 20	0,850		7,68	32,60	67,40
No. 40	0,425		5,17	37,76	62,24
No. 70	0,212		4,22	41,98	58,02
No. 100	0,150		1,35	43,34	56,66
No. 200	0,075		2,29	45,63	54,37
		0,059			51,32
		0,042			50,00
		0,021			44,34
		0,012			39,05
		0,0064			32,07
		0,0043			28,30
		0,0031			26,41
		0,0015			21,51

D_{10}	mm	D_{50}	0,042 mm	D_{60}	0,29 mm	D_{90}	10 mm



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_3
Rev. 00 del 10-10-2005

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2795/08	
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603 REGIONE LAZIO

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Limo argilloso, di colore marrone verdastro				
SONDAGGIO N.	3	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	1,60 - 1,90	
DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 1/5

APERTURA CAMPIONE

Fustella tipo: Diametro interno mm: Lunghezza cm. :

Programma prove

☐	-Apertura campioni indisturbati	(ASTM D 75-82; D 420-79; D 421-85)
☒	-Descrizione ed identificazione del campione	(ASTM D 2488-93)
☐	-Contenuto d'acqua naturale	(ASTM D 2216-92)
☐	-Peso di volume naturale	(ASTM D 2937)
☒	-Peso specifico dei grani	(ASTM D 854-92)
☒	-Granulometria per setacciatura	(ASTM D 422-63)
☒	-Granulometria per sedimentazione	(ASTM D 422-63)
☒	-Limiti di Atterberg	(ASTM D 4318-84)
☒	-Classifica U. S. C. S.	(ASTM D 2487-93)
☐	-Prova di taglio diretto	(ASTM D 3080-72)
☐	-Prova edometrica	(ASTM D 2435-80; D 4186-82; D 4546-85)
☐	-Prova di compressione triassiale	(ASTM D 2850-87)
☐	-Prova di compressione monoassiale	(ASTM D 2166-85)
☐	-Prova scissometrica	(ASTM D 2573-72)
☐	-Prova di permeabilià carico variabile	(ASTM D 2434-68)
☐	-Misura della densità in situ	(ASTM D 1556)
☒	-Prova di compattazione	(ASTM D 698-78; D 1557-78; D 1558-84; D 2168-80)

GRADO DI QUALITA'				
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
☒	☐	☐	☐	☐
Campioni disturbati o rimaneggiati			a disturbo limitato	indisturbati

	Pocket Penet. KN/m²	Tor vane KN/m²	Provini
0			
10			
20			
30			
40			
50			

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_1
Rev. 02 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2795r/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504972 Fax 0761/322944 viterbo@gegnaria@libero.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO — Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE	Limo argilloso, di colore marrone verdastro
SONDAGGIO N.	3 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 1,60 - 1,90

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 2/5

MODULO RIASSUNTIVO

Peso dell' unità di volume	γ		KN/m³	Umidità naturale	W_n	%
Peso dell'unità di volume del secco	γ_d		KN/m³	Limite di liquidità	W_l	38,72%
Peso dell' unità di volume del saturo	γ_{sat}		KN/m³	Limite di plasticità	W_p	18,14%
Peso dell' unità di volume del sommerso	γ'		KN/m³	Indice di plasticità	I_p	20,58%
Peso dell' unità di volume dei granuli	γ_s	26,179	KN/m³	Limite di ritiro	W_r	
Indice dei vuoti	e			Indice di consistenza	I_c	
Porosità	n		%	Indice di attività	A	0,572
Grado di saturazione	S_r		%	Classificazione CNR-UNI	S_r	A 6

Calcimetria	Tenore in carbonato di calcio	$CACO_3$	%
Determinazione di sostanze organiche	Contenuto di sostanza organica	O	%

GRANULOMETRIA	GHIAIA 75 mm - 4,75 mm	%	SABBIA 4,75 mm - 0,075 mm	9%	LIMO 0,075 mm - 0,002 mm	55%	ARGILLA < 0,002 mm	36%

PROVA DI COMPATTAZIONE				PROVA DI PERMEABILITA' (CARICO VARIABILE)	
DENSITA' SECCA MASSIMA	15,50	KN/m³	CONTENUTO IN ACQUA OTTIMO 21,77%	COEFF. DI PERMEABILITA'	m/s

SCISSOMETRO		COMPRESSIONE MONOASSIALE		PROVA DI TAGLIO DIRETTO SCATOLA DI CASAGRANDE					
τ_f max	KPa	σ_f	KPa	C'	KPa	C_u	KPa	C_r	KPa
τ_f res	KPa			Ø'	°	$Ø_u$	°	$Ø_r$	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE	CONSOLIDATA DRENATA		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni efficaci		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni totali		NON CONSOLIDATA NON DRENATA	
	C_d	KPa	C_{cu}	KPa	C_{cu}	KPa	C_u	KPa
	$Ø_d$		$Ø_{cu}$		$Ø_{cu}$		$Ø_u$	°

COMPRESSIBILITA'										
	σ	[KPa]	0 12,2575	12,2575 24,515	24,515 49,03	49,03 98,06	98,06 196,12	196,12 392,24	392,24 784,48	784,48 1568,96
	M	[KPa]								
	C_V	[m²/sec]								
	K	[m/sec]								

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_2
Rev. 01 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2795g/08
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504972 Fax 0761/322944 vitecnoingegneria@libero.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004 Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 n.C 920 del 30/12/2002	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08

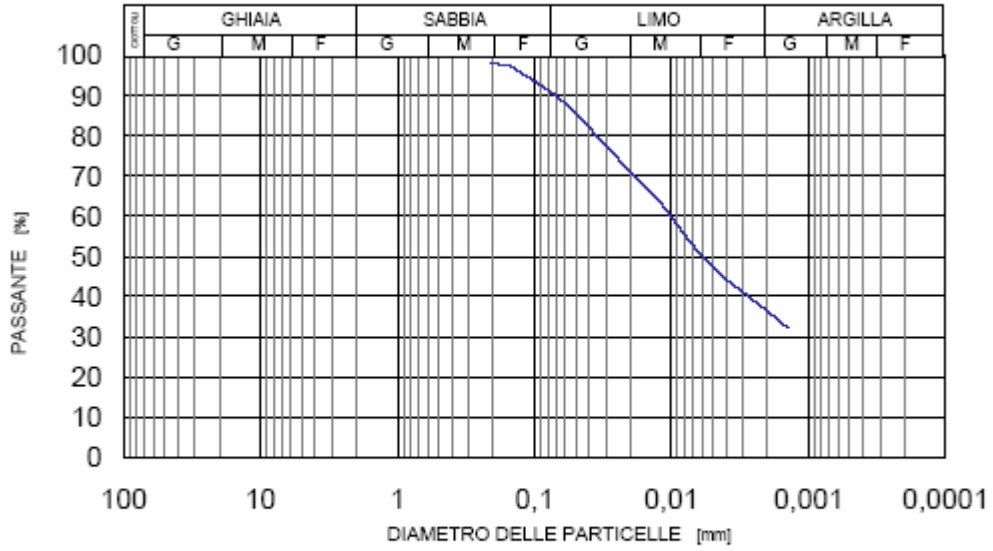
COMMITTENTE	GEOFIELD Srl
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE	Limo argilloso, di colore marrone verdastro
SONDAGGIO N.	3 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 1,60 - 1,90

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 3/5

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA		AEROMETRIA			
SETACCIO		DIAMETRO PARTICELLE [mm]	TRATTENUTO [%]		PASSANTE CUMULATIVO [%]
ASTM	mm		al setaccio	cumulativo	
3/4"	19,00				
1/2"	12,50				
3/8"	9,50				
No. 4	4,75				
No. 10	2,00		0,32	0,32	99,68
No. 20	0,850		0,29	0,61	99,39
No. 40	0,425		0,30	0,91	99,09
No. 70	0,212		1,04	1,95	98,05
No. 100	0,150		0,59	2,54	97,46
No. 200	0,075		6,62	9,17	90,83
		0,061			88,29
		0,044			83,47
		0,022			72,23
		0,013			64,21
		0,0071			52,97
		0,0043			44,95
		0,0024			38,52
		0,0014			32,10

D_{10}	mm	D_{50}	0,057 mm	D_{60}	0,1 mm	D_{90}	0,068 mm



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

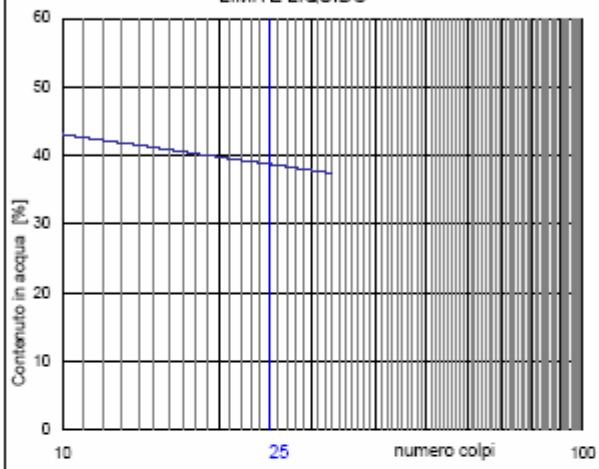
Mod. 7.4_3
Rev. 00 del 10-10-2008

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2795c/08	
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE		DATA 31-01-08	
	Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO			
	Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterboingegneria@libero.it			
	Attestazione SOA n.3631 del 07/09/2004			

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Limo argilloso, di colore marrone verdastro				
SONDAGGIO N.	3	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	1,60 - 1,90	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008 Pag 4/5

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

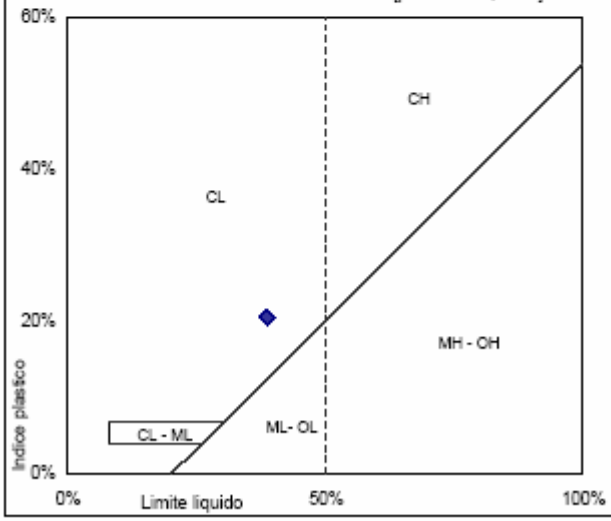
LIMITE LIQUIDO



Umidità	W =	%
Limite liquido	LL = 38,72%	
Limite plastico	LP = 18,14%	
Indice liquido	IL =	
Indice plastico	IP = 20,58%	
Indice di consistenza	Ic =	
Indice di gruppo	Ig = 12	

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME CNR-UNI 10006
A 6

CARTA DI PLASTICITA' - U.S.C.S. [passante al 0,40mm]



ANALISI GRANULOMETRICA

Passanti al setaccio

mm	%
0,075	90,83
0,40	99,09
2,00	99,68

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME U.S.C.S.
del passante 0,40 mm
CL = argilla di bassa plasticità

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_4
Rev. 00 del 10-10-2008

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2795ps/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504072 Fax 0761/522944 viterbo@geovit.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08

ORDINE DEI GEOLOGI - REGIONE LAZIO - Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE	Limo argilloso, di colore marrone verdastro
SONDAGGIO N.	3 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 1,60 - 1,90

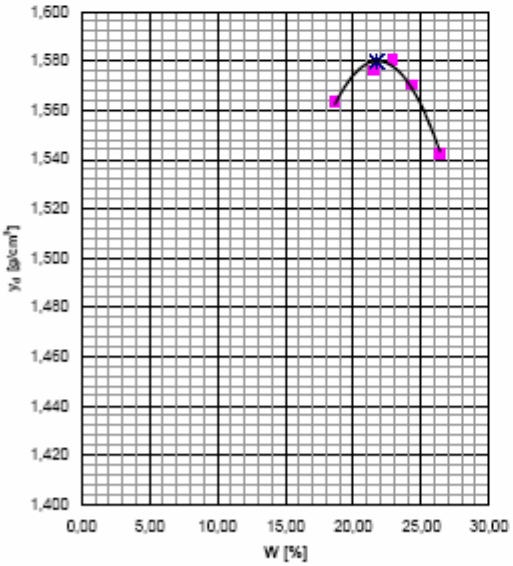
DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 5/5

PROVA DI COMPATTAZIONE AASHTO

STAMPO E PESTELLO PROCTOR STANDARD

Diametro interno fustella	mm	101,6
Altezza fustella	mm	116,4
Volume fustella	cm^3	944
Peso pestello	N	24,5
Altezza di caduta	mm	304,8
N. strati		3
N. colpi/strato		25
Energia	kJ/m^3	594

N. prova	Peso umido+Fustella g	Peso Fustella g	Densità umida g/cm^3	Umidità %	Densità secca g/cm^3
1	5296	3545	1,855	18,65	1,563
2	5352	3545	1,914	21,47	1,576
3	5379	3545	1,943	22,91	1,581
4	5387	3545	1,951	24,25	1,570
5	5385	3545	1,949	26,37	1,542



CARATTERISTICHE OTTIMALI	
densità umida	1,924 g/cm^3
densità secca	1,580 g/cm^3
umidità	21,77 %

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_10
Rev. 00 del 10-10-2008

SINCERT	GEOVIT S.a.s. LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cavino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304872 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it Autorizzazione SOA n.3931 del 07/06/2004	TECNOSOA n. 3931 del 07/06/2004 Categ. OS20/OS21	CERTIFICATO N. 2796/08 DATA 31-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 903

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Limo argilloso con ghiaia, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	6	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	2,00 - 2,40	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 1/5

APERTURA CAMPIONE

Fustella tipo: Diametro interno mm: Lunghezza cm. :

Programma prove

☐	-Apertura campioni indisturbati	(ASTM D 75-82; D 420-79; D 421-85)
☒	-Descrizione ed identificazione del campione	(ASTM D 2488-93)
☐	-Contenuto d'acqua naturale	(ASTM D 2216-92)
☐	-Peso di volume naturale	(ASTM D 2937)
☒	-Peso specifico dei grani	(ASTM D 854-92)
☒	-Granulometria per setacciatura	(ASTM D 422-63)
☒	-Granulometria per sedimentazione	(ASTM D 422-63)
☒	-Limiti di Atterberg	(ASTM D 4318-84)
☒	-Classifica U. S. C. S.	(ASTM D 2487-93)
☐	-Prova di taglio diretto	(ASTM D 3080-72)
☐	-Prova edometrica	(ASTM D 2435-80; D 4186-82; D 4546-85)
☐	-Prova di compressione triassiale	(ASTM D 2850-87)
☐	-Prova di compressione monoassiale	(ASTM D 2166-85)
☐	-Prova scissometrica	(ASTM D 2573-72)
☐	-Prova di permeabilià carico variabile	(ASTM D 2434-68)
☐	-Misura della densità in situ	(ASTM D 1556)
☒	-Prova di compattazione	(ASTM D 698-78; D 1557-78; D 1558-84; D 2168-80)

GRADO DI QUALITA'

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
☒	☐	☐	☐	☐
Campioni disturbati o rimaneggiati			a disturbo limitato	indisturbati

	Pocket Penet. KN/m²	Tor vane KN/m²	Provini
0			
10			
20			
30			
40			
50			

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_1
Rev. 02 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2798r/08 DATA 31-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 663

LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE
Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO
Tel 0761/304072 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it
Attestazione SOA n.3831 del 07/09/2004
Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 n.C 523 del 20/12/2002

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Limo argilloso con ghiaia, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	6	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	2,00 - 2,40	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008 Pag 2/5

MODULO RIASSUNTIVO

Peso dell' unità di volume	γ		KN/m³	Umidità naturale	W_n	%
Peso dell'unità di volume del secco	γ_d		KN/m³	Limite di liquidità	W_l	37,10%
Peso dell' unità di volume del saturo	γ_{sat}		KN/m³	Limite di plasticità	W_p	20,97%
Peso dell' unità di volume del sommerso	γ'		KN/m³	Indice di plasticità	I_p	16,13%
Peso dell' unità di volume dei granuli	γ_s	26,159	KN/m³	Limite di ritiro	W_r	
Indice dei vuoti	e			Indice di consistenza	I_c	
Porosità	n		%	Indice di attività	A	0,672
Grado di saturazione	S_r		%	Classificazione CNR-UNI	S_r	A 6

Calcimetria	Tenore in carbonato di calcio	$CACO_3$	%
Determinazione di sostanze organiche	Contenuto di sostanza organica	O	%

GRANULOMETRIA	GHIAIA 75 mm - 4,75 mm	39%	SABBIA 4,75 mm - 0,075 mm	8%	LIMO 0,075 mm - 0,002 mm	29%	ARGILLA < 0,002 mm	24%

PROVA DI COMPATTAZIONE				PROVA DI PERMEABILITA' (CARICO VARIABILE)	
DENSITA' SECCA MASSIMA	17,31	KN/m³	CONTENUTO IN ACQUA OTTIMO 17,25%	COEFF. DI PERMEABILITA'	m/s

SCISSOMETRO		COMPRESSIONE MONOASSIALE		PROVA DI TAGLIO DIRETTO SCATOLA DI CASAGRANDE					
τ_f max	KPa	σ_f	KPa	C'	KPa	C_u	KPa	C_r	KPa
τ_f res	KPa			Ø'	°	$Ø_u$	°	$Ø_r$	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE			CONSOLIDATA DRENATA		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni efficaci		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni totali		NON CONSOLIDATA NON DRENATA	
			C_d	KPa	C_{cu}	KPa	C_{cu}	KPa	C_u	KPa
			$Ø_d$		$Ø_{cu}$		$Ø_{cu}$		$Ø_u$	°
COMPRESSIBILITA'	σ	(KPa)	0 12,2575	12,2575 24,515	24,515 49,03	49,03 98,06	98,06 196,12	196,12 392,24	392,24 784,48	784,48 1568,96
	M	(KPa)								
	C_V	(m²/sec)								
	K	(m/sec)								

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_2
Rev. 01 del 14-09-2007

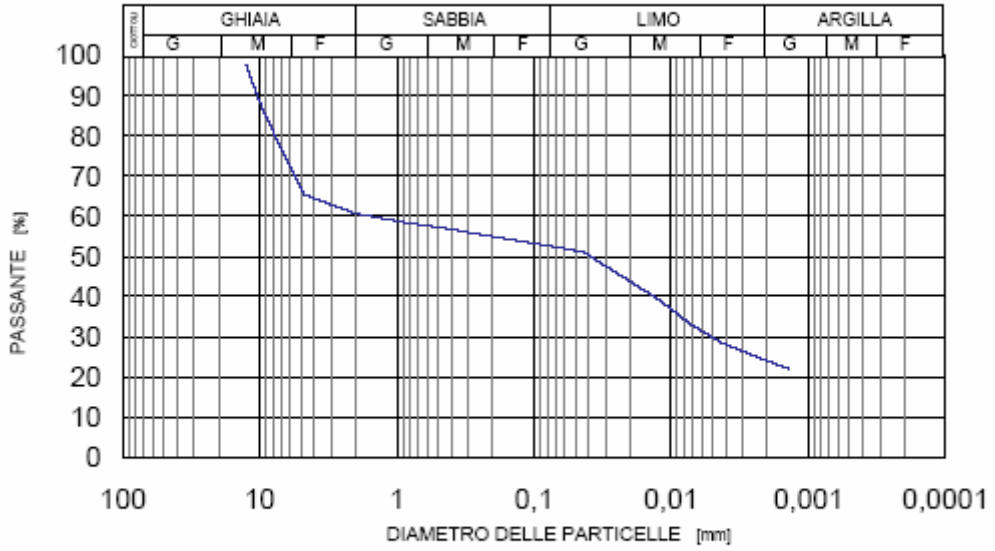
SINCERT	GEOVIT S.a.s. LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304872 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it Autorizzazione SOA n.3931 del 07/06/2004	TECNOSOA n. 3931 del 07/06/2004 Categ. OS20, OS21	CERTIFICATO N. 2798g/08 DATA 31-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE LAZIO Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 503

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Limo argilloso con ghiaia, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	6	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	2,00 - 2,40	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 3/5

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA		AEROMETRIA			
SETACCIO		DIAMETRO PARTICELLE [mm]	TRATTENUTO [%]		PASSANTE CUMULATIVO [%]
ASTM	mm		al setaccio	cumulativo	
3/4"	19,00				
1/2"	12,50		2,70	2,70	97,30
3/8"	9,50		11,11	13,80	86,20
No. 4	4,75		20,91	34,71	65,29
No. 10	2,00		4,65	39,36	60,64
No. 20	0,850		2,32	41,68	58,32
No. 40	0,425		1,47	43,15	56,85
No. 70	0,212		1,83	44,98	55,02
No. 100	0,150		0,86	45,84	54,16
No. 200	0,075		1,71	47,54	52,46
		0,061			51,98
		0,043			50,86
		0,021			44,34
		0,012			39,31
		0,0071			32,79
		0,0042			28,32
		0,0024			24,96
		0,0014			21,98

D_{10}	mm	D_{30}	0,04 mm	D_{50}	1,6 mm	D_{90}	11 mm



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_3
Rev. 00 del 10-10-2005

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2796c/08
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504972 Fax 0761/522944 viterboingegneria@libero.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004 Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 n.C 920 del 30/12/2003	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08

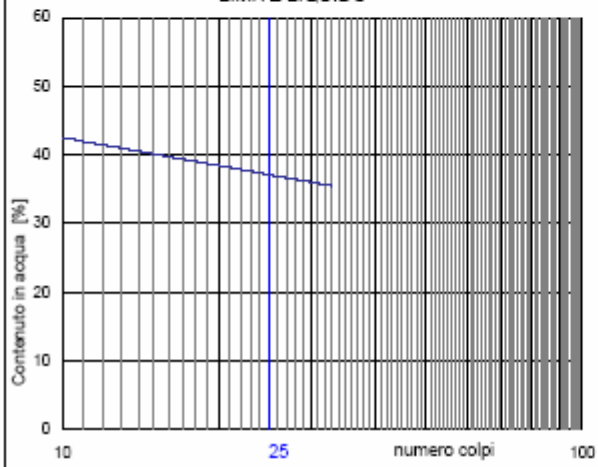
ORDINE DEI GEOLOGI - MEGIONE LAZIO - Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 503

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE	Limo argilloso con ghiaia, di colore marrone
SONDAGGIO N.	6 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 2,00 - 2,40

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 4/5

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

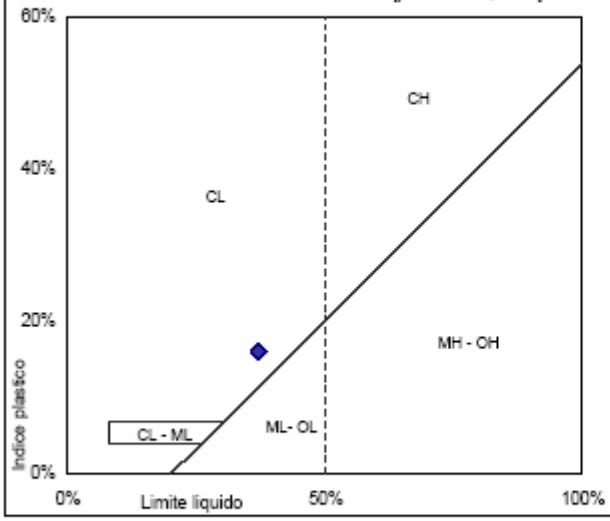
LIMITE LIQUIDO



Umidità	W =	%
Limite liquido	LL = 37,10%	
Limite plastico	LP = 20,97%	
Indice liquido	IL =	
Indice plastico	IP = 16,13%	
Indice di consistenza	Ic =	
Indice di gruppo	Ig = 6	

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME CNR-UNI 10006
A 6

CARTA DI PLASTICITA' - U.S.C.S. [passante al 0,40mm]



ANALISI GRANULOMETRICA

Passanti al setaccio

mm	%
0,075	52,46
0,40	56,85
2,00	60,64

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME U.S.C.S.
del passante 0,40 mm
CL = argilla di bassa plasticità

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_4
Rev. 00 del 10-10-2008

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2796ps/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504972 Fax 0761/322944 viterbo@gegneria@libero.it Attestazione SOA n.3631 del 07/09/2004	n. 3631 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08

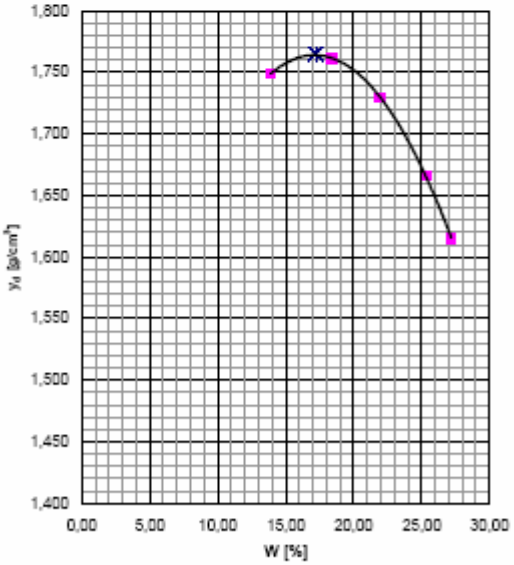
COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Limo argilloso con ghiaia, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	6	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	2,00 - 2,40	
DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 5/5

PROVA DI COMPATTAZIONE AASHTO

STAMPO E PESTELLO PROCTOR STANDARD

Diametro interno fustella	mm	101,6
Altezza fustella	mm	116,4
Volume fustella	cm^3	944
Peso pestello	N	24,5
Altezza di caduta	mm	304,8
N. strati		3
N. colpi/strato		25
Energia	kJ/m^3	594

N. prova	Peso umido+Fustella g	Peso Fustella g	Densità umida g/cm^3	Umidità %	Densità secca g/cm^3
1	5514	3545	2,086	18,42	1,761
2	5426	3545	1,993	13,92	1,749
3	5535	3545	2,108	21,91	1,729
4	5517	3545	2,089	25,41	1,666
5	5483	3545	2,053	27,18	1,614



CARATTERISTICHE OTTIMALI	
densità umida	2,069 g/cm^3
densità secca	1,765 g/cm^3
umidità	17,25 %

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_10
Rev. 00 del 10-10-2008

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2797/08	
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterboingegneria@libero.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08	Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Sabbia argilloso-limosa, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	10	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	1,50 - 2,00	
DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 1/5

APERTURA CAMPIONE

Fustella tipo: Diametro interno mm: Lunghezza cm. :

Programma prove

☐	-Apertura campioni indisturbati	(ASTM D 75-82; D 420-79; D 421-85)
☒	-Descrizione ed identificazione del campione	(ASTM D 2488-93)
☐	-Contenuto d'acqua naturale	(ASTM D 2216-92)
☐	-Peso di volume naturale	(ASTM D 2937)
☒	-Peso specifico dei grani	(ASTM D 854-92)
☒	-Granulometria per setacciatura	(ASTM D 422-63)
☒	-Granulometria per sedimentazione	(ASTM D 422-63)
☒	-Limiti di Atterberg	(ASTM D 4318-84)
☒	-Classifica U. S. C. S.	(ASTM D 2487-93)
☐	-Prova di taglio diretto	(ASTM D 3080-72)
☐	-Prova edometrica	(ASTM D 2435-80; D 4186-82; D 4546-85)
☐	-Prova di compressione triassiale	(ASTM D 2850-87)
☐	-Prova di compressione monoassiale	(ASTM D 2166-85)
☐	-Prova scissometrica	(ASTM D 2573-72)
☐	-Prova di permeabilià carico variabile	(ASTM D 2434-68)
☐	-Misura della densità in situ	(ASTM D 1556)
☒	-Prova di compattazione	(ASTM D 698-78; D 1557-78; D 1558-84; D 2168-80)

GRADO DI QUALITA'

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
☒	☐	☐	☐	☐
Campioni disturbati o rimaneggiati			a disturbo limitato	indisturbati

	Pocket Penet. KN/m²	Tor vane KN/m²	Provini
0			
10			
20			
30			
40			
50			

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_1
Rev. 02 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2797r/08	ORDINE DEI GEOLOGI
PMI Cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/364972 Fax 0761/322944 viterbo@gegneria@libero.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004 Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 n.C 920 del 30/12/2002	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08	Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603 REGIONE LAZIO

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl		
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto		
DESCRIZIONE	Sabbia argilloso-limosa, di colore marrone		
SONDAGGIO N.	10	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m 1,50 - 2,00

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 2/5

MODULO RIASSUNTIVO

Peso dell' unità di volume	γ		KN/m^3	Umidità naturale	W_n	%
Peso dell'unità di volume del secco	γ_d		KN/m^3	Limite di liquidità	W_l	35,05%
Peso dell' unità di volume del saturo	γ_{sat}		KN/m^3	Limite di plasticità	W_p	22,05%
Peso dell' unità di volume del sommerso	γ'		KN/m^3	Indice di plasticità	I_p	13,00%
Peso dell' unità di volume dei granuli	γ_s	26,150	KN/m^3	Limite di ritiro	W_r	
Indice dei vuoti	e			Indice di consistenza	I_c	
Porosità	n		%	Indice di attività	A	0,650
Grado di saturazione	S_r		%	Classificazione CNR-UNI	S_r	A 6

Calcimetria	Tenore in carbonato di calcio	$CACO_3$	%
Determinazione di sostanze organiche	Contenuto di sostanza organica	O	%

GRANULOMETRIA	GHIAIA 75 mm - 4,75 mm	14%	SABBIA 4,75 mm - 0,075 mm	50%	LIMO 0,075 mm - 0,002 mm	16%	ARGILLA < 0,002 mm	20%

PROVA DI COMPATTAZIONE				PROVA DI PERMEABILITA' (CARICO VARIABILE)	
DENSITA' SECCA MASSIMA	16,48	KN/m^3	CONTENUTO IN ACQUA OTTIMO 20,48%	COEFF. DI PERMEABILITA'	m/s

SCISSOMETRO		COMPRESSIONE MONOASSIALE		PROVA DI TAGLIO DIRETTO SCATOLA DI CASAGRANDE					
τ_f max	KPa	σ_f	KPa	C'	KPa	C_u	KPa	C_r	KPa
τ_f res	KPa			Ø'	°	$Ø_u$	°	$Ø_r$	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE	CONSOLIDATA DRENATA		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni efficaci		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni totali		NON CONSOLIDATA NON DRENATA	
	C_d	KPa	C_{cu}	KPa	C_{cu}	KPa	C_u	KPa
	$Ø_d$		$Ø_{cu}$		$Ø_{cu}$		$Ø_u$	°

COMPRESSIBILITA'										
	σ	[KPa]	0 12,2575	12,2575 24,515	24,515 49,03	49,03 98,06	98,06 196,12	196,12 392,24	392,24 784,48	784,48 1568,96
	M	[KPa]								
	C_V	[m^2/sec]								
	K	[m/sec]								

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_2
Rev. 01 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2797g/08
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterbo@geovit.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08

ORDINE DEI GEOLOGI - REGIONE LAZIO - Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 503

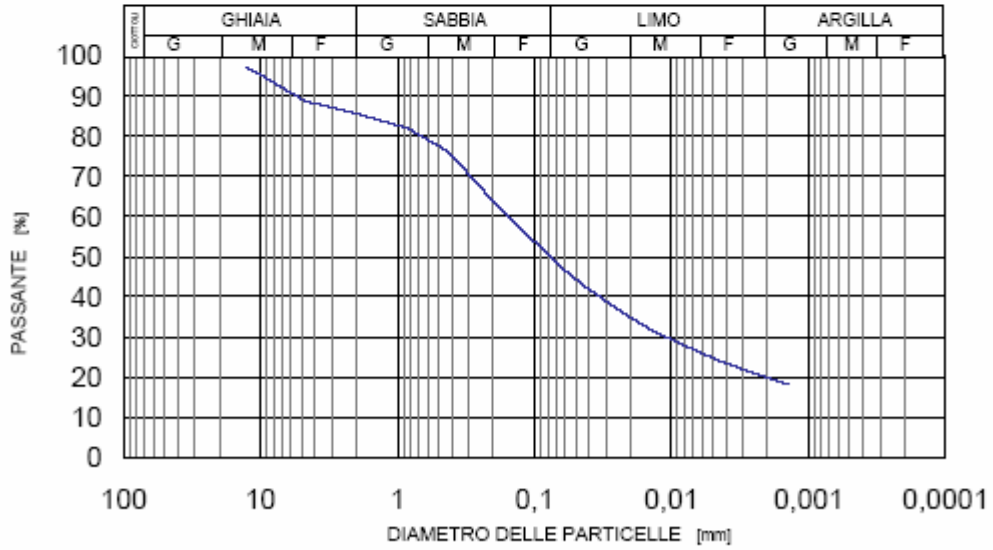
COMMITTENTE	GEOFIELD Srl
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE	Sabbia argilloso-limosa, di colore marrone
SONDAGGIO N.	10 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 1,50 - 2,00

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 3/5

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA		AEROMETRIA			
SETACCIO		DIAMETRO PARTICELLE [mm]	TRATTENUTO [%]		PASSANTE CUMULATIVO [%]
ASTM	mm		al setaccio	cumulativo	
3/4"	19,00				
1/2"	12,50		3,16	3,16	96,84
3/8"	9,50		2,03	5,19	94,81
No. 4	4,75		6,05	11,23	88,77
No. 10	2,00		3,22	14,45	85,55
No. 20	0,850		3,62	18,07	81,93
No. 40	0,425		5,83	23,91	76,09
No. 70	0,212		11,37	35,28	64,72
No. 100	0,150		5,44	40,72	59,28
No. 200	0,075		9,49	50,21	49,79
		0,062			46,92
		0,045			43,02
		0,022			35,76
		0,013			30,98
		0,0072			27,19
		0,0043			23,72
		0,0024			20,89
		0,0014			18,06

D_{10}	mm	D_{50}	0,07	mm	D_{60}	0,15	mm	D_{90}	5,5 mm



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

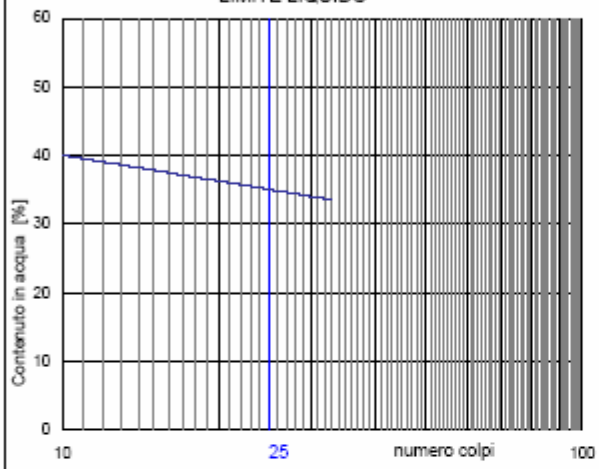
Mod. 7.4_3
Rev. 00 del 10-10-2008

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2797c/08	
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE		DATA 31-01-08	
	Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO			
	Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterbo@pegneria@libero.it			
	Attestazione SOA n.3631 del 07/09/2004			

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Sabbia argilloso-limosa, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	10	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m 1,50 - 2,00		
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008 Pag 4/5

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

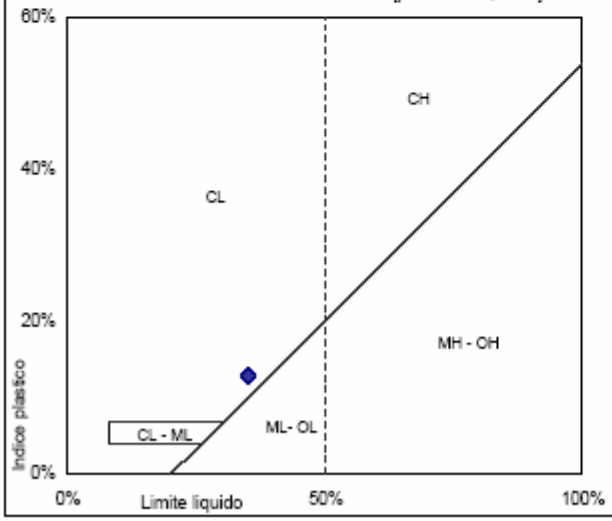
LIMITE LIQUIDO



Umidità	W =	%
Limite liquido	LL = 35,05%	
Limite plastico	LP = 22,05%	
Indice liquido	IL =	
Indice plastico	IP = 13,00%	
Indice di consistenza	Ic =	
Indice di gruppo	Ig = 4	

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME CNR-UNI 10006
A 6

CARTA DI PLASTICITA' - U.S.C.S. [passante al 0,40mm]



ANALISI GRANULOMETRICA

Passanti al setaccio

mm	%
0,075	49,79
0,40	76,09
2,00	85,55

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE NORME U.S.C.S.
del passante 0,40 mm
CL = argilla di bassa plasticità

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_4
Rev. 00 del 10-10-2008

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2797ps/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE		DATA 31-01-08

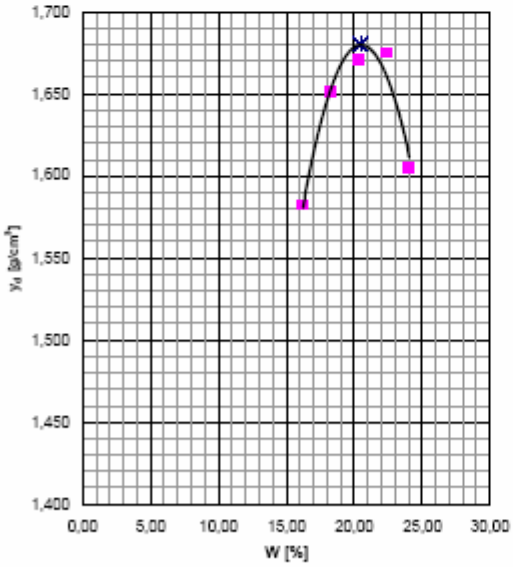
COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Sabbia argilloso-limosa, di colore marrone				
SONDAGGIO N.	10	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	1,50 - 2,00	
DATA PRELIEVO		DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008

PROVA DI COMPATTAZIONE AASHTO

STAMPO E PESTELLO PROCTOR STANDARD

Diametro interno fustella	mm	101,6
Altezza fustella	mm	116,4
Volume fustella	cm^3	944
Peso pestello	N	24,5
Altezza di caduta	mm	304,8
N. strati		3
N. colpi/strato		25
Energia	kJ/m^3	594

N. prova	Peso umido+Fustella g	Peso Fustella g	Densità umida g/cm^3	Umidità %	Densità secca g/cm^3
1	5388	3545	1,952	18,24	1,651
2	5281	3545	1,839	16,22	1,582
3	5425	3545	1,992	24,07	1,605
4	5480	3545	2,050	22,37	1,675
5	5443	3545	2,011	20,34	1,671



CARATTERISTICHE OTTIMALI	
densità umida	2,024 g/cm^3
densità secca	1,680 g/cm^3
umidità	20,48 %

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_10
Rev. 00 del 10-10-2005

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2798/08	
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504072 Fax 0761/522944 viterbo@gegneria@libero.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004 Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 n.C 920 del 30/12/2003	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08	ORDINE DEI GEOLOGI Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603 REGIONE LAZIO

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl				
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto				
DESCRIZIONE	Ghiaia limoso-sabbiosa, di colore marrone rossiccio				
SONDAGGIO N.	11	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m	1,70 - 2,00	
DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 1/4

APERTURA CAMPIONE

Fustella tipo: Diametro interno mm: Lunghezza cm. :

Programma prove

☐	-Apertura campioni indisturbati	(ASTM D 75-82; D 420-79; D 421-85)
☒	-Descrizione ed identificazione del campione	(ASTM D 2488-93)
☐	-Contenuto d'acqua naturale	(ASTM D 2216-92)
☐	-Peso di volume naturale	(ASTM D 2937)
☒	-Peso specifico dei grani	(ASTM D 854-92)
☒	-Granulometria per setacciatura	(ASTM D 422-63)
☐	-Granulometria per sedimentazione	(ASTM D 422-63)
☐	-Limiti di Atterberg	(ASTM D 4318-84)
☐	-Classifica U. S. C. S.	(ASTM D 2487-93)
☐	-Prova di taglio diretto	(ASTM D 3080-72)
☐	-Prova edometrica	(ASTM D 2435-80; D 4186-82; D 4546-85)
☐	-Prova di compressione triassiale	(ASTM D 2850-87)
☐	-Prova di compressione monoassiale	(ASTM D 2166-85)
☐	-Prova scissometrica	(ASTM D 2573-72)
☐	-Prova di permeabilià carico variabile	(ASTM D 2434-68)
☐	-Misura della densità in situ	(ASTM D 1556)
☒	-Prova di compattazione	(ASTM D 698-78; D 1557-78; D 1558-84; D 2168-80)

GRADO DI QUALITA'				
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
☒	☐	☐	☐	☐
Campioni disturbati o rimaneggiati			a disturbo limitato	indisturbati

	Pocket Penet. KN/m²	Tor vane KN/m²	Provini
0			
10			
20			
30			
40			
50			

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_1
Rev. 02 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2798r/08	ORDINE DEI GEOLOGI
PMI cert	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/304972 Fax 0761/322944 viterboingegneria@libero.it Attestazione SOA n.3931 del 07/09/2004 Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 n.C 920 del 30/12/2003	n. 3931 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08	Dott. Geol. TRONCARELLI ROBERTO N. 603

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl		
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto		
DESCRIZIONE	Ghiaia limoso-sabbiosa, di colore marrone rossiccio		
SONDAGGIO N. 11	CAMPIONE N.	PROFONDITA' m 1,70 - 2,00	

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 2/4

MODULO RIASSUNTIVO

Peso dell' unità di volume	γ		KN/m^3	Umidità naturale	W_n	%
Peso dell'unità di volume del secco	γ_d		KN/m^3	Limite di liquidità	W_l	%
Peso dell' unità di volume del saturo	γ_{sat}		KN/m^3	Limite di plasticità	W_p	%
Peso dell' unità di volume del sommerso	γ'		KN/m^3	Indice di plasticità	I_p	%
Peso dell' unità di volume dei granuli	γ_s	26,051	KN/m^3	Limite di ritiro	W_r	
Indice dei vuoti	e			Indice di consistenza	I_c	
Porosità	n		%	Indice di attività	A	
Grado di saturazione	S_r		%	Classificazione CNR-UNI	S_r	

Calcimetria	Tenore in carbonato di calcio	$CACO_3$	%
Determinazione di sostanze organiche	Contenuto di sostanza organica	O	%

GRANULOMETRIA	GHIAIA 75 mm - 4,75 mm	60%	SABBIA 4,75 mm - 0,075 mm	19%	LIMO 0,075 mm - 0,002 mm	21%	ARGILLA < 0,002 mm	%

PROVA DI COMPATTAZIONE				PROVA DI PERMEABILITA' (CARICO VARIABILE)	
DENSITA' SECCA MASSIMA	18,72	KN/m^3	CONTENUTO IN ACQUA OTTIMO	13,42%	COEFF. DI PERMEABILITA' m/s

SCISSOMETRO		COMPRESSIONE MONOASSIALE		PROVA DI TAGLIO DIRETTO SCATOLA DI CASAGRANDE					
τ_f max	KPa	σ_f	KPa	C'	KPa	C_u	KPa	C_r	KPa
τ_f res	KPa			Ø'	°	$Ø_u$	°	$Ø_r$	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE	CONSOLIDATA DRENATA		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni efficaci		CONSOLIDATA NON DRENATA Tensioni totali		NON CONSOLIDATA NON DRENATA	
	C_d	KPa	C_{cu}	KPa	C_{cu}	KPa	C_u	KPa
	$Ø_d$		$Ø_{cu}$		$Ø_{cu}$		$Ø_u$	°

COMPRESSIBILITA'										
	σ	[KPa]	0 12,2575	12,2575 24,515	24,515 49,03	49,03 98,06	98,06 196,12	196,12 392,24	392,24 784,48	784,48 1568,96
	M	[KPa]								
	C_V	[m^2/sec]								
	K	[m/sec]								

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_2
Rev. 01 del 14-09-2007

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2798g/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE		DATA 31-01-08

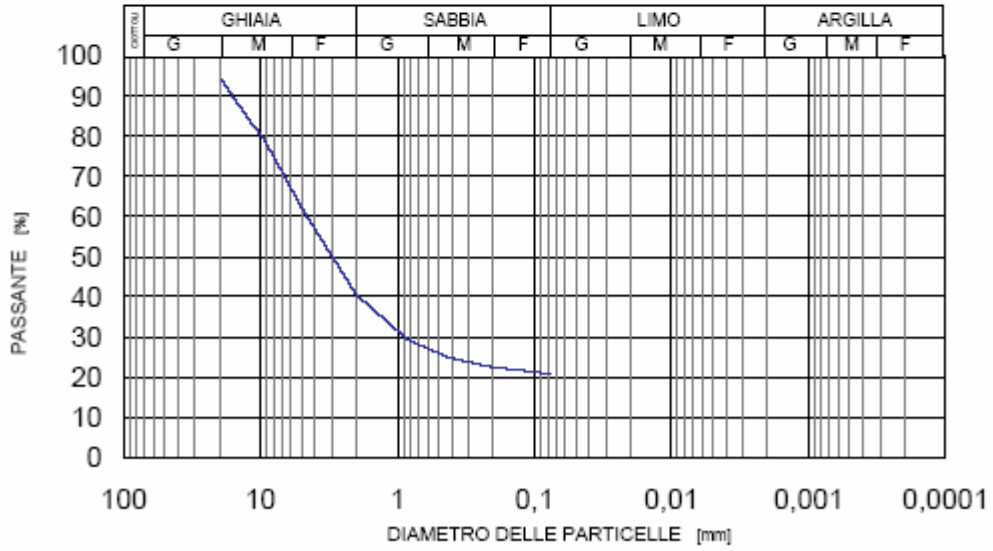
COMMITTENTE GEOFIELD Srl
CANTIERE Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE Ghiaia limoso-sabbiosa, di colore marrone rossiccio
SONDAGGIO N. 11 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 1,70 - 2,00

DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO 03/01/2008	DATA APERTURA 14/01/2008	Pag 3/4

ANALISI GRANULOMETRICA

SETACCIATURA		AEROMETRIA			
SETACCIO		DIAMETRO PARTICELLE [mm]	TRATTENUTO [%]		PASSANTE CUMULATIVO
ASTM	mm		al setaccio	cumulativo	[%]
3/4"	19,00		6,24	6,24	93,76
1/2"	12,50		9,17	15,41	84,59
3/8"	9,50		5,32	20,73	79,27
No. 4	4,75		18,37	39,10	60,90
No. 10	2,00		20,42	59,52	40,48
No. 20	0,850		11,09	70,62	29,38
No. 40	0,425		4,53	75,15	24,85
No. 70	0,212		2,36	77,50	22,50
No. 100	0,150		0,61	78,11	21,89
No. 200	0,075		1,19	79,30	20,70

D_{10}	mm	D_{50} 3	mm	D_{60} 4,6	mm	D_{90} 16	mm



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_3
Rev. 00 del 10-10-2005

SINCERT	GEOVIT S.a.s.	TECNOSOA	CERTIFICATO N. 2798ps/08
	LABORATORIO GEOTECNICO - MECCANICA DELLE TERRE Via Monte Cervino, 12 - 01100 VITERBO Tel 0761/504972 Fax 0761/522944 viterbo@geovit.it Attestazione SOA n.3631 del 07/09/2004	n. 3631 del 07/09/2004 Categ. OS20/OS21	DATA 31-01-08

COMMITTENTE	GEOFIELD Srl
CANTIERE	Loc. Scopaione - Fiume Pecora - Grosseto
DESCRIZIONE	Ghiaia limoso-sabbiosa, di colore marrone rossiccio
SONDAGGIO N.	11 CAMPIONE N. PROFONDITA' m 1,70 - 2,00

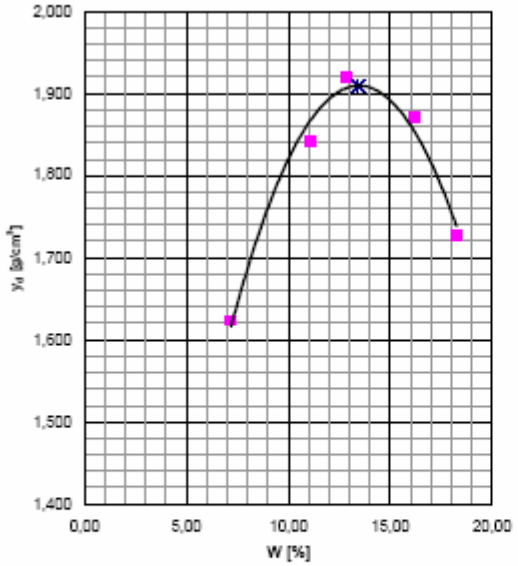
DATA PRELIEVO	DATA RICEVIMENTO	03/01/2008	DATA APERTURA	14/01/2008	Pag 4/4

PROVA DI COMPATTAZIONE AASHTO

STAMPO E PESTELLO PROCTOR STANDARD

Diametro interno fustella	mm	101,6
Altezza fustella	mm	116,4
Volume fustella	cm^3	944
Peso pestello	N	24,5
Altezza di caduta	mm	304,8
N. strati		3
N. colpi/strato		25
Energia	kJ/m^3	594

N. prova	Peso umido+Fustella g	Peso Fustella g	Densità umida g/cm^3	Umidità %	Densità secca g/cm^3
1	5590	3545	2,166	12,82	1,920
2	5477	3545	2,047	11,12	1,842
3	5188	3545	1,740	7,20	1,624
4	5597	3545	2,174	16,18	1,871
5	5473	3545	2,042	18,25	1,727



CARATTERISTICHE OTTIMALI	
densità umida	2,165 g/cm^3
densità secca	1,909 g/cm^3
umidità	13,42 %

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Geol. Roberto Troncarelli)

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Beatrice Egidi)

Mod. 7.4_10
Rev. 00 del 10-10-2008

6 - CONCLUSIONI

Le indagini di campagna sono state svolte secondo il programma dei lavori concordato fra la D.L. e la Committenza.

I sondaggi effettuati hanno evidenziato una discreta variabilità nella geometria deposizionale dei tipi litologici sia in senso orizzontale che verticale.

Le prove di permeabilità tipo Lefranc, effettuate nei fori di sondaggio, hanno fornito valori di k compresi fra 10^{-3} e < 10^{-4} cm/s. Solo nel caso del sondaggio S8, a circa 4 m di profondità, si è riscontrato un valore dell'ordine di 10^{2} cm/s, probabilmente dovuto alla presenza di un livelletto franco ghiaioso intercalato alle sabbie limose.

Le prove edometriche, eseguite sui campioni prelevati dai livelli più argillosi, hanno fornito dati di permeabilità dell'ordine di 10^{-8} cm/s (S4, S7, S11 ed S13). Tali strati, con spiccate caratteristiche di impermeabilità, hanno spessori variabili (5.9 m nell'S11, 2.4 m nell'S4) con caratteristiche di non continuità laterale. Al fine di avere un maggior dettaglio nella ricostruzione litostratigrafia dovrebbero essere previsti, in fase di progetto definitivo/esecutivo, integrazioni alla campagna geognostica con realizzazione di alcuni sondaggi nelle aree che attualmente risultavano inaccessibili (zona sud est ASIP).

Il livello piezometrico, ricostruito mediante l'utilizzo delle misure freatimetriche eseguite nei fori di sondaggio, mostra la presenza di una falda freatica, con deflusso verso il dreno presente (F. Pecora), la cui profondità è variabile dai 4 agli 8 m dal piano di campagna (periodo secco).

Le prove Proctor evidenziano che con un 15% di umidità (medio) si riesce ad ottenere una densità secca superiore all'80% del Maximum.

In funzione di quelle che potranno essere le indicazioni progettuali si potranno utilizzare i dati acquisiti (e quelli eventualmente integrati) al fine di effettuare specifiche verifiche (H critica degli scavi, stabilità dei rilevati, ecc).

Febbraio 2008

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

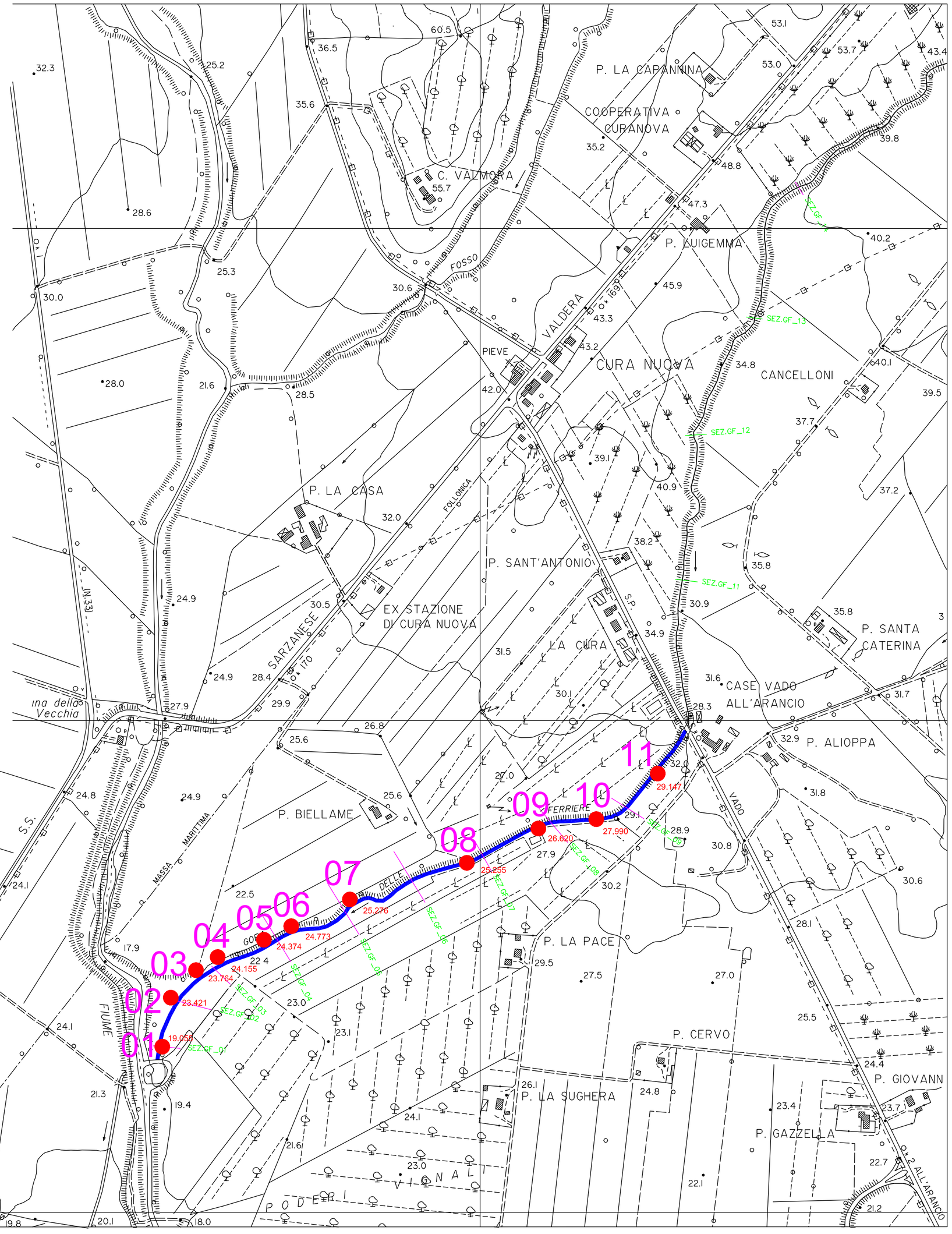
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE
IN LOC. VADO ALL'ARANCIO
COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

TAV.1 UBICAZIONE E DATI DI BASE
scala 1:5.000

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macii - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax. 0566-53184
e-mail : fanciulletti@interfree.it



02 Ubicazione sondaggio geognostico 2009 (con quota)
19.055

corso d'acqua oggetto di studio

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

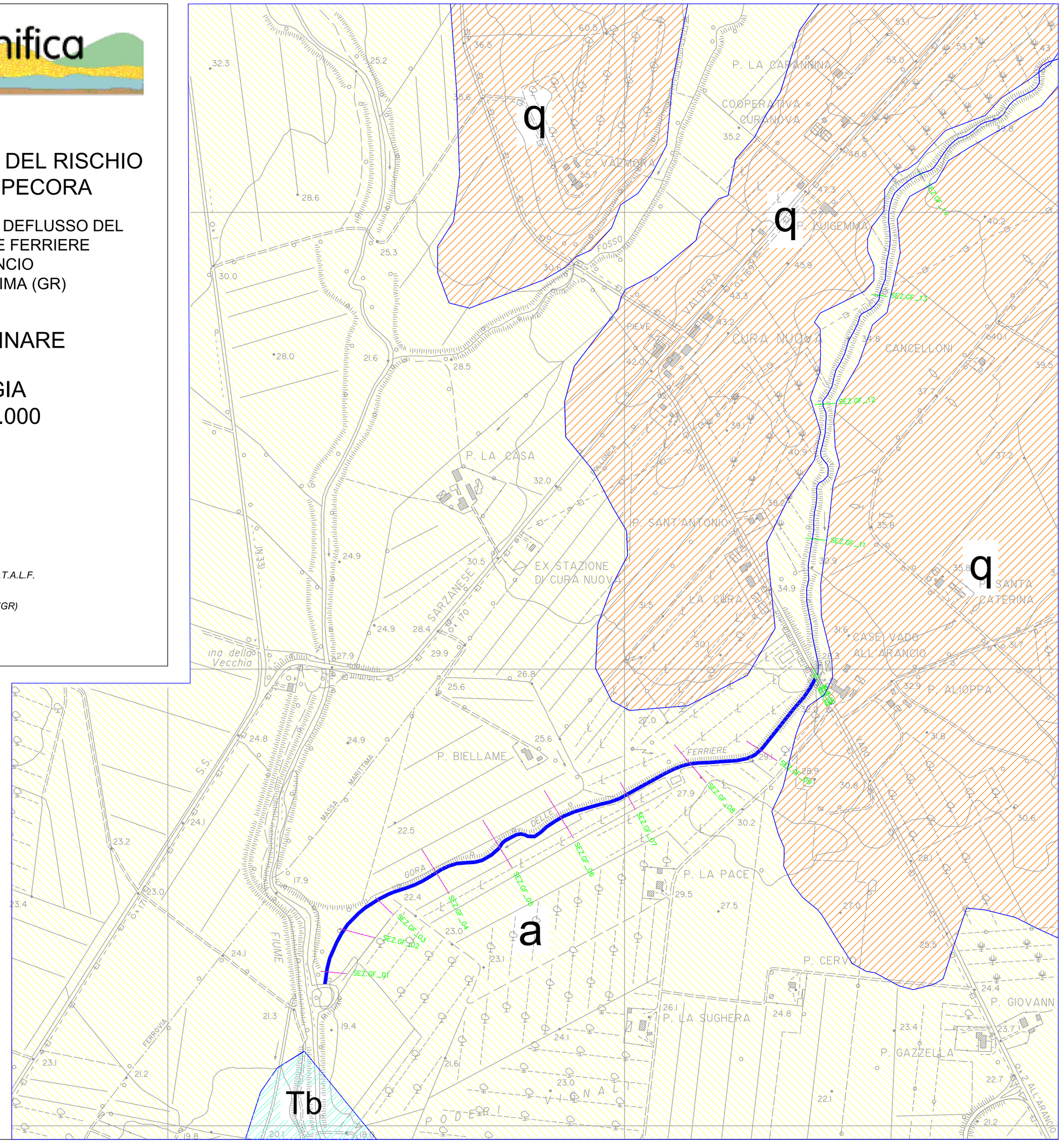
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE IN LOC. VADO ALL'ARANCIO COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

TAV.2 GEOLOGIA
scala 1:5.000

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macii - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax. 0566-53184
e-mail : fanciulletti@interfree.it



Legenda

- Terreni di bonifica (Tb)
- Alluvioni (Al)
- Conglomerati fluviali (q)
- corso d'acqua oggetto di studio

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

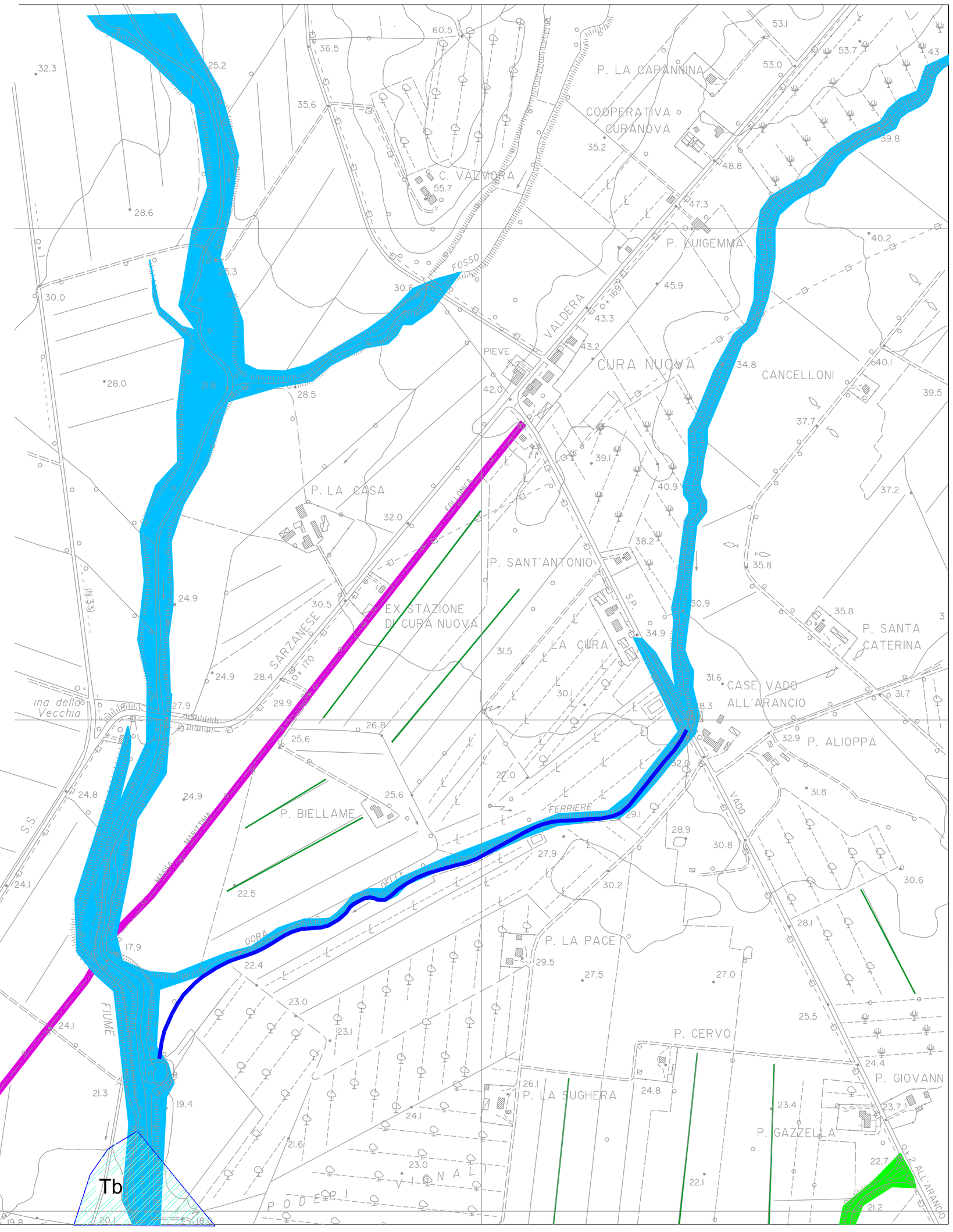
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE
IN LOC. VADO ALL'ARANCIO
COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

TAV.3 MORFOLOGICA
scala 1:5.000

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macii - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax. 0566-53184
e-mail : fanciulletti@interfree.it



Legenda

- Terreni di bonifica (Tb)
- argini artificiali
- rilevato stradale
- rilevato ferroviario
- scoline campestri
- corso d'acqua oggetto di studio

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE IN LOC. VADO ALL'ARANCIO COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

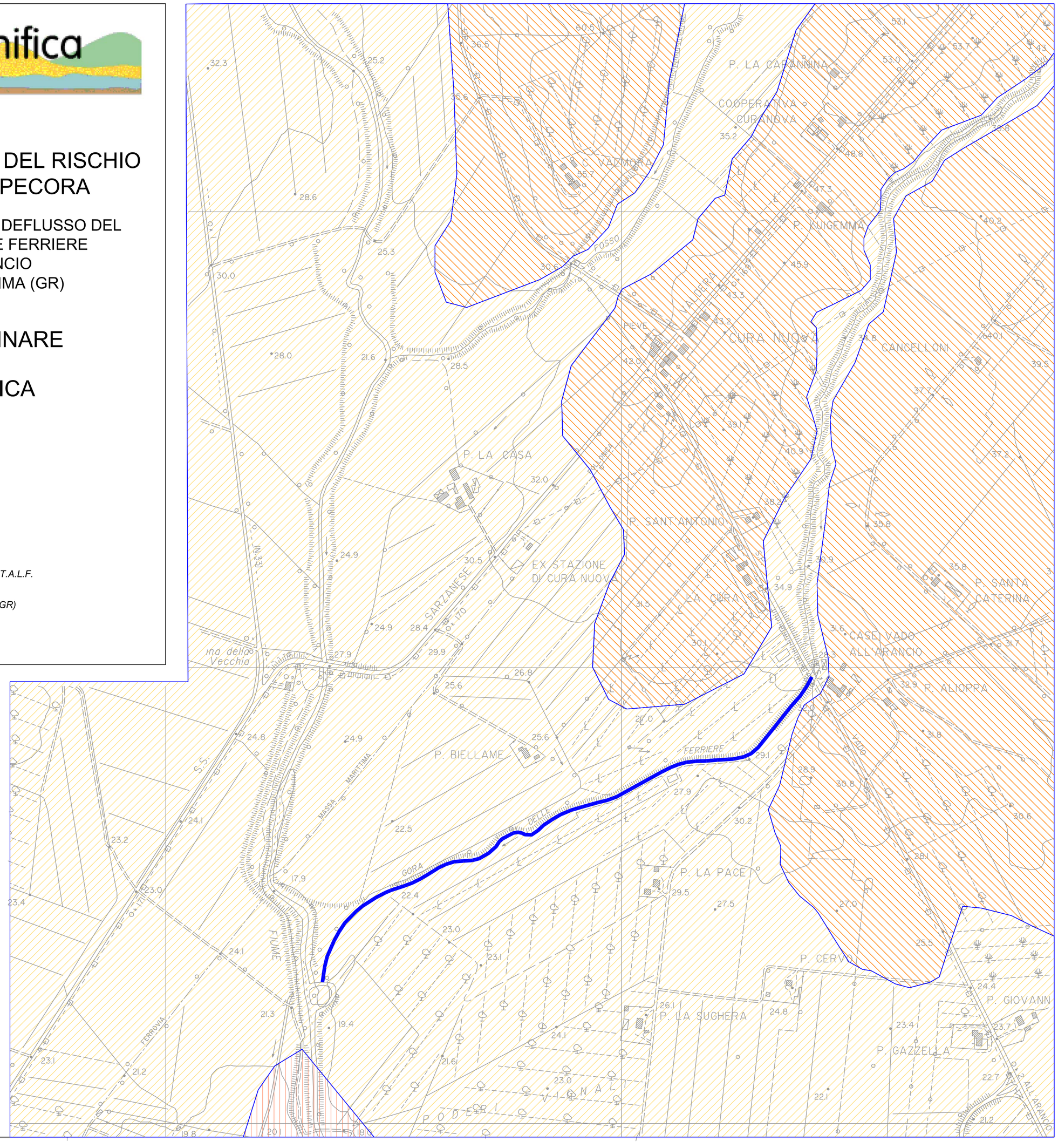
TAV.4 LITOTECNICA
scala 1:5.000

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macii - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax. 0566-53184
e-mail : fanciulletti@interfree.it

Legenda :

- successioni limo argillose sabbiose
- successioni sabbio ghiaiose argillose
- successioni conglomeratiche
- corso d'acqua oggetto di studio



consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

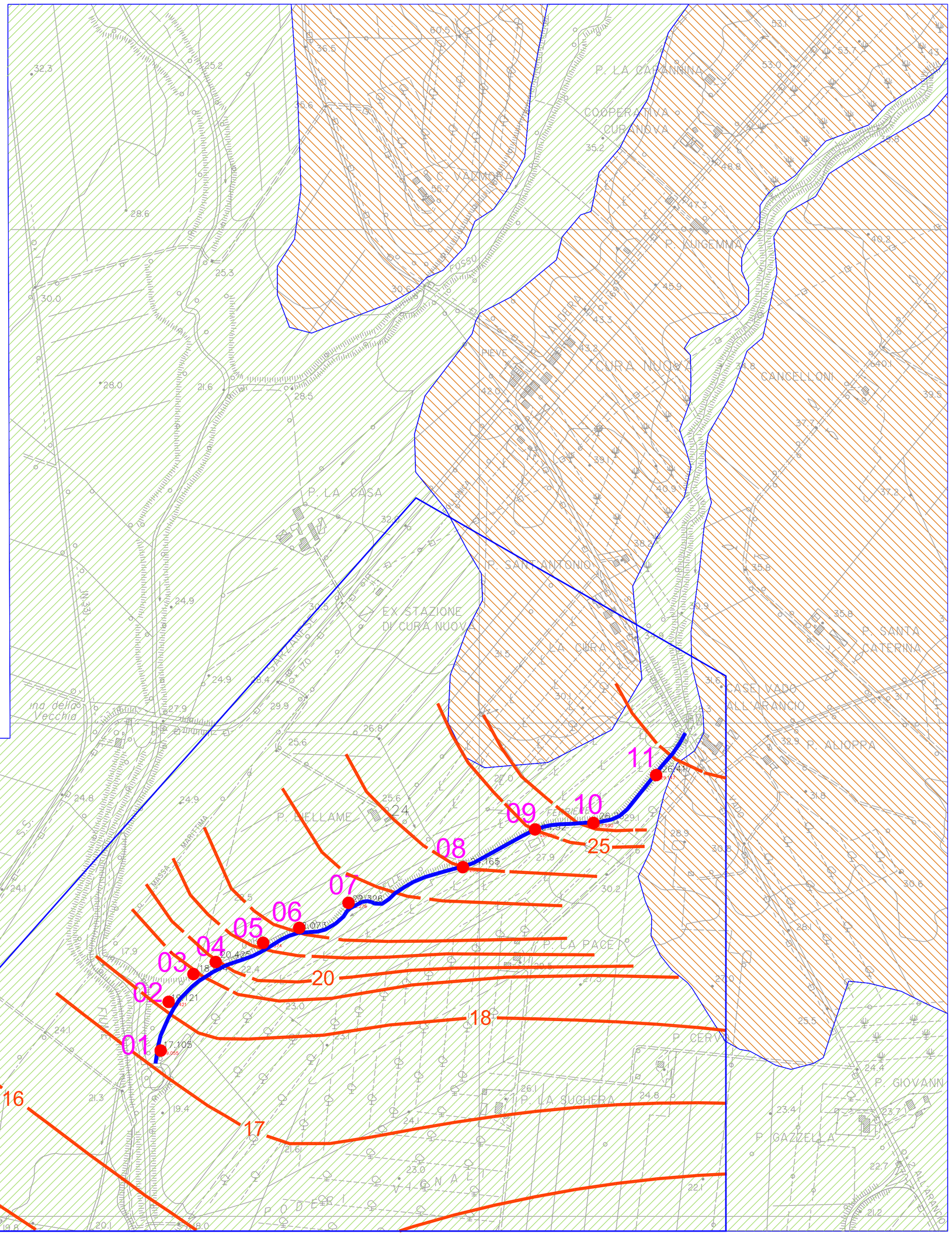
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE
IN LOC. VADO ALL'ARANCIO
COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

TAV.5 IDROGEOLOGIA
scala 1:5.000

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macii - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax. 0566-53184
e-mail : fanciulletti@interfree.it



LEGENDA:

P | M — Alluvioni e Terreni di Bonifica

P | MB — Conglomerati fluviali

PERMEABILITA'

P AA

Grado di permeabilità
- AA Molto alta
- A Alta
- MA Medio alta
- M Media
- MB Medio bassa
- B Bassa
- BB Molto bassa

Tipo di permeabilità
- P Primaria
- S Secondaria

corso d'acqua oggetto di studio

ambito determinazione isopieze

isopieze

01 sondaggio geognostico

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

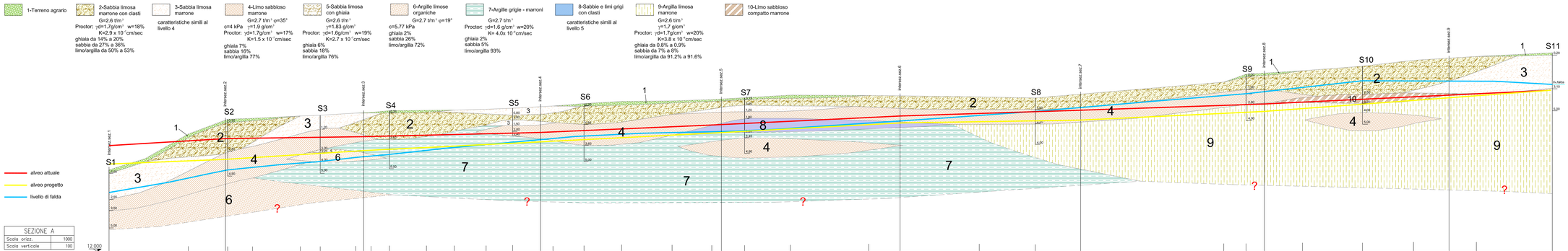
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE IN LOC. VADO ALL'ARANCIO COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

TAV.6 SEZIONE LONGITUDINALE
scala lungh.1:1.000 scala altezze 1:100

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Marzi - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax. 0566-53164
e-mail : fanciulletti@interfree.it



consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

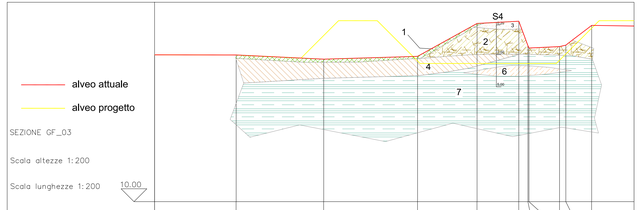
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE
IN LOC. VADO ALL'ARANCIO
COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

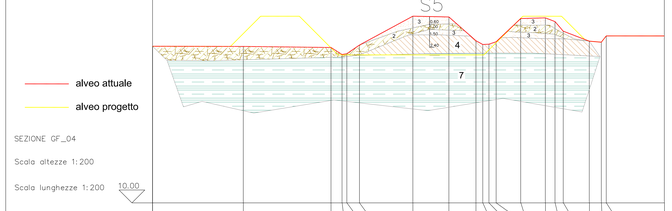
PROGETTO PRELIMINARE

TAV.7b SEZIONI TRASVERSALI (GF03-GF04)
scala1:200

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.I.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macci - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
tel. / fax : 0566 / 41.445
e-mail : fanciulletti@interfree.it





1-Terreno agrario

2-Sabbia limosa marrone con clasti
G=2.6 t/m³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=18%
K=2.9 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia da 14% a 20%
sabbia da 27% a 36%
limo/argilla da 50% a 53%

3-Sabbia limosa marrone
caratteristiche simili al livello 4

4-Limo sabbioso marrone
G=2.7 t/m³ φ=35°
c=4 kPa γ=1.9 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=17%
K=1.5 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia 7%
sabbia 16%
limo/argilla 77%

5-Sabbia limosa con ghiaia
G=2.6 t/m³
γ=1.83 g/cm³
Proctor: γd=1.6g/cm³ w=19%
K=2.7 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia 6%
sabbia 18%
limo/argilla 76%

6-Argille limose organiche
G=2.7 t/m³ φ=19°
c=5.77 kPa
ghiaia 2%
sabbia 26%
limo/argilla 72%

7-Argille grigie - marroni
G=2.7 t/m³
Proctor: γd=1.6 g/cm³ w=20%
K= 4.0x 10⁻⁸cm/sec
ghiaia 2%
sabbia 5%
limo/argilla 93%

8-Sabbie e limi grigi con clasti
caratteristiche simili al livello 5

9-Argilla limosa marrone
G=2.6 t/m³
γ=1.7 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=20%
K=3.8 x 10⁻⁸cm/sec
ghiaia da 0.8% a 0.9%
sabbia da 7% a 8%
limo/argilla da 91.2% a 91.6%

10-Limo sabbioso compatto marrone

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

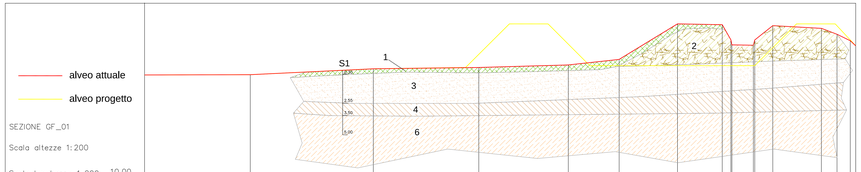
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE
IN LOC. VADO ALL'ARANCIO
COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

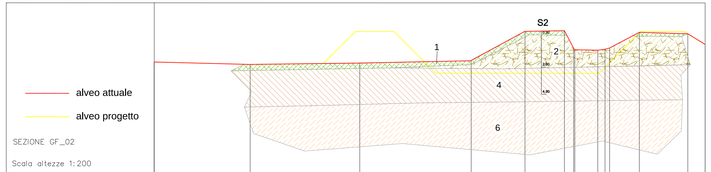
PROGETTO PRELIMINARE

TAV.7a SEZIONI TRASVERSALI (GF01-GF02)
scala1:200

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macii - Architetto
Via A. Meucci, 4 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax. 0566-53184
e-mail : fanciulletti@interfree.it





1-Terreno agrario

2-Sabbia limosa marrone con clasti
G=2.6 t/m³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=18%
K=2.9 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia da 14% a 20%
sabbia da 27% a 36%
limo/argilla da 50% a 53%

3-Sabbia limosa marrone
caratteristiche simili al livello 4

4-Limo sabbioso marrone
G=2.7 t/m³ φ=35°
c=4 kPa γ=1.9 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=17%
K=1.5 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia 7%
sabbia da 16%
limo/argilla 77%

5-Sabbia limosa con ghiaia
G=2.6 t/m³
γ=1.83 g/cm³
Proctor: γd=1.6g/cm³ w=19%
K=2.7 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia 6%
sabbia 18%
limo/argilla 76%

6-Argille limose organiche
G=2.7 t/m³ φ=19°
c=5.77 kPa
ghiaia 2%
sabbia 26%
limo/argilla 72%

7-Argille grigie - marroni
G=2.7 t/m³
Proctor: γd=1.6 g/cm³ w=20%
K= 4.0x 10⁻⁸cm/sec
ghiaia 2%
sabbia 5%
limo/argilla 93%

8-Sabbie e limi grigi con clasti
caratteristiche simili al livello 5

9-Argilla limosa marrone
G=2.6 t/m³
γ=1.7 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=20%
K=3.8 x 10⁻⁸cm/sec
ghiaia da 0.8% a 0.9%
sabbia da 7% a 8%
limo/argilla da 91.2% a 91.6%

10-Limo sabbioso compatto marrone

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

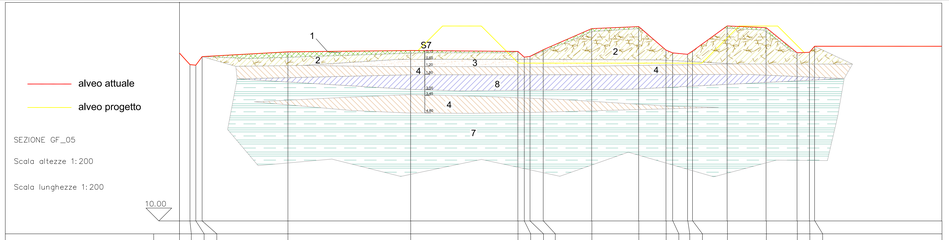
ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE
IN LOC. VADO ALL'ARANCIO
COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

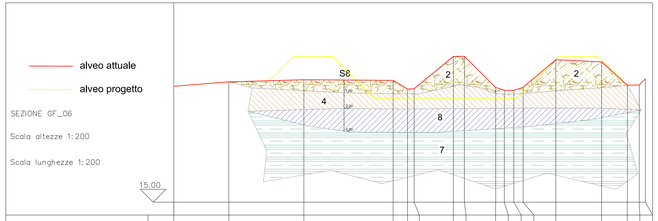
PROGETTO PRELIMINARE

TAV.7c SEZIONI TRASVERSALI (GF05-GF06)
scala1:200

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Fabrizio Fanciulletti - Geologo
Dr. Lucia Macii - Architetto
Via A. Moro 55 - 58022 Follonica (GR)
tel. e fax 0566 / 41.454
e-mail : fanciulletti@interfree.it





1-Terreno agrario

2-Sabbia limosa marrone con clasti
G=2.6 t/m³
γ=1.9 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=18%
K=2.9 x 10⁻⁶cm/sec
ghiaia da 14% a 20%
sabbia da 27% a 36%
limo/argilla da 50% a 53%

3-Sabbia limosa marrone
caratteristiche simili al livello 4

4-Limo sabbioso marrone
G=2.7 t/m³ φ=35°
c=4 kPa γ=1.9 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=17%
K=1.5 x 10⁻⁶cm/sec
ghiaia 7%
sabbia 16%
limo/argilla 77%

5-Sabbia limosa con ghiaia
G=2.6 t/m³
γ=1.83 g/cm³
Proctor: γd=1.6g/cm³ w=19%
K=2.7 x 10⁻⁶cm/sec
ghiaia 6%
sabbia 18%
limo/argilla 76%

6-Argille limose organiche
G=2.7 t/m³ φ=19°
c=5.77 kPa
ghiaia 2%
sabbia 26%
limo/argilla 72%

7-Argille grigie - marroni
G=2.7 t/m³
Proctor: γd=1.6 g/cm³ w=20%
K= 4.0x 10⁻⁶cm/sec
ghiaia 2%
sabbia 5%
limo/argilla 93%

8-Sabbie e limi grigi con clasti
caratteristiche simili al livello 5

9-Argilla limosa marrone
G=2.6 t/m³
γ=1.7 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=20%
K=3.8 x 10⁻⁶cm/sec
ghiaia da 0.8% a 0.9%
sabbia da 7% a 8%
limo/argilla da 91.2% a 91.6%

10-Limo sabbioso compatto marrone

consorzio di bonifica alta maremma

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME PECORA

ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE EGORA DELLE FERRIERE
IN LOC. VADO ALL'ARANCIO
COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

TAV.7d SEZIONI TRASVERSALI (GF07-GF08-GF09)
scala1:200

ottobre 2009

STUDIO TECNICO ASSOCIATO S.T.A.L.F.
Dr. Geologo Stefano Lazzeri Geologo
Dr. Lucia Mauri - Architetto
Via A. Mauro, 4 - 58022 Follonica (GR)
p.iva/ C.F. 01080950538
e-mail : florculo@libero.it

1-Terreno agrario

2-Sabbia limosa marrone con clasti
G=2.6 t/m³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=18%
K=2.9 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia da 14% a 20%
sabbia da 27% a 36%
limo/argilla da 50% a 53%

3-Sabbia limosa marrone
caratteristiche simili al livello 4

4-Limo sabbioso marrone
G=2.7 t/m³ φ=35°
c=4 kPa γ=1.9 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=17%
K=1.5 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia 7%
sabbia 16%
limo/argilla 77%

5-Sabbia limosa con ghiaia
G=2.6 t/m³
γ=1.83 g/cm³
Proctor: γd=1.6g/cm³ w=19%
K=2.7 x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia 6%
sabbia 18%
limo/argilla 76%

6-Argille limose organiche
G=2.7 t/m³ φ=19°
c=5.77 kPa
ghiaia 2%
sabbia 26%
limo/argilla 72%

7-Argille grigie - marroni
G=2.7 t/m³
Proctor: γd=1.6 g/cm³ w=20%
K= 4.0x 10⁻⁷cm/sec
ghiaia 2%
sabbia 5%
limo/argilla 93%

8-Sabbie e limi grigi con clasti
caratteristiche simili al livello 5

9-Argilla limosa marrone
G=2.6 t/m³
γ=1.7 g/cm³
Proctor: γd=1.7g/cm³ w=20%
K=3.8 x 10⁻⁸cm/sec
ghiaia da 0.8% a 0.9%
sabbia da 7% a 8%
limo/argilla da 91.2% a 91.6%

10-Limo sabbioso compatto marrone

consorzio di bonifica alta maremma

LAVORI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE AL PROGETTO PER L'ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL CANALE DEMANIALE GORA DELLE FERRIERE IN LOCALITA' VADO ALL'ARANCIO E ATTIVITA' DI CONSULENZA TECNICA.

COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)

PROGETTO PRELIMINARE

RAPPORTO TECNICO

I tecnici:
Studio Tecnico Ass. STALF
Dr.Geol. Fabrizio Fanciulletti
Dr.Arch. Lucia Macii

Via Meucci, 4 – 58022
Follonica

Impresa perforazioni:

Gamma geoservizi srl
Via Giusti, 124 – 58100
Grosseto

Ottobre 2009

Sommario

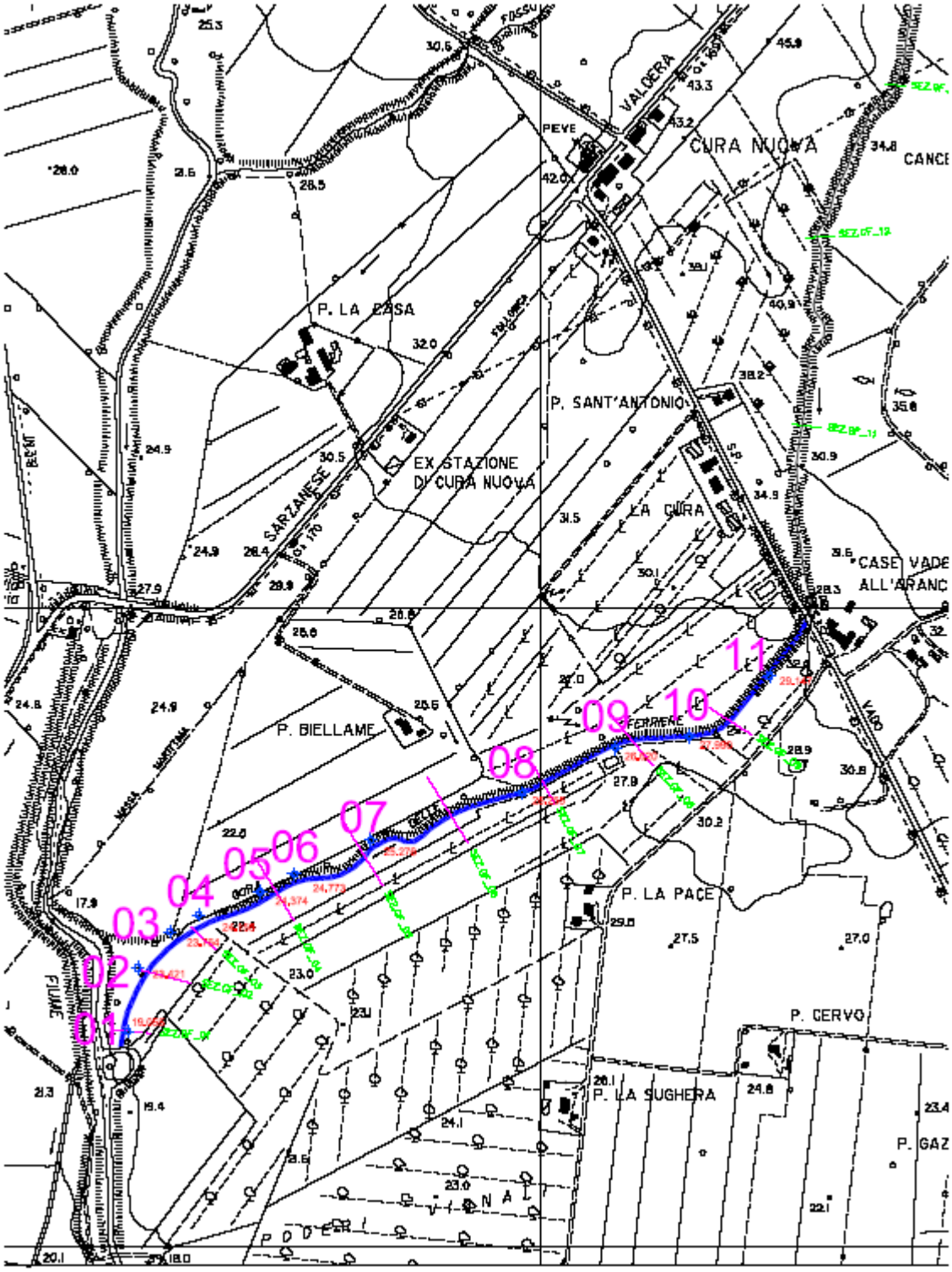
1 - PREMESSA 3
2 - UBICAZIONE GEOGRAFICA 4
3 - CENNI DI GEOLOGIA 5
4 - GEOMORFOLOGIA 6
5 - LITOTECNICA 6
6 - IDROGEOLOGIA 6
7 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 7
7.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate 8
7.2 - Frequenza delle prove geotecniche in situ 10
7.3 - Presentazione dei risultati 10
8. - ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO 33
8.1 - Prove eseguite: 33
8.2. - Attrezzature e metodologie di prova: 33
8.3. - Presentazione dei risultati: 33
9. – SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE 34
11. – CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE 37
12. – VERIFICA PRELIMINARE DI STABILITA' DELL'ARGINE IN SCAVO 38
13. – ANALISI CHIMICHE DEI TERRENI 44
14 - CONCLUSIONI 47

1 - PREMESSA

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" è stata eseguita, nel mese di Luglio 2009, una campagna geognostica finalizzata alla caratterizzazione fisico meccanica dei terreni che saranno interessati dal progetto di adeguamento delle sezioni di deflusso dell'alveo del canale demaniale "Gora delle Ferriere" in località Vado All'Arancio in Comune di Massa Marittima.
I lavori di campagna sono consistiti nella realizzazione di n° 11 sondaggi a carotaggio continuo, presa di campioni indisturbati, realizzazione di prove di laboratorio geotecnico (granulometrie, Proctor, taglio, ecc).
Le caratterizzazioni hanno avuto il duplice scopo di caratterizzare dal punto di vista fisico meccanico i terreni che saranno interessati dalla realizzazione del nuovo alveo oltre a determinare le caratteristiche delle terre di scavo in esubero per il loro riutilizzo ai fini della realizzazione della vasca di laminazione in località Scopaione.
Lo studio si è svolto in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 11.03.1988 e successive modifiche ed integrazioni, al D.M. del 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e successive modifiche ed integrazioni; gli elaborati prodotti sono conformi a quanto disposto dall'art. 25 e seguenti (Progetto Definitivo), di cui al D.P.R 21 dicembre 1999, n° 554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni".
Per la redazione degli elaborati grafici è stata utilizzata la carta tecnica regionale alla scala 1:10.000 ed una serie di sezioni trasversali all'alveo eseguite dallo Studio Geostaff.
Il Comune di Massa Marittima, in base alla OPCM n° 3247/03 e successive modifiche ed integrazioni, è inserito in classe 3 di sismicità; tale classificazione è stata mantenuta anche nella Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 431 del 19 giugno 2006:
"Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ord. Pcm: 3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. dell'11.05.2006".

2 - UBICAZIONE GEOGRAFICA

Di seguito è riportata l'ubicazione, in scala 1:10.000, dell'area oggetto di studio.



Il corso d'acqua "Gora delle Ferriere" risulta in sinistra idraulica del Fiume Pecora. Il tratto oggetto di intervento va da Case Vado all'Arancio fino al sifone in sinistra del Fiume Pecora.

Il corso d'acqua fu sifonato in tempi storici in modo da garantire un flusso d'acqua costante alle fonderie leopoldine di Follonica.

Il corso d'acqua, oltre che da un limitato bacino imbrifero, è alimentato in maniera costante dalla sorgente delle Aronne ubicata ad ovest del centro abitato di Valpiana.

Area in esame

Nella Tav. 1, alla scala 1:5.000 è riportato il tracciato del corso d'acqua, le sezioni topografiche trasversali all'alveo e l'ubicazione dei sondaggi effettuati.

3 - CENNI DI GEOLOGIA

Nella Tav. 2 è riportata una carta geologica (1:2.000) estratta dal Progetto CARG della Regione Toscana, dal Quadro conoscitivo del Piano Strutturale di Follonica e dal Quadro conoscitivo del piano Strutturale di Scarlino oltre naturalmente al controllo di campagna.

Dall'alto verso il basso affiorano i seguenti litotopi:

tb - Terreni di Bonifica; costituiti prevalentemente da limi ed argille. Sono stati originati dall'azione di colmata espletata dal Fiume Pecora e dal Canale Allacciante

al – Alluvioni attuali e recenti del Fiume Pecora; costituiscono una fascia tra i depositi terrazzati del Pleistocene sup. e le dune ed i lidi olocenici del litorale.

q – Conglomerati fluviali; tale formazione è molto diffusa nei terrazzi del Pleistocene sup.. In prevalenza è costituita da sabbie massive, prive di strutture interne e di fossili. Sono di ambiente sempre continentale ma variabile tra l'eolico, il colluviale e quello di piana di esondazione fluviale. Lo spessore è variabilissimo comunque sempre nell'ordine delle decine di metri.

L'intervento è ricompresso per la sua totalità sui sedimi alluvionali attuali e recenti.

Le stratigrafie dei sondaggi, dei quali discuteremo in seguito, mostrano la presenza di litotopi caratteristici di ambienti alluvionali con variazioni sia laterali che verticali di componenti argillo limose e sabbiose. Anche la frazione ghiaiosa varia all'interno dello stesso litotopo se non altro per le dimensioni granulometriche.

4 - GEOMORFOLOGIA

Nella Tav. 3 è riportata la carta geomorfologica alla scala 1:5.000.
L'area, nel suo insieme, presenta una quota media di 30 m s.l.m con acclività dell'ordine del 5%.
Non si osservano indizi di movimenti gravitativi in atto o potenziali.
I motivi morfologici di interesse sono rappresentati dai terreni di bonifica, presenti a sud dell'area investigata, dagli argini artificiali sia del Fiume Pecora che della Gora delle Ferriere e dalle scoline campestri che garantiscono una sufficiente regimazione idrologica dei terreni agricoli.
L'alveo della Gora delle Ferriere è pensile con quote medie di circa 1 m al di sopra del piano campagna circostante.

5 - LITOTECNICA

Nella Tav. 4 è riportata la carta litotecnica nella quale i litotopi sono stati raggruppati in funzione delle loro caratteristiche fisico meccaniche.
Sono state distinte le seguenti successioni:

- Successioni limo argillose e sabbiose (Tb)
- Successioni sabbio ghiaiose argillose (Al)
- Successioni conglomeratiche (q)

Il corso della Gora delle Ferriere oggetto di studio è ricompreso nella sua totalità nella successione sabbio ghiaiosa argillosa.
Tale situazione è confermata anche dai dati di campagna desunti dai sondaggi geognostici dei quali discuteremo in seguito.

6 - IDROGEOLOGIA

La carta idrogeologica con individuazione delle isopieze è stata elaborata sulla base dello "Studio idrogeologico e idrogeochimico della pianura di Scarlino. Valutazione dell'estensione del cuneo salino nel periodo settembre 2007 – marzo 2008." (S. Bianchi – F. Fanciulletti con la supervisione

scientifica del Prof. M. Salleolini Università di Siena) Eseguito per conto dell'Amministrazione Comunale di Scarlino, integrata con le misure effettuate nei fori di sondaggio della campagna di Luglio 2009.

"*Durante l'indagine idrogeologica sono stati misurati in totale 73 pozzi di cui 58 nella pianura scarlinese ..... Le misure piezometriche sono state eseguite nelle quattro stagioni: a Settembre, Novembre 2007 ed a Gennaio, Marzo 2008 per un totale di 292 misure*."

Come si può osservare dall'andamento delle isopieze è evidente una alimentazione della falda da parte della Gora delle Ferriere anche se l'ubicazione dei livelli acquiferi alimentati risulta estremamente variabile a causa della eterogeneità dei sedimenti alluvionali.

Nella Tavola 5 è riportata la carta delle permeabilità, nella quale i terreni affioranti sono stati raggruppati in base al loro grado di permeabilità (da molto alta a molto bassa) e al loro tipo di permeabilità (primaria o secondaria). Di seguito è riportata la classificazione adottata:

P	M	Alluvioni (Al) e terreni di bonifica (Tb)
P	MB	e conglomerato (q)

Le lettere accanto ai vari terreni hanno il seguente significato:

GRADO DI PERMEABILITÀ:
- AA - Molto alta
- A - Alta
- MA - Medio alta
- M - Media
- MB - Medio bassa
- B - Bassa
- BB - Molto Bassa

TIPO DI PERMEABILITÀ
- P - Primaria
- S - Secondaria

Il tratto di alveo della Gora delle Ferriere oggetto del presente studio è ubicato nella sua totalità sui terreni a permeabilità primaria media.

7 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" è stata eseguita, dall'Impresa Gamma Geoservizi S.r.l. di Grosseto una indagine geognostica al fine di verificare la sequenza litostratigrafica e le caratteristiche idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dal progetto di adeguamento delle sezioni di deflusso del canale Gora delle Ferriere, nel territorio comunale di Massa Marittima (Provincia di Grosseto).

L'indagine e' stata eseguita mediante il seguente schema:

- Esecuzione di n. 11 sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati
- N° 8 prove Proctor
- N° 3 Prove di taglio diretto
- N° 8 permeabilità su campioni dopo costipamento Proctor
- N° 8 caratterizzazione fisica del campione (peso di volume, granulometria, ecc)
- N° 3 determinazione dei limiti di Atterberg
- N° 2 analisi chimiche di campioni prelevati da sondaggio
- Elaborazione delle stratigrafie
- Rilevazione della quota piezometrica nei fori di sondaggio
- Analisi dei dati e stesura della presente relazione.

La Direzione dei Lavori di campagna è stata effettuata dal Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti alla presenza del Tecnico dell'impresa Dr. Geologo Alessio Evangelisti.

7.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti dalla Ditta Gamma Geoservizi srl di Grosseto utilizzando una sonda idraulica a rotazione di costruzione HAMMER di tipo Hydra Joy 2 montata su cingoli le cui caratteristiche sono le seguenti:

Sottocarro	
Lunghezza	2200 mm
Larghezza	1300 mm
Pattini	250 mm
Rulli	4 + 4
Stabilizzatori	4

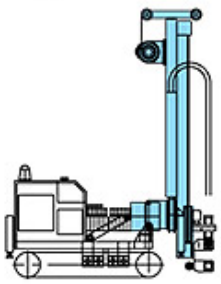
Motore diesel	
Potenza	60 HP
Insonorizzazione	80 db

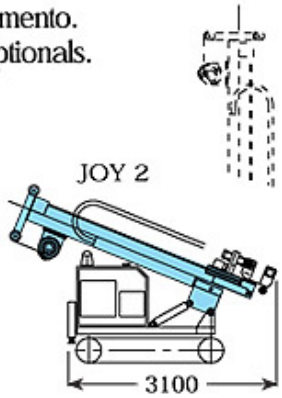
Slitta	
lunghezza (da... a...)	1250/3250 mm
Spinta	2500 Kg.
Tiro	2500 Kg.
Inclinazione sd-sx	25°
Controslitta	+ 500 mm
Morse doppie con svitatore	Ø i 250/Ø i 200

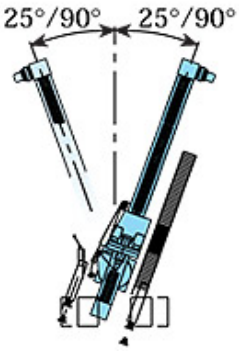
Rotazione	
Coppia min.max	variabile

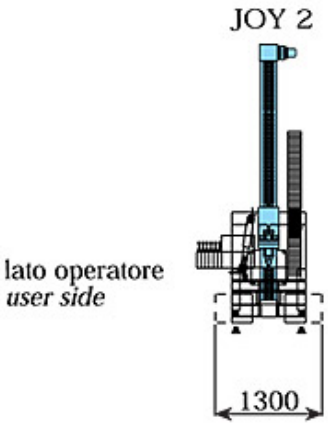
Peso	
Con allestimento minimo	2600 Kg.

* Variabile in funzione dell' allestimento.
Changeable in function of the optionals.









Le operazioni di carotaggio stratigrafico sono state condotte a secco, senza impiego di fluido di circolazione, con il tradizionale sistema a "carotaggio continuo", in accordo con gli standard previsti dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana). Sono state utilizzate aste di perforazione con filettatura tronco-conica di diametro 76 mm e carotieri semplici di diametro 101 mm e lunghezza 2.4 metri con corone in widia.
N° 2 degli 11 sondaggi sono stati effettuati inclinati di circa 25 – 30° al fine di investigare l'argine che sarà interessato dalle operazioni di ricalibratura.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, in taluni casi, è stato posto in opera un rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm a causa della franosità delle pareti dei fori.

Le carote estratte nel corso dei sondaggi sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in PVC munite di scomparti divisori e coperchio apribile. Sono state preparate n. 11 cassette attualmente depositate presso i magazzini dell'Impresa Gamma Geoservizi srl di Grosseto.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati dei campioni indisturbati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby spinti a pressione all'interno dello strato da sottoporre a prelievo.

I campioni prelevati sono stati poi inviati al laboratorio geotecnico che ha provveduto alla apertura delle fustelle ed alla esecuzione delle analisi e prove di laboratorio previste nel programma dei lavori.

7.2 - Frequenza delle prove geotecniche in situ

Sono stati eseguiti n. 11 sondaggi geognostici contraddistinti con le sigle S1, S2, S3,…….. S11, per complessivi ml 50.10 di perforazione a carotaggio continuo ad andamento verticale.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n. 9 campioni indisturbati.

Sono state predisposte N. 119 cassette catalogatrici, contenenti le carote rappresentative dei vari strati rinvenuti. Le cassette sono attualmente depositate presso i magazzini dell'Impresa Gamma Geoservice srl in Grosseto.

7.3 - Presentazione dei risultati

Nelle pagine seguenti vengono riportate le stratigrafie dei sondaggi geognostici eseguiti (la cui ubicazione è riportata in apposita planimetria allegata – Tav. 1).

Ogni sondaggio è corredato anche delle relative foto delle cassette catalogatrici con il materiale carotato e di foto della macchina operatrice sul posto.

SONDAGGIO n° 1

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	5,00	19,055		
Operatore		Note1		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN1	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1647354,635 ; 4758336,174

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fore	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		suolo	0.30									
1		sabbia limosa di colore marrone scuro										
2			2.55								1.95	
3		limo sabbioso di colore marrone	3.50									
4		argilla limosa organica di colore da marrone a grigio scuro				4.40 S						
5			5.00			5.00						
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

CAMPIONE N1 DA M.4.40 ÷ 5.00

SONDAGGIO n° 2

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	4,90	23,421		
Operatore		Note1		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN2	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1647370,047 ; 4758435,356

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizaz.	Cam. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		suolo	0.30									
1		sabbia limosa di colore marrone con passaggi di sabbie con ciottoli subarrotondati decimetrici	2.80									
3		limo con passaggi sabbiosi colore marrone	4.90			4.30 S 4.90					4.30	
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

CAMPIONE MT.4.30 ÷ 4.90

SONDAGGIO n° 3

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	5,00	23,764		
Operatore		**Note1**		**Inizio/Fine Esecuzione**
				17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	**Sondaggio**	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Coordinate X Y**
	SDN3	continuo a rotazione	Hydra Joy2	1647420,584 ; 4758492,092

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (nº Colpi)	Campioni	Diam. Foro	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizz.	Cass. Catalog.	Falde	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		sabbia limosa di colore marrone	1,20									
2		limo sabbioso di colore marrone rossiccio	3,00									
3		sabbia limosa con ghiaie	3,20									
		argilla limosa organiche da marroni a grigie	4,00									
4		argilla grigio-marrone compatta	5,00			4,50 S 5,00					4,85	
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, PB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

CAMPIONE N.1 MT.4,50 ÷ 5,00

SONDAGGIO n° 4

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	5,00	24,155		
Operatore		**Note1**		**Inizio/Fine Esecuzione**
				17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	**Sondaggio**	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Coordinate X Y**
	SDN4	continuo a rotazione	Hydra Joy2	1647465,493 ; 4758518,305

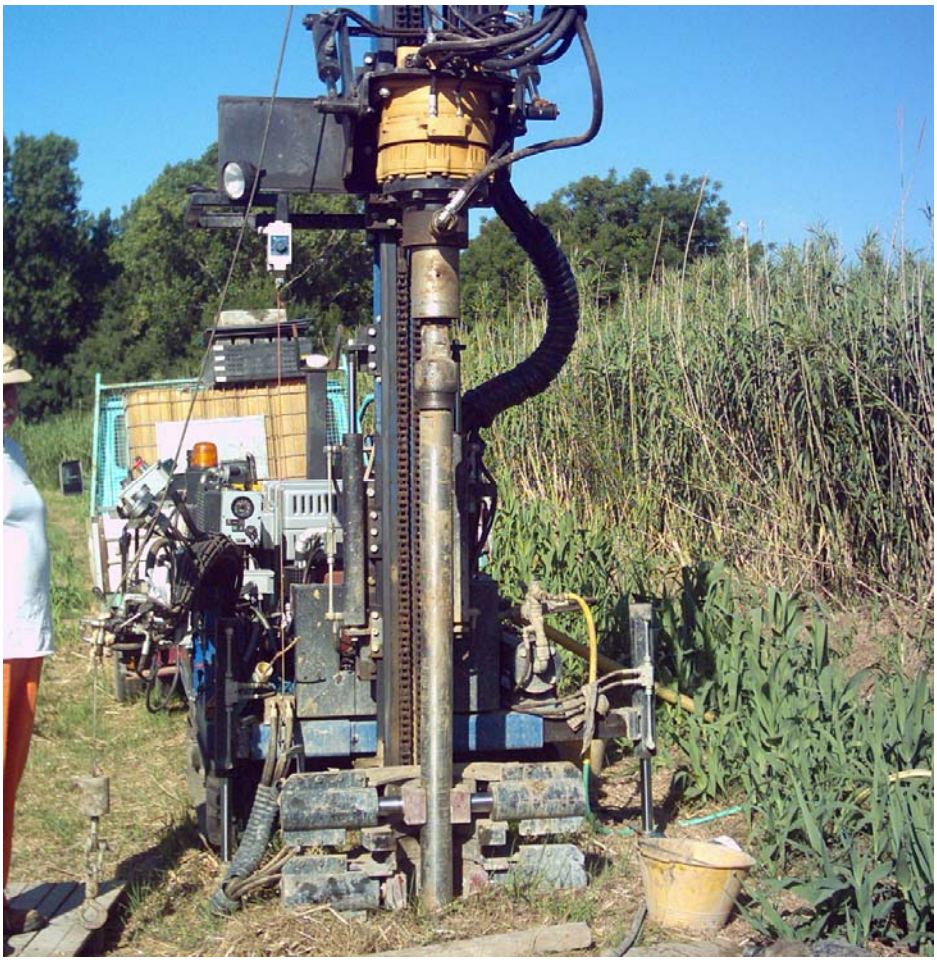
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (nº Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		suolo	0.20									
1		sabbia limosa con clasti angolari subangolari centimetrici di colore marrone										
2			2.50									
		argilla compatta di colore marrone con piccole intervalli di argille organiche										
3												
											3.73	
4						4.30 S 5.00						
5			5.00									
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

CAMPIONE 4.30 : 4.95



SONDAGGIO n° 5

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	2,40	24,374		
Operatore		Note1 foto 44, 45, 46		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN5	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1647561,658 ; 4758554,056

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falde	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		sabbia limosa di colore marrone	0,60									
		sabbia debolmente limosa con clasti millimetrici colore marrone chiaro	1,00									
1		sabbia limosa	1,50									
		limo sabbioso di colore marrone	2,00									
2		limo sabbioso di colore da marrone scuro a grigio scuro (sostanza organica)	2,40									
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

SONDAGGIO n° 6

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	5,00	24,773		
Operatore		Note1 foto 47, 52		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN6	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1647615,605 ; 4758582,574

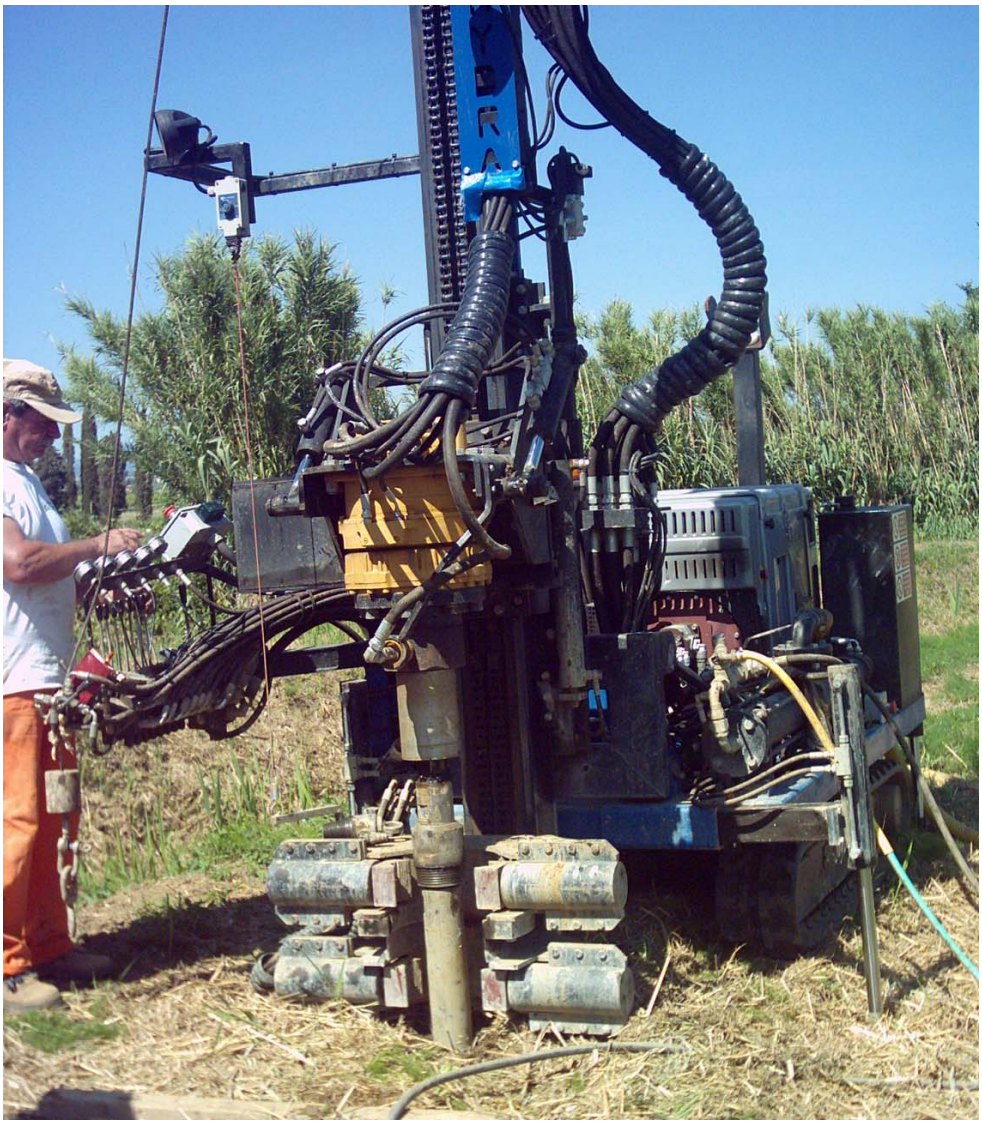
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		suolo	0.20									
1		sabbia limosa di colore marrone con presenza di clasti da mm a cm	1.80									
2		limo sabbioso di colore grigio con tracce di materia organica	3.60								2.70	
3												
4		argilla grigia	5.00			4.40 S 5.00						
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

LAMPIONE. 440 ÷ 500



SONDAGGIO n° 7

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

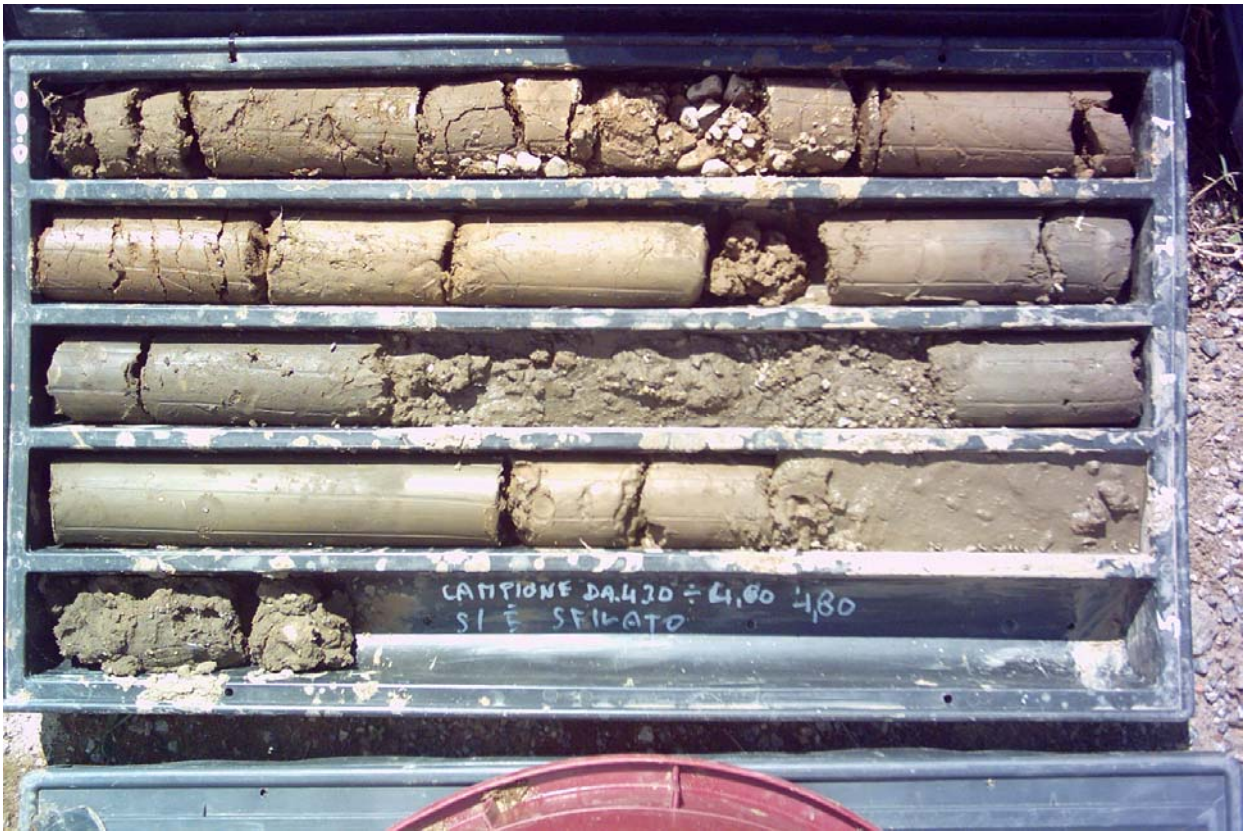
Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	4,80	25,276		
Operatore		Note1 foto 51, 53, 55		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN7	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1647735,175 ; 4758635,723

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fore	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizaz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		suolo	0.15									
		sabbia limosa di colore marrone con ghiaie	0.65									
1		sabbia limosa di colore marrone	1.20									
		limo sabbioso di colore marrone	1.80									
2		sabbie e limi grigi in proporzioni variabili con presenza di clasti da millimetrici a decimetrici	3.00								2.95	
3		argilla compatta grigio-marrone	3.45									
4		limo sabbioso da marrone a grigio	4.80			4.20 S 4.80						
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile


CAMPIONE DA 4,30 ÷ 4,60 4,80
SI È SFILATO

SONDAGGIO n° 8

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	4,00	25,255		
Operatore		Note1 foto 56, 58		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN8	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1647972,540 ; 4758709,753

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		sabbia limosa con clasti subangolari di colore marrone	1.00								1.06	
1		limo sabbioso di colore marrone	2.20									
2		argilla limosa di colore marrone	4.00			3.40 S 4.00						
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

PERSO CAMPIONE
CAMPIONE DA 340 ÷ 400

SONDAGGIO n° 9

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

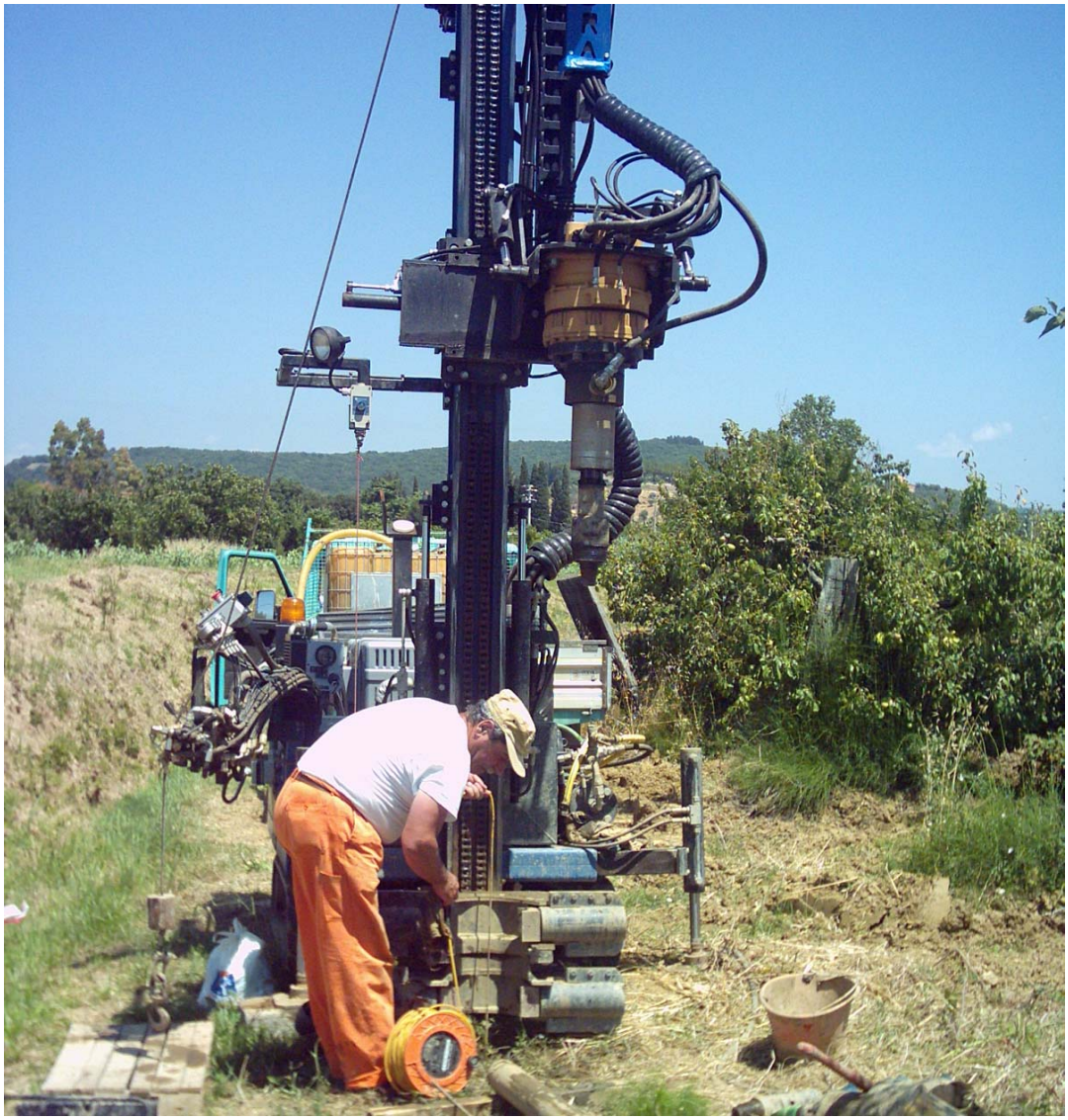
Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	4,00	26,620		
Operatore		Note1 foto 59, 61		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN9	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1648118,510 ; 4758779,988

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		suolo organico	0.20									
1		sabbia limosa con passaggi ciottolosi di colore marrone	1.30									
		limo sabbioso grigio marroni con inclusi rari ciottoli	1.70								1.70	
2		limi e sabbie di colore marrone con clasti da subangolari a subarrotondati	2.60									
3		argilla limosa da marroni a grigio scuro con presenza di sostanza organica	4.00									
4												
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda Hydra Joy2

Responsabile



SONDAGGIO n° 10

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	5.00	27,990		
Operatore		Note1 foto 62, 68		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN10	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1648234,300 ; 4758798,394

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (nº Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizaz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		sabbia limosa di colore marrone con rari clasti inclusi eterometrici									1.23	
2			2.50									
3		limo sabbioso compatti colore marrone scuro	3.20									
		argilla grigio scura con sostanza organica	4.00									
4		limo debolmente sabbioso con clasti subangolari grigio scuri	5.00			4.40 S 5.00						
5												
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

CAMPIONE DA MT. 1,40 ÷ 5,00

SONDAGGIO n° 11

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI

Gamma Geoservizi S.r.l.
Sede legale: Via Giusti n°124, 58100 Grosseto
Sede operativa: S.R. 74 Maremmana n°55, 58010 Albinia (Gr)
Tel./fax 0564/871025 e-mail: info@gamma-geoservizi.it
P.IVA 01368720536

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Consorzio bonifica Alta Maremma	5,00	29,147		
Operatore		Note1 foto 69		Inizio/Fine Esecuzione 17/06/09 - 22/06/09
Responsabile	Sondaggio SDN11	Tipo Carotaggio continuo a rotazione	Tipo Sonda Hydra Joy2	Coordinate X Y 1648360,000 ; 4758893,000

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (nº Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizz.	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		suolo	0.20									
1		sabbia limosa di colore da marrone scuro a marrone chiaro										
2											2.73	
3			3.10									
		argilla limosa con incluso un piccolo orizzonte sabbioso con clasti subangolari centimetrici di colore marrone e presenza di materia organica										
4						4.50 S 5.00						
5			5.00									
6												
7												
8												
9												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, PB-Fanghi Bentonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione

Sonda: Hydra Joy2

Responsabile

CAMPIONE
MT. 4.50 ÷ 5.00

I fori di sondaggio sono stati riempiti con bentonite e malta cementizia al fine di evitare eventuali fenomeni di sifonamento/filtrazione.

8. - ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

8.1 - Prove eseguite:

Al fine di verificare le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei terreni attraversati nel corso dei sondaggi e di produrre sezioni litostratigrafiche interpretative dei terreni attraversati, sono state eseguite, sui campioni di terreni granulari prelevati allo stato indisturbato o a disturbo limitato (Q.e-AGI), le seguenti prove ed analisi di laboratorio geotecnico:

- Determinazione del contenuto naturale in acqua (W in %);
- Determinazione del peso di volume (γ in g/cmc);
- Determinazione del peso specifico dei granuli (γ_s in g/cmc);
- Determinazione dell'indice dei vuoti (e), porosità (n in %) e del grado di saturazione (S in %);
- Prova di taglio diretto con Scatola di Casagrande;
- Limiti di Atterberg
- Prova edometrica
- Prova Proctor
- Analisi granulometrica per setacciatura e/o per via aerometrica.
- Prova di permeabilità su terreno dopo costipamento con Proctor

Il programma delle prove di laboratorio è stato definito sulla base delle indicazioni stratigrafiche con lo scopo di definire un'accurata descrizione delle caratteristiche dei materiali.

8.2. - Attrezzature e metodologie di prova:

Per l'esecuzione delle prove di classificazione (determinazione dei parametri fisici ed analisi granulometrica) sono state utilizzate attrezzature e metodologie corrispondenti alle norme americane ASTM.

Per le prove di taglio e' stata utilizzata la classica attrezzatura di CASAGRANDE con provini cilindrici di diametro 6 cm. Nel corso delle prove, eseguite a velocità di deformazione controllata, si e' provveduto al monitoraggio delle grandezze in gioco mediante trasduttori. I provini sono stati lasciati consolidare con una pressione efficace pari a quella imposta nel taglio, in un lasso di tempo conveniente, controllando il relativo cedimento nel tempo.

La velocità delle prove, tutte di tipo consolidato drenato (CD), è stata scelta di volta in volta in base alla composizione del materiale.

L'elaborazione delle prove è avvenuta con le classiche formule di sviluppo. In generale per ogni provino sono presentati, oltre ai dati del provino stesso (dimensioni, contenuto in acqua, peso di volume, ecc.), il diagramma dell'andamento dello stresspath sul piano τ/σ (resistenza al taglio / pressione verticale) ed i relativi risultati di φ (angolo di attrito interno in gradi) e di c (coesione consolidata drenata in Kg/cmq).

8.3. - Presentazione dei risultati:

Nelle pagine seguenti, preceduti da una tabella riassuntiva con tutti i risultati, sono riportati i certificati ed i grafici delle analisi e prove eseguite; di ciascun campione di terreno granulare analizzato vengono forniti, oltre ad un modulo riassuntivo, i risultati ed il grafico τ/σ delle prove di taglio e la curva granulometrica.

TABELLA RIASSUNTIVA RISULTATI ANALISI E PROVE DI LABORATORIO

Sondaggio	**S.1**	**S.2**	**S.3**	**S.6**	**S.7**	**S.8**	**S.10**	**S.111**
Prel. da m a m	**4,40** **5,00**	**3,50** **4,90**	**2,50** **3.50**	**3,00** **4,00**	**3,20** **4,50**	**2,50** **3,50**	**3,00** **4,40**	**2,50** **3,50**
W (%)	**55,96**	**31,20**	**16,03**	**28,07**	**15,57**	**8,01**	**17,80**	**20,43**
γ	**1,63**	**1,.79**	**1,826**	**1,909**	**1,90**	**1,935**	**1,669**	**2,084**
γ_S	**2,73**	**2,64**	**2,64**	**2,64**	**2,67**	**2,714**	**2,635**	**2,691**
Granulom.: Ghiaia (%) Sabbia (%) Limo (%)+ Argilla (%)	 **1,9** **25,6** **72,5**	 **13,2** **36,4** **50,4**	 **6,0** **25,6** **68,4**	 **20,3** **26,6** **46,9**	 **1,1** **6,3** **92,6**	 **6,7** **16,3** **77,0**	 **0,8** **7,7** **91,5**	 **0,9** **7,4** **91,7**
φ	**16,6°**	**32,1°**			**38,4°**			
c' (Kg/cmq)	**0,058**	**0,043**			**0,307**			
Lim. Att. LL (%) LP (%) IP IC			 **34,08** **20,98** **13,11** **1,38**	 **33,53** **22,23** **11,30** **0,48**			 **39,48** **21,67** **17,81** **1,22**	
Proctor		**max. 1,726** **opt. 18,4%**	**Max, 1.667** **Opt, 19.2%**	**Max, 1.664** **Opt, 20,2%**	**Max, 1.628** **Opt, 20.52%**	**Max, 1.760** **Opt, 17.52%**	**Max, 1.679** **Opt, 19.7%**	**Max, 1.704** **Opt, 20.6%**
K (dopo Proctor) m/s		**$2,98*10^{-9}$**	**$2,748*10^{-9}$**	**$7,36*10^{-10}$**	**$4,23*10^{-10}$**	**$1,54*10^{-9}$**	**$7,74*10^{-10}$**	**$3,84*10^{-10}$**
Analisi chimica			**si**				si	

LEGENDA

W = Contenuto naturale in acqua φ = angolo di attrito interno (C.D.)
γ = Peso di volume c = Coesione (C.D.)
γ_S = Peso specifico dei granuli
Limiti di Atterberg: LL = Limite liquido; LP= Limite Plastico; IP = Indice Plastico; IC= Indice di Consistenza
K = coefficiente di permeabilità dopo costipamento Proctor;
Prova Proctor: opt. = Densità umida ottimale; max = Densità secca ottimale;

Nell'allegato A sono riportati i certificati delle prove di laboratorio eseguite.

9. – SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE

Ai fini applicativi sono state eseguite diverse sezioni litostratigrafiche con indicazione della parametrizzazione dei terreni attraversati.

E' stata effettuata una sezione longitudinale lungo il corso della Gora delle Ferriere (Tav. 6); In rosso è evidenziato l'attuale fondo dell'alveo, mentre il giallo è evidenziato il fondo scavo di progetto finalizzato all'adeguamento delle sezioni di deflusso. Lo sbassamento dell'attuale alveo risulta al massimo di 1.7 m in prossimità della sezione 2 fino ad azzerarsi in prossimità della sezione 9.
I terreni rinvenuti durante le operazioni di carotaggio, rappresentativi di una facies alluvionale franca, sono stati parametrizzati tenendo conto delle caratteristiche litologiche osservate durante i campionamenti e delle caratteristiche fisico meccaniche determinate in laboratorio.

In sintesi la successione rinvenuta nello spessore investigato (max 5 m), caratterizzata da frequenti eteropie sia laterali che verticali, è la seguente:

1 – terreno agrario: spessori esigui di circa 20-30 cm rinvenuto in quasi tutti i sondaggi; non è stato parametrizzato in quanto ininfluente ai fini del presente lavoro.

2 – Sabbie limose marroni con clasti: costituisce il litotopo sommitale della serie investigata ed è stato rinvenuto in tutti i sondaggi ad eccezione dell'S3 e dell'S11. Lo spessore varia da un minimo di 0.4 m nell'S 5 ad un massimo di 2.5 nell'S10 e nell'S2

Caratteristiche:

G	= 2,6 t/m^3	
Proctor	γd = 1,7 gr/cm^3 con W = 18%	
K (dopo Proctor)	= 2,.9*10^{-7} cm/s	
Granulometria	Ghiaia	da 14 a 20%
	Sabbia	da 27 a 36%
	Limo+argilla	da 50 a 53%

3 – Sabbie limose marroni: Tale litotopo è stato rinvenuto nell'S1, S3, S5, S7 ed S11; lo spessore è variabile da un massimo di m 2.90 nell'S11 ad un minimo di 0.5 m nell'S5

Caratteristiche (simili a quelle del livello 4):

G	= 2,7 t/m^3	
φ	= 35°	
c	= 4 kPa	
γ	= 1.9 t/m^3	
Proctor	γd = 1,7 gr/cm^3 con W = 17%	
K (dopo Proctor)	= 1,5*10^{-7} cm/s	
Granulometria	Ghiaia	7%
	Sabbia	16%
	Limo+argilla	77%

4 – Limo sabbioso marrone: Tale litotopo è stato rinvenuto in tutti i sondaggi ad eccezione che nell'S4 e nell'S11; lo spessore è variabile da un massimo di m 2.00 nell'S2 ad un minimo di 0.6 m nell'S7

Caratteristiche:

G	= 2,7 t/m^3	
φ	= 35°	
c	= 4 kPa	
γ	= 1.9 t/m^3	
Proctor	γd = 1,7 gr/cm^3 con W = 17%	
K (dopo Proctor)	= 1,5*10^{-7} cm/s	
Granulometria	Ghiaia	7%
	Sabbia	16%
	Limo+argilla	77%

5 – Sabbia limosa con ghiaia: Tale litotopo è stato rinvenuto solo nell'S3 con spessore di circa 0.2 m

Caratteristiche:

G	= 2,6 t/m^3	
γ	= 1.83 t/m^3	
Proctor	γd = 1,6 gr/cm^3 con W = 19%	
K (dopo Proctor)	= 2,7*10^{-7} cm/s	
Granulometria	Ghiaia	6%
	Sabbia	18%
	Limo+argilla	76%

6 – Argille limose organiche: Tale litotopo è stato rinvenuto nell'S1 ed S3 (si ipotizza una correlazione anche al di sotto della quota raggiunta dall'S2) lo spessore è variabile da un massimo di m 1.50 nell'S1 ad un minimo di 0.8 m nell'S3

Caratteristiche:

G	= 2,7 t/m^3	
φ	= 19°	
c	= 5,77 kPa	
Granulometria	Ghiaia	2%
	Sabbia	26%
	Limo+argilla	72%

7 – Argille grigie e marroni: Tale litotopo è stato rinvenuto nell'S3, S4, S6 ed S7 con spessore minimo Di circa 0.4 m in S7 ad un massimo di 2.5 m in S4 (si ipotizza la sua continuità al di sotto dei sondaggi in cui è stato rinvenuto)

Caratteristiche:

G	= 2,7 t/m^3	
Proctor	γd = 1,6 gr/cm^3 con W = 20%	
K (dopo Proctor)	= 4,0*10^{-8} cm/s	
Granulometria	Ghiaia	2%
	Sabbia	5%
	Limo+argilla	93%

8 – Sabbie e limi grigi con clasti: Tale litotopo è stato rinvenuto solo nell'S7 con spessore di circa 1,0 m

Caratteristiche:

G	= 2,6 t/m^3	
γ	= 1.83 t/m^3	
Proctor	γd = 1,6 gr/cm^3 con W = 19%	
K (dopo Proctor)	= 2,7*10^{-7} cm/s	
Granulometria	Ghiaia	6%
	Sabbia	18%
	Limo+argilla	76%

9 – Argilla limosa marrone: Tale litotopo è stato rinvenuto nell'S8, S9, S10 ed S11 con spessore minimo Di 0.8 m in S10 ad un massimo di 1.9 nell'S11(Si ipotizza la continuità basale sotto i sondaggi in cui è stato rinvenuto

Caratteristiche:

G	= 2,6 t/m^3	
γ	= 1.7 t/m^3	
Proctor	γd = 1,7 gr/cm^3 con W = 20%	
K (dopo Proctor)	= 3,8*10^{-8} cm/s	
Granulometria	Ghiaia	da 0.8 a 0.9%
	Sabbia	da 7.0 a 8.0%
	Limo+argilla	91.2 a 91.6%

10– Limo sabbioso compatto marrone: Tale litotopo è stato rinvenuto nell'S10, con spessore di 0.7 m Non è stato parametrizzato in quanto interessato limitatamente dallo scavo.

Oltre alla sezione longitudinale di Tav. 6 sono state elaborate anche n° 9 sezioni litostratigrafiche trasversali (utilizzando le sezioni topografiche rilevate da Geostaff). Tali sezioni sono riportate nelle Tavv. 7°, 7b, 7c e 7d.

In tali sezioni oltre alla morfologia attuale dell'alveo (in rosso) è riportato anche il profillo di progetto (in giallo).

In base alle quote di progetto i litotopi interessati dallo scavo per l'adeguamento delle sezioni di deflusso sono, determinati sulla sezione longitudinale sono i seguenti:

1 -	Terreno vegetale		Spessore medio
		dalla progressiva 0 m alla progressiva 164 m	spessore 0.3 m
		dalla progressiva 220 m alla progressiva 296 m	spessore 0.2 m
		dalla progressiva 381 m alla progressiva 652 m	spessore 0.15 m
		dalla progressiva 958 m alla progressiva 1025 m	spessore 0.2 m
		dalla progressiva 1175 m alla progressiva 1124 m	spessore 0.2 m
2 –	Sabbia limosa marrone con clasti		
		dalla progressiva 31 m alla progressiva 164 m	spessore 1.6 m
		dalla progressiva 190 m alla progressiva 1190 m	spessore 1.4 m
3 –	Sabbia limosa marrone		
		dalla progressiva 110 m alla progressiva 230 m	spessore 1.0 m
		dalla progressiva 280 m alla progressiva 408 m	spessore 0.5 m
		dalla progressiva 483 m alla progressiva 640 m,	spessore 0.8 m
		dalla progressiva 1121 m alla progressiva 1240 m	spessore 2.0 m
4 –	Limo sabbioso marrone		
		dalla progressiva 90 m alla progressiva 230 m	spessore 1.1 m
		dalla progressiva 320 m alla progressiva 1025 m	spessore 1.2 m
5 –	Sabbia limosa con ghiaia		
		dalla progressiva 170 m alla progressiva 212 m	spessore 0.15 m
7 –	Argille grigie marroni		
		dalla progressiva 181 m alla progressiva 381 m	spessore 0.8 m
8 –	Sabbie e limi grigi con clasti		
		dalla progressiva 483 m alla progressiva 730 m	spessore 0.9 m
9 –	Argilla limosa marrone		
		dalla progressiva 900 m alla progressiva 1077 m	spessore 0.5 m
10 –	limo sabbioso compatto marrone		
		dalla progressiva 1010 m alla progressiva 1170 m	spessore 0.6 m

11. – CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

Il Comune di Massa Marittima è inserito in classe 3 di sismicità in base alla OPCM n° 3274/03 e successive modifiche ed integrazioni. tale classificazione è stata mantenuta anche nella Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 431 del 19 giugno 2006:
"Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ord. Pcm: 3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. dell'11.05.2006".

In base alle indagini geognostiche e prove SPT eseguite nell'ambito dello studio geologico tecnico di supporto alla realizzazione della vasca di laminazione in località Scopaione del Comune di Scarlino, che hanno interessato le stesse formazioni alluvionali, sono stati ottenuti valori di colpi inferiori a 15, per cui la categoria di suolo da assumere (cautelativa) a base di calcolo è la seguente:

D – depositi di terreno granulare da sciolto a poco addensato caratterizzato da Vs30 < 180 m/s e Nspt < 15.

In fase di progetto esecutivo, in relazione alla tipologia delle opere fondazionali (sfioratore), potranno essere eseguite indagini sismiche e/o prove penetrometriche dinamiche al fine di caratterizzare puntualmente il volume significativo del terreno interessato.

12. – VERIFICA PRELIMINARE DI STABILITA' DELL'ARGINE IN SCAVO

Per completezza di trattazione viene riportata di seguito la verifica di stabilità della scarpata dell'alveo in scavo (sez 9) in mezzo parzialmente saturo, considerando la geometria prevista ed i seguenti parametri fisico meccanici:

φ	= 35°
c	= 4 kPa
γ	= 1.9 t/m^3

Definizione
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità
La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.
Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:
(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).
Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci
La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a *n*, il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
(n-1) forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
(n-1) forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
n valori della coordinata *a* che individua il punto di applicazione delle E_i;
(n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i;
una incognita costituita dal fattore di sicurezza *F*.

Complessivamente le incognite sono *(6n-2)*.

mentre le equazioni a disposizione sono:
Equazioni di equilibrio dei momenti *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale *n*
Equazioni relative al criterio di rottura *n*
Totale numero di equazioni *4n*

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a *(n-2)* in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le *(n-2)* indeterminazioni.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia

(nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente

valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_o F$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o: Coefficiente sismico orizzontale

K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_o$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale Ko e verticale Kv che interessano tutte le masse vengono calcolatati come:

$$K_o = S \cdot (a_g/g) \quad K_v = 0.5 \cdot K_o$$

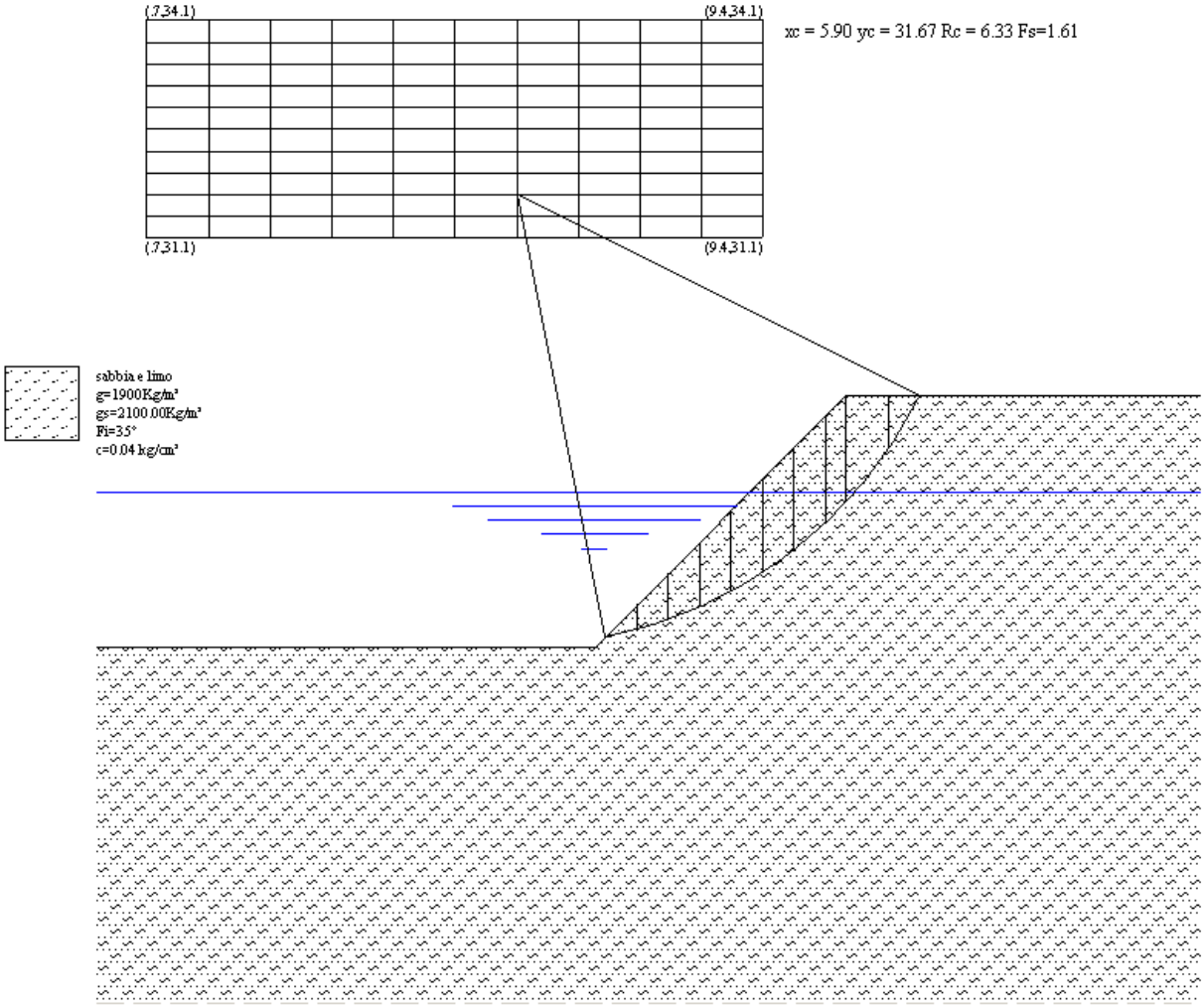
S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:

tipo A - S=1;
tipo B - S=1.25;
tipo C - S=1.25;
tipo E - S=1.25;
tipo D - S=1.35.

Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica S_T:

$S_T \geq 1{,}2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
$S_T \geq 1{,}4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media > 30°; $S_T \geq 1{,}2$ per siti dello stesso tipo ma pendenza media inferiore.

Ricerca della superficie di scorrimento critica
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.



Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

==========

Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.7 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	31.06 m
Ascissa vertice destro superiore xs	9.36 m
Ordinata vertice destro superiore ys	34.12 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	42.97
Longitudine:	10.82

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe IV
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.44	2.69	0.25
S.L.D.	101.0	0.52	2.72	0.26
S.L.V.	949.0	0.89	2.87	0.3
S.L.C.	1950.0	0.95	2.89	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.792	0.2	0.0162	0.0081
S.L.D.	0.936	0.2	0.0191	0.0095
S.L.V.	1.602	0.2	0.0327	0.0163
S.L.C.	1.71	0.2	0.0349	0.0174

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.016
Coefficiente azione sismica verticale 0.008

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	25.32
2	7.0	25.32
3	10.52	28.84
4	15.52	28.84

Falda

Nr.	X m	y m
1	0.0	27.5
2	7.0	27.5
3	10.52	27.5
4	15.52	27.5

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0.04	35	1900	2100.00	0.00		sabbia e limo

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato 1.61
Ascissa centro superficie 5.9 m
Ordinata centro superficie 31.67 m
Raggio superficie 6.33 m

==========

Analisi dei conci. Superficie...xc = 5.896 yc = 31.674 Rc = 6.334 Fs=1.6127

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.44	13.4	0.45	83.78	1.34	0.67	0.04	35.0	0.0	48.0	164.6
2	0.44	17.6	0.46	239.03	3.82	1.91	0.04	35.0	0.0	177.8	241.7
3	0.44	21.8	0.48	376.97	6.03	3.02	0.04	35.0	0.0	289.1	314.6
4	0.44	26.2	0.49	496.15	7.94	3.97	0.04	35.0	0.0	382.8	385.3
5	0.44	30.7	0.51	594.56	9.51	4.76	0.04	35.0	0.0	458.8	455.8
6	0.44	35.5	0.54	1242.99	19.89	9.94	0.04	35.0	0.0	1029.3	856.9
7	0.44	40.6	0.58	1293.34	20.69	10.35	0.04	35.0	0.0	1075.2	965.5
8	0.28	45.1	0.4	826.96	13.23	6.62	0.04	35.0	0.0	690.6	678.4
9	0.6	51.2	0.96	1311.6	20.99	10.49	0.04	35.0	0.0	1055.6	1332.0
10	0.44	59.5	0.87	339.24	5.43	2.71	0.04	35.0	0.0	121.6	634.4

Il coefficiente minimo di sicurezza in condizioni di mezzo saturo e accelerazioni sismiche afferenti la zona in esame , risulta di 1.6 (maggiore di 1.3).

In fase di progetto esecutivo potranno essere effettuate verifiche di stabilità sugli argini in rilevato in funzione della loro precisa geometria e delle caratteristiche fisico meccaniche della terra utilizzata dopo costipamento.
Tali parametrizzazioni potranno essere desunte anche mediante prove penetrometriche statiche sul corpo del rilevato.

13. – ANALISI CHIMICHE DEI TERRENI

Durante le operazioni di carotaggio sono stati prelevati n° 2 campioni di terreno per essere sottoposti ad analisi chimica.
I campioni sono stati prelevati dall'S3 (prof. da m 2 a m 2.5) e dall'S 9 (prof. da m 2.3 a m 2.6).
I rispettivi certificati di analisi sono riportati nelle pagine seguenti oltre che nell'allegato A.

I risultati delle analisi chimiche mostrano, per entrambi i campioni analizzati (VA183 e VA188), esiti favorevoli (con valori sempre al di sotto dei limiti della colonna A della tabella allegata al DM 471/99) per i seguenti composti:

Cadmio, Cromo Totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Idrocarburi Leggeri C<12 e Idrocarburi Pesanti C>12.

In entrambi i campioni, risulta invece più elevato il contenuto di Arsenico: 43.2 mg/Kg s.s nel campione VA183 e 29.3 mg/Kg s.s nel campione VA188, rispetto ai limiti imposti dalla colonna A, ma comunque al di sotto dei limiti della colonna B.

Quanto rilevato non consente di poter riutilizzare il materiale di scavo in siti " Ad uso verde pubblico, privato e residenziale", ma solo in siti " Ad uso Commerciale e Industriale" come indicato nelle tabelle del DM 471/99.

Per Pangeo Snc

Dott. Geol. Lorenzo Radi

ISVEA

Istituto per lo Sviluppo Viticolo Enologico ed Agroindustriale - Dr. C. Iozzi

RAPPORTO DI PROVA n° 0927563 del 18/08/2009

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto alla prova. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto solo per intero. La riproduzione parziale deve essere autorizzata con approvazione scritta da Isvea S.r.l.

Ove non richiesto da specifica normativa, i campioni non si conservano per tempi superiori a quelli necessari per completare le analisi. In ogni caso, dopo l'esecuzione dell'analisi, se non espressamente richiesto, i campioni non vengono nè restituiti nè resi disponibili in alcun modo.

Campione	0927563	Data di ricevimento	29/07/2009	Pagina	1 di 1

Committente
PANGEO S.N.C. di Campatelli Leonardo e C.
VIA SANGALLO, 110/A
53036 POGGIBONSI SI

Matrice: Terreno — Campionamento effettuato da: cliente
Identificazione: VA183 09 TERRENO SIGLA IA07/09

Descrizione Analisi	*Metodo*	*U.M.*	*Risultato*	*Rilevabilità*	*Limiti m=min. M=Max*	*Data inizio*	*Data fine*	*Note*
Arsenico	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**43.2**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Cadmio	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.3**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Cromo Totale	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**15.0**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Mercurio Totale	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.8**	0,05		29/07/09	17/08/09	
Nichel	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**58.3**	0.25		29/07/09	17/08/09	
Piombo	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**41.4**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Rame	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**62.5**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Zinco	*XI. 2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**73.7**	5		29/07/09	17/08/09	
Idrocarburi Leggeri C<12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	
Idrocarburi Pesanti C>12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	

Note: N.R.: Non rilevabile sperimentalmente

Poggibonsi li, 18/08/2009

Questo Rapporto di Prova rappresenta la copia conforme di file firmato elettronicamente, ai sensi di legge.
Il file, oltre ad essere inviato al committente, è conservato negli archivi informatici di Isvea s.r.l. per almeno 10 anni.
Il committente può richiedere il file in qualsiasi momento durante tutto il periodo di conservazione.

FINE RAPPORTO DI PROVA

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Alessandro Cavaglioni
Ordine dei Chimici della Toscana n° 1494

Istituto per lo Sviluppo Viticolo Enologico
ed Agroindustriale - Dr. C. Iozzi

RAPPORTO DI PROVA n° 0927564 del 18/08/2009

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto alla prova. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto solo per intero. La riproduzione parziale deve essere autorizzata con approvazione scritta da Isvea S.r.l.

Ove non richiesto da specifica normativa, i campioni non si conservano per tempi superiori a quelli necessari per completare le analisi. In ogni caso, dopo l'esecuzione dell'analisi, se non espressamente richiesto, i campioni non vengono nè restituiti nè resi disponibili in alcun modo.

Campione	0927564	Data di ricevimento	29/07/2009	Pagina	1 di 1

Committente
PANGEO S.N.C. di Campatelli Leonardo e C.
VIA SANGALLO, 110/A
53036 POGGIBONSI SI

Matrice Terreno Campionamento effettuato da: cliente
Identificazione VA188/09 TERRENO SIGLA IA08/09

Descrizione Analisi	*Metodo*	*U.M.*	*Risultato*	*Rilevabilità*	*Limiti m=min. M=Max*	*Data inizio*	*Data fine*	*Note*
Arsenico	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**29.3**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Cadmio	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.2**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Cromo Totale	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**20.0**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Mercurio Totale	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.6**	0,05		29/07/09	17/08/09	
Nichel	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**49.4**	0.25		29/07/09	17/08/09	
Piombo	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**28.7**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Rame	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**48.1**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Zinco	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**51.2**	5		29/07/09	17/08/09	
Idrocarburi Leggeri C<12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	
Idrocarburi Pesanti C>12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	

Note: N.R.: Non rilevabile sperimentalmente

Poggibonsi li, 18/08/2009

Questo Rapporto di Prova rappresenta la copia conforme di file firmato elettronicamente, ai sensi di legge.
Il file, oltre ad essere inviato al committente, è conservato negli archivi informatici di Isvea s.r.l. per almeno 10 anni.
Il committente può richiedere il file in qualsiasi momento durante tutto il periodo di conservazione.

FINE RAPPORTO DI PROVA

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Alessandro Cavaglioni
Ordine dei Chimici della Toscana n° 1494

14 - CONCLUSIONI

Le indagini di campagna sono state svolte secondo il programma dei lavori concordato fra la D.L. e la Committenza.

I sondaggi effettuati hanno evidenziato una discreta variabilità nella geometria deposizionale dei tipi litologici sia in senso orizzontale che verticale.

I terreni investigati appartengono ad una serie alluvionale franca con frequenti eteropie di facies.

Le prove di permeabilità, dopo prova Proctor, hanno evidenziato dei valori dell'ordine di 10^{-7} cm/s e quindi scarsa permeabilità ciò a favore della tenuta arginale.

Le granulometrie eseguite hanno evidenziato una discreta componente argillo limosa associata ad una composizione sabbiosa scarsa con frazione ghiaiosa per lo più trascurabile.

La verifica di stabilità della scarpata di progetto in scavo ha fornito valori del coefficiente di sicurezza superiori ad 1.3 e quindi in condizioni di sicurezza.

Le analisi chimiche eseguite sui campioni di terreno hanno evidenziato la possibilità del suo utilizzo nell'ambito delle applicazioni di cui alla Tab. B della ex 471/99.

In funzione di quelle che potranno essere le indicazioni progettuali si potranno utilizzare i dati acquisiti (e quelli eventualmente integrati) al fine di effettuare specifiche verifiche (H critica degli scavi temporanei, stabilità dei rilevati, completa o parziale riutilizzazione del terreno in esubero per la realizzazione dell'argine della cassa di laminazione in località Scopaione).

Ottobre 2009

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0378/09
AL N.
0379/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/08/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0180/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S1 *Campione:* C1 *Profondità (m):* 4.40-5.00

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 4 *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

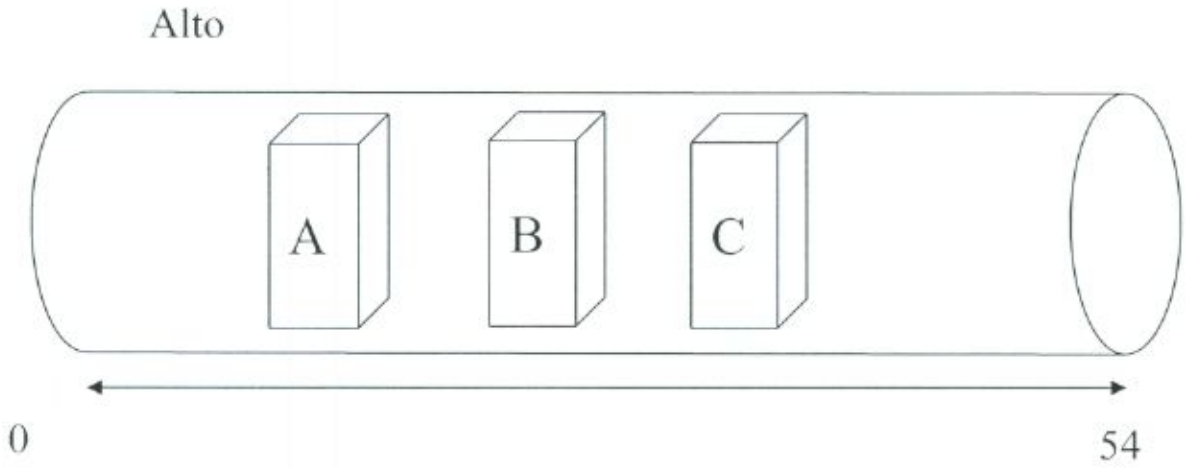
Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna: 21/07/2009 *Data apertura:* 29/07/2009
V.Acc. N. 0180/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S1 *Campione:* C1
Prof. (m): 4.40-5.00
Modalità di campionatura: Camp.Shelby
Qualità del campione: Q5

A	*Provino per:*	Taglio diretto
B	*Provino per:*	Taglio diretto
C	*Provino per:*	Taglio diretto

Descrizione visuale:
Limo con sabbia debolmente argilloso nerastro
(Rif. Munsell 5Y3/1 Very Dark Gray)
abbondante presenza di materia organica e resti di radici
granulare in basso

Prove richieste:
Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica
Taglio diretto Casagrande



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 29/07/2009
Denominazione co. S1
Campione C1
Profondità (m) 4.40-5.00
V.Acc. N. 0180/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo con sabbia debolmente argilloso nerastro (Rif. Munsell 5Y3/1 Very Dark Gray)

Data inizio prova: 05/08/2009
Data fine prova: 05/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.732

Mg/m^3

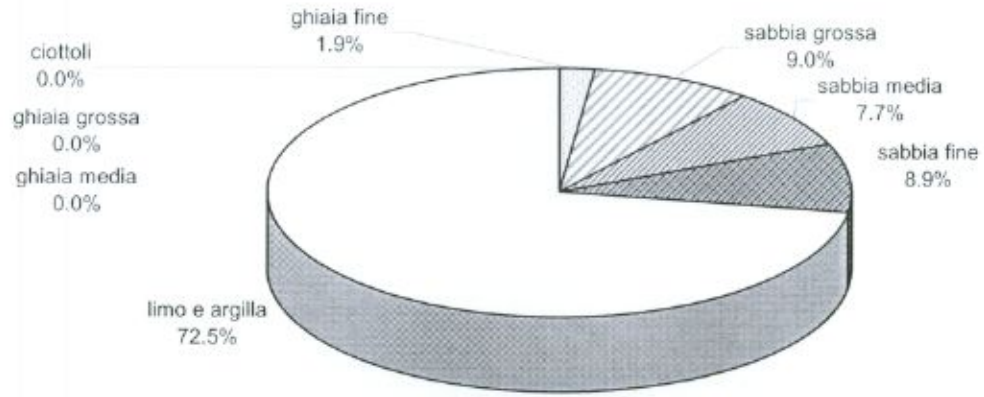
Certificato Ufficiale n° **0378/09 pag. 1 di 1** Data Certificato **10/08/09**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

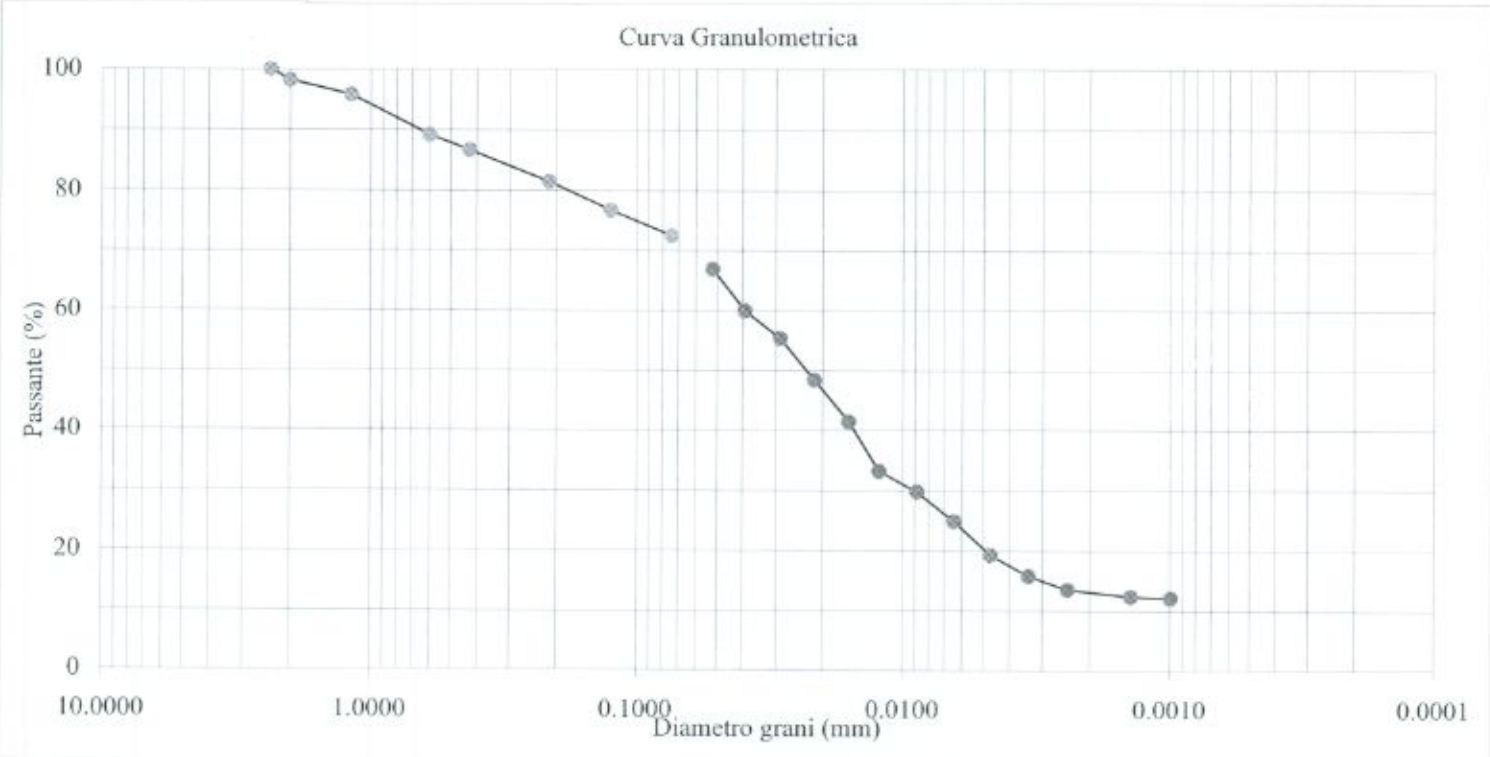
PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 29/07/2009
V.Acc. N. 0180/09
del 21/07/2009



Sondaggio S1
Campione C1
Profondità (m) 4.40-5.00

Descrizione:
Limo con sabbia debolmente argilloso nerastro
(Rif. Munsell 5Y3/1 Very Dark Gray)

Data inizio prova 30/07/2009
Data fine prova 04/08/2009

Certificato Ufficiale N° 0379/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/08/2009**

Lo Sperimentatore

Il Responsabile del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S1

Campione C1
Profondità (m) 4.40-5.00

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 29/07/2009

V.Acc. N. 0180/09
del 21/07/09

Descrizione:
Limo con sabbia debolmente argilloso nerastro
(Rif. Munsell 5Y3/1 Very Dark Gray)

Data inizio prova: 30/07/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	0.000	100.000	50	0.3	13.30333	86.69667
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	0.000	100.000	60	0.25	13.30333	86.69667
2	50	0.000	100.000	6	3.35	0.000	100.000	70	0.212	18.59333	81.40667
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	0.000	100.000	80	0.18	18.59333	81.40667
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	1.870	98.130	100	0.15	18.59333	81.40667
1	25	0.000	100.000	12	1.7	1.870	98.130	120	0.125	23.32667	76.67333
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	4.253	95.747	140	0.106	23.32667	76.67333
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	4.253	95.747	200	0.074	27.53	72.47
5/8	16	0.000	100.000	30	0.6	10.847	89.153				
1/2	12.5	0.000	100.000	35	0.5	10.847	89.153				
3/8	9.5	0.000	100.000	40	0.425	13.303	86.697				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.051822	92.297314	66.888	0.00338	21.79046	15.7915	0.00000			0.00000		
0.039151	82.682743	59.920	0.00242	18.58561	13.4690	0.00000			0.00000		
0.028805	76.273030	55.275	0.00140	16.98318	12.3077	0.00000			0.00000		
0.021503	66.658459	48.307	0.00099	16.66269	12.0755	0.00000			0.00000		
0.015967	57.043888	41.340	0.00000			0.00000			0.00000		
0.012278	45.826889	33.211	0.00000			0.00000			0.00000		
0.008863	41.019604	29.727	0.00000			0.00000			0.00000		
0.006441	34.289405	24.850	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004692	26.597748	19.275	0.00000			0.00000			0.00000		

Certificato Ufficiale N° 0379/09 pag.1 di 2 **Data Certificato 10/08/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO

PANGEO s.n.c. di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI
Tel 0577983450 - Fax 0577997537 - www. pangeo.it
C.F. P. IVA e Reg. Imprese CCIAA SI 0087076 052 7 - REA SI 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993

Prova di Taglio Diretto (ASTM D3080)

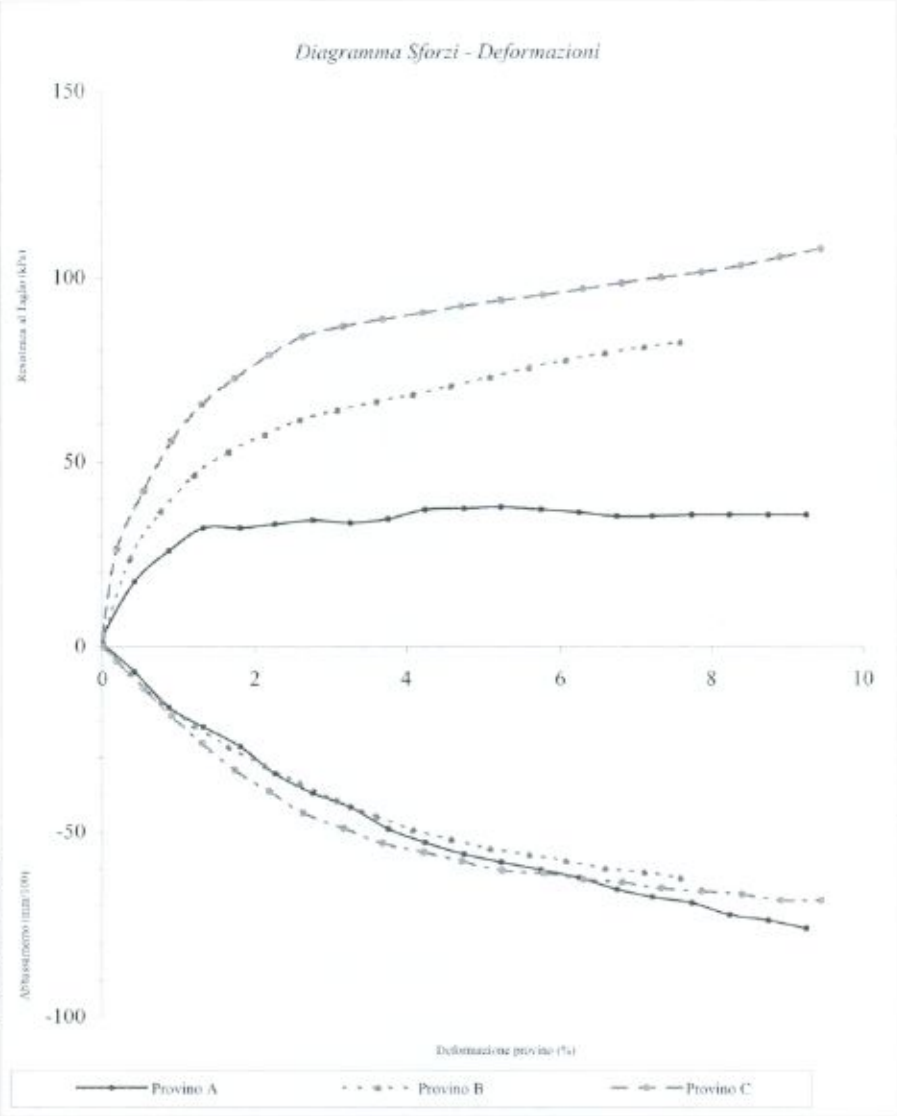
Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 29/07/2009
Verb. Acc. N. 0180/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S1 *Campione:* C1
Prof: (m) 4.40-5.00

Descrizione Limo con sabbia debolmente argilloso nerastro (Rif. Munsell 5Y3/1 Very Dark Gray)

Data inizio prova 29/07/09
Data fine prova 30/07/09

Velocità di deform. media : *(mm/min)* 0.002
Dimensione dei provini : *(mm)* *60*60*
Umidità media del campione: 55.96%

Provino			A	B	C
Umidità naturale	W in.	Iniziale	52.72%	53.98%	58.71%
Umidità naturale	W fin.	finale	45.39%	42.41%	38.45%
Massa volumica apparente		ρ (Mg/m³)	1.65	1.63	1.62
Massa volumica apparente secca		ρd (Mg/m³)	1.08	1.06	1.02



Certificato Ufficiale n° 0380/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 10/08/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

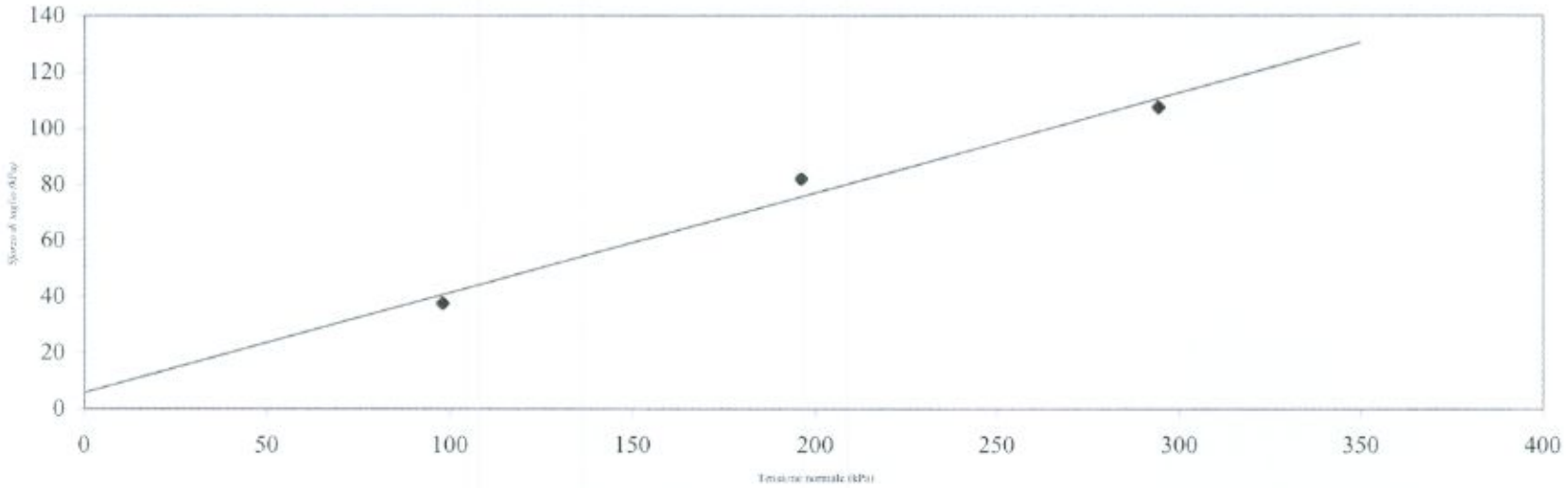
Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.			
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere	Massa volumica apparente media	ρ (Mg/m^3)	1.63
Sondaggio:	S1	Massa volumica apparente secca media	ρd (Mg/m^3)	1.05
Campione:	C1	Umidità media del campione (%)		55.96%
Prof: (m)	4.40-5.00			

Provino		A	B	C
Tensione verticale σv (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di picco	Sforzo di taglio max. τf (kPa)	37.59	81.93	107.49
	Deformazione provino (%)	5.228	7.588	9.438
	Abbassamento (mm)	-0.581	-0.624	-0.685

Attrito Interno ϕ'	19.6°
Coesione c' (kPa)	5.769

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



N. 0388

PANGEO	VERBALE DI ACCETTAZIONE	PS 75-01/VA Rev. 02 Data: 25/06/03

N. COMMESSA 59/09

VERBALE DI ACCETTAZIONE N. 180/09 Del: 21.07.09

Il richiedente: Dott. Geol. Gabriele Canzonetti in qualità di: D.L.

Con lettera di richiesta prove Protocollo n. 59/09

consegna / invia al laboratorio Pangeo il campione sottoindicato:

Committente: GammaGeo Servizi

Cantiere di prelievo: Massa Marittima (GR) Gora delle Ferriere

Data di consegna: 21.07.09

Sigla	Profondità	Descrizione
S1 C1	4.40-5.00	Campione Shelby

Intestazione Certificato: GammaGeo Servizi

N. Copie Conformi: 1

Prelievo del campione a cura di:

- [ ] PANGEO
- [ ] Nostro incaricato
- [x] Il richiedente/altro incaricato

Firma

- [ ] CAMPIONE NON ACCETTATO

Motivazione:

Timbro e Firma

- [x] CAMPIONE ACCETTATO

Timbro e Firma

PANGEO

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0381/09
AL N.
0384/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/09/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0181/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S2 *Campione:* - *Profondità (m):* 1.00-4.30

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 5 *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009 *Data apertura:* 24/07/2009
V.Acc. N. 0181/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S2 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.30
Modalità di campionatura: Camp.Sciolto
Qualità del campione: Q2

Descrizione visuale:
Limo con sabbia debolmente ghiaiosa debolmente argillosa marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Prove richieste:
Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica
Prova di costipamento proctor
Determinazione del coefficiente di permeabilità

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 24/07/2009
Denominazione co S2
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.30
V.Acc. N. 0181/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo con sabbia debolmente ghiaiosa debolmente argillosa marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 23/07/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.642
Mg/m^3

Certificato Ufficiale n° **0381/09 pag. 1 di 1** Data Certificato **10/09/09**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S2

Campione -
Profondità (m) 1.00-4.30

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 24/07/2009

V.Acc. N. 0181/09
del 21/07/09

Descrizione:

Limo con sabbia debolmente ghiaiosa debolmente argillosa marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 27/07/2009
Data fine prova: 29/07/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	4.040	95.960	50	0.3	31.714	68.286
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	4.040	95.960	60	0.25	31.714	68.286
2	50	0.000	100.000	6	3.35	4.040	95.960	70	0.212	38.146	61.854
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	4.040	95.960	80	0.18	38.146	61.854
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	13.248	86.752	100	0.15	38.146	61.854
1	25	0.000	100.000	12	1.7	13.248	86.752	120	0.125	44.734	55.266
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	19.314	80.686	140	0.106	44.734	55.266
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	19.314	80.686	200	0.074	49.65	50.35
5/8	16	0.000	100.000	30	0.6	27.808	72.192				
1/2	12.5	0.616	99.384	35	0.5	27.808	72.192				
3/8	9.5	1.776	98.224	40	0.425	31.714	68.286				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.052381	93.272190	46.963	0.00344	24.20785	12.1887	0.00000			0.00000		
0.039265	85.241453	42.919	0.00246	20.99556	10.5713	0.00000			0.00000		
0.029829	73.998422	37.258	0.00143	18.74695	9.4391	0.00000			0.00000		
0.022267	64.361538	32.406	0.00102	17.78326	8.9539	0.00000			0.00000		
0.016405	56.330801	28.363	0.00000			0.00000			0.00000		
0.012444	48.300064	24.319	0.00000			0.00000			0.00000		
0.009053	41.875474	21.084	0.00000			0.00000			0.00000		
0.006576	35.450885	17.850	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004740	30.632443	15.423	0.00000			0.00000			0.00000		

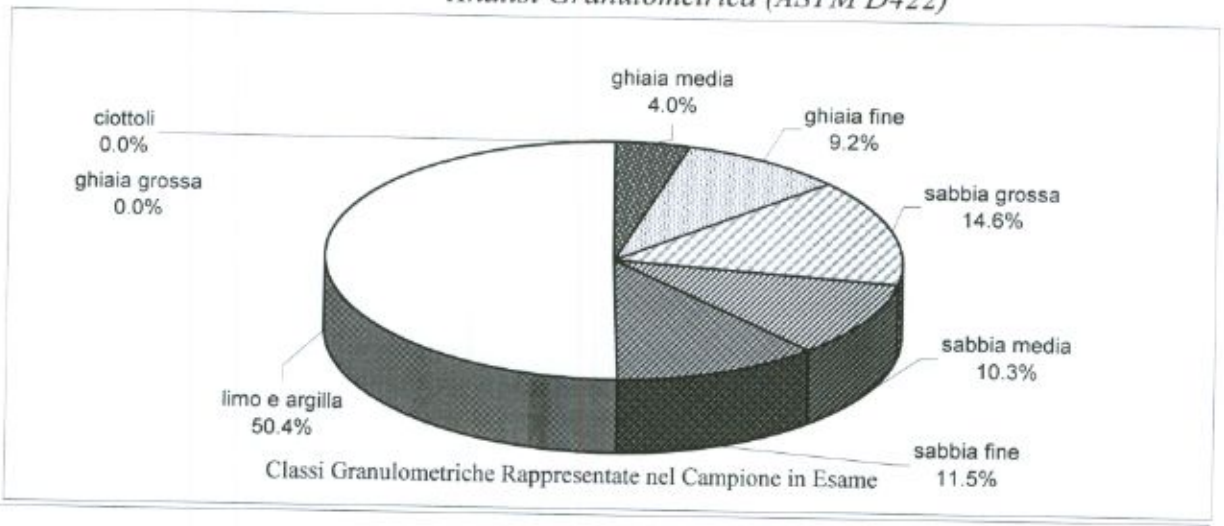
Certificato Ufficiale N° 0382/09 pag.1 di 2 **Data Certificato 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

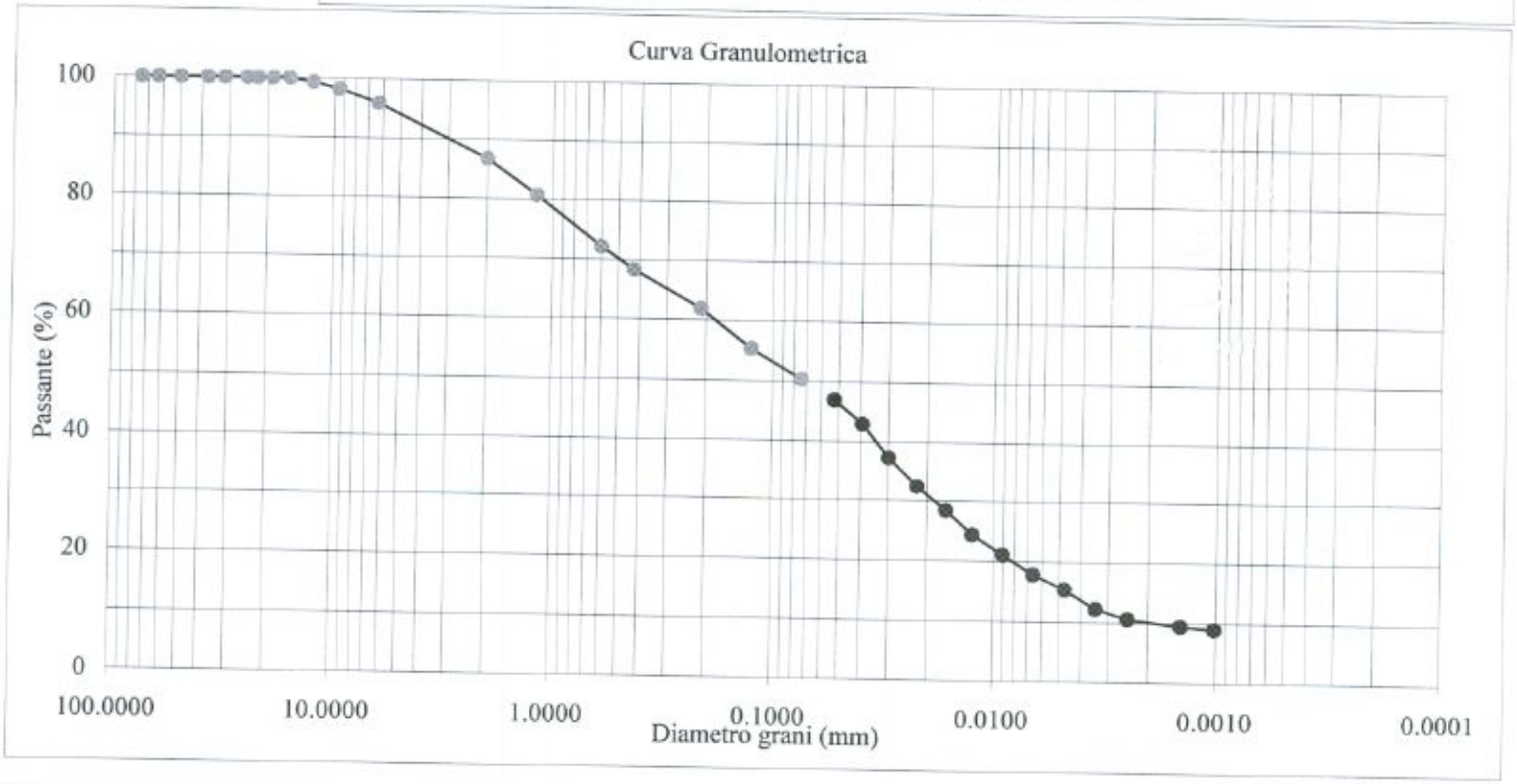
Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 24/07/2009
V.Acc. N. 0181/09
del 21/07/2009



Sondaggio S2
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.30

Descrizione:
Limo con sabbia debolmente ghiaiosa debolmente argillosa marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova 27/07/2009
Data fine prova 29/07/2009

Certificato Ufficiale N° 0382/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del coefficiente di permeabilità diretta
(mediante Permeametro a carico variabile)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione 21/07/09
Data apertura campione 24/07/09
Sondaggio S2
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.30
V.Acc. N. 0181/09
del 21/07/09

Descrizione: Limo con sabbia debolmente ghiaiosa debolmente argillosa marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

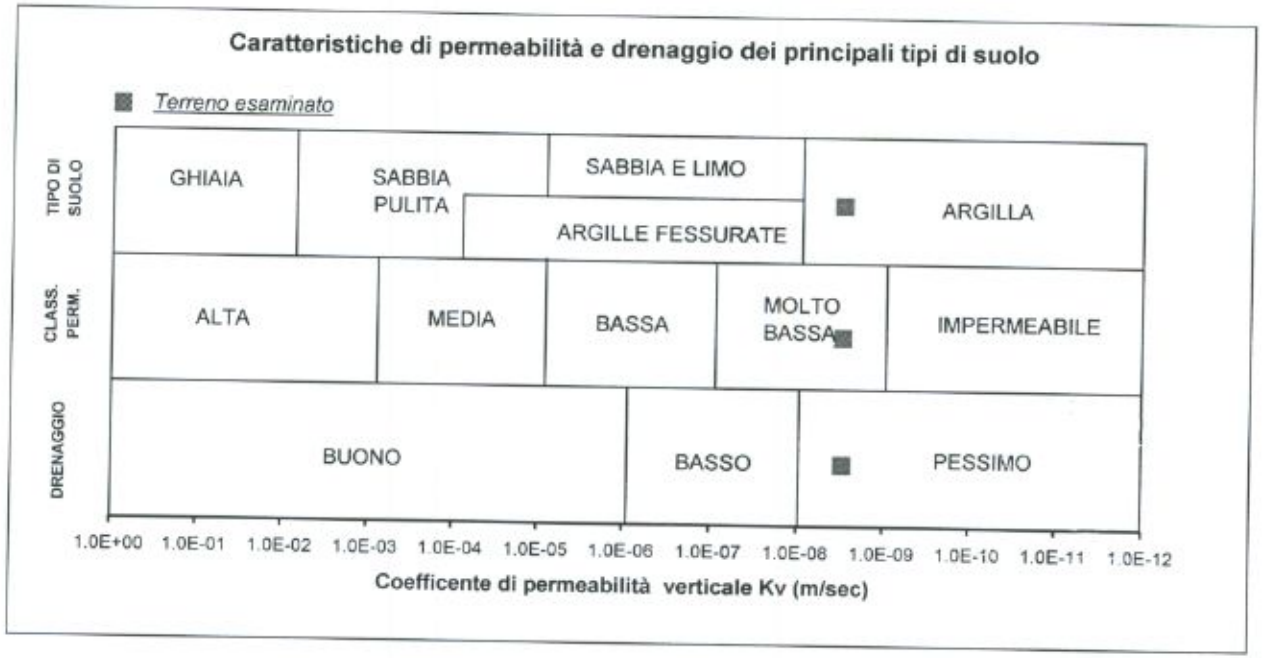
Data inizio prova 05/08/09
Data fine prova 10/08/09

Grandezze di Stato:

W (%) 18.40%
ρ (Mg/m³) 2.21
ρd (Mg/m³) 1.73

Osservazioni:
Unità di misura alternative

2.98E-07 cm/sec
2.98E-06 mm/sec
1.79E-04 mm/min
0.01071 mm/h
93.840 mm/anno



Coefficiente di permeabilità diretta "K"
(m/sec)

2.98E-09

Certificato n° 0383/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato 10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Costipamento Proctor (A.A.S.H.T.O.)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

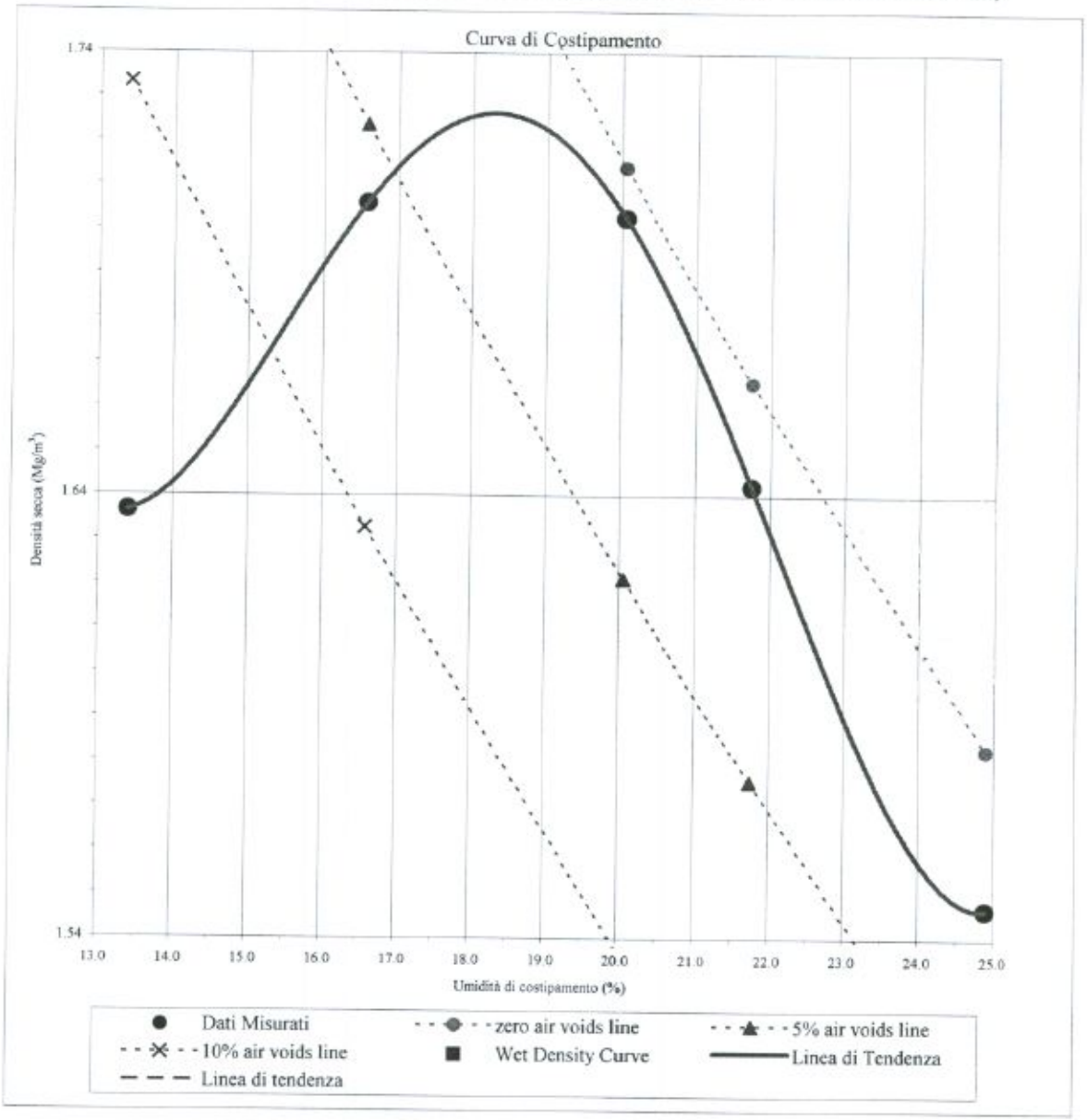
Data inizio prova: 24/07/2009
Data fine prova: 28/07/2009
Sondaggio: S2 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.30
Verbale d'accettazione N. 0181/09
del: 21/07/2009
Descrizione:
Limo con sabbia debolmente ghiaiosa debolmente argillosa marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Proprietà indici allo stato naturale:
W(%) 21.784

Metodo di Costipamento:
Standard

Optimum Proctor

Umidità W(%)	18.4
Dens. Secca max. ρd (Mg/m³)	1.726



Certificato Ufficiale N° 0384/09 pag. 1 di 1
Data Certificato 10/09/2009

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0386/09
AL N.
0392/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/09/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0183/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S3 *Campione:* - *Profondità (m):* 1.00-4.50

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 9 *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009 *Data apertura:* 24/07/2009
V.Acc. N. 0183/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S3 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.50
Modalità di campionatura: Camp.Sciolto
Qualità del campione: Q2

Descrizione visuale:
Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Prove richieste:
Determinazione del contenuto d'acqua
Determinazione della massa volumica apparente
Determinazione della massa volumica apparente secca
Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica
Limiti di liquidità e plasticità
Prova di costipamento proctor
Determinazione del coefficiente di permeabilità

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- e-mail pangeo@cybermarket.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del contenuto di acqua *(ASTM D 2216)*

Committente	Gamma Geoservizi s.r.l.		
Cantiere	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere		
Data consegna campione	21/07/2009		
Data apertura campione	27/07/2009		
V.Acc. N.	0183/09	*del*	21/07/09
Sondaggio	S3	*Campione:*	-
Profondità (m)	1.00-4.50		

Descrizione Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova	27/07/2009
Data fine prova	28/07/2009

Contenuto di acqua
16.03%

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della densità secca mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	27/07/2009
V.Acc. N.	0183/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S3
Campione:	-
Prof. (m):	1.00-4.30
Descrizione:	Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)
Data inizio prova:	27/07/2009
Data fine prova:	28/07/2009

Massa Volumica apparente secca

1.619

(Mg/m^3)

Rapporto prova N°: 0025/09 pag. 1 di 1 Data 10/09/2009

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica allo stato naturale mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	27/07/2009
V.Acc. N.	0183/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S3
Prof. (m):	1.00-4.50
Campione:	-
Descrizione:	Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)
Data inizio prova:	27/07/2009
Data fine prova:	27/07/2009

Massa Volumica allo stato naturale

1.826

(Mg/m^3)

Certificato Ufficiale N°: 0387/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Costipamento Proctor (A.A.S.H.T.O.)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

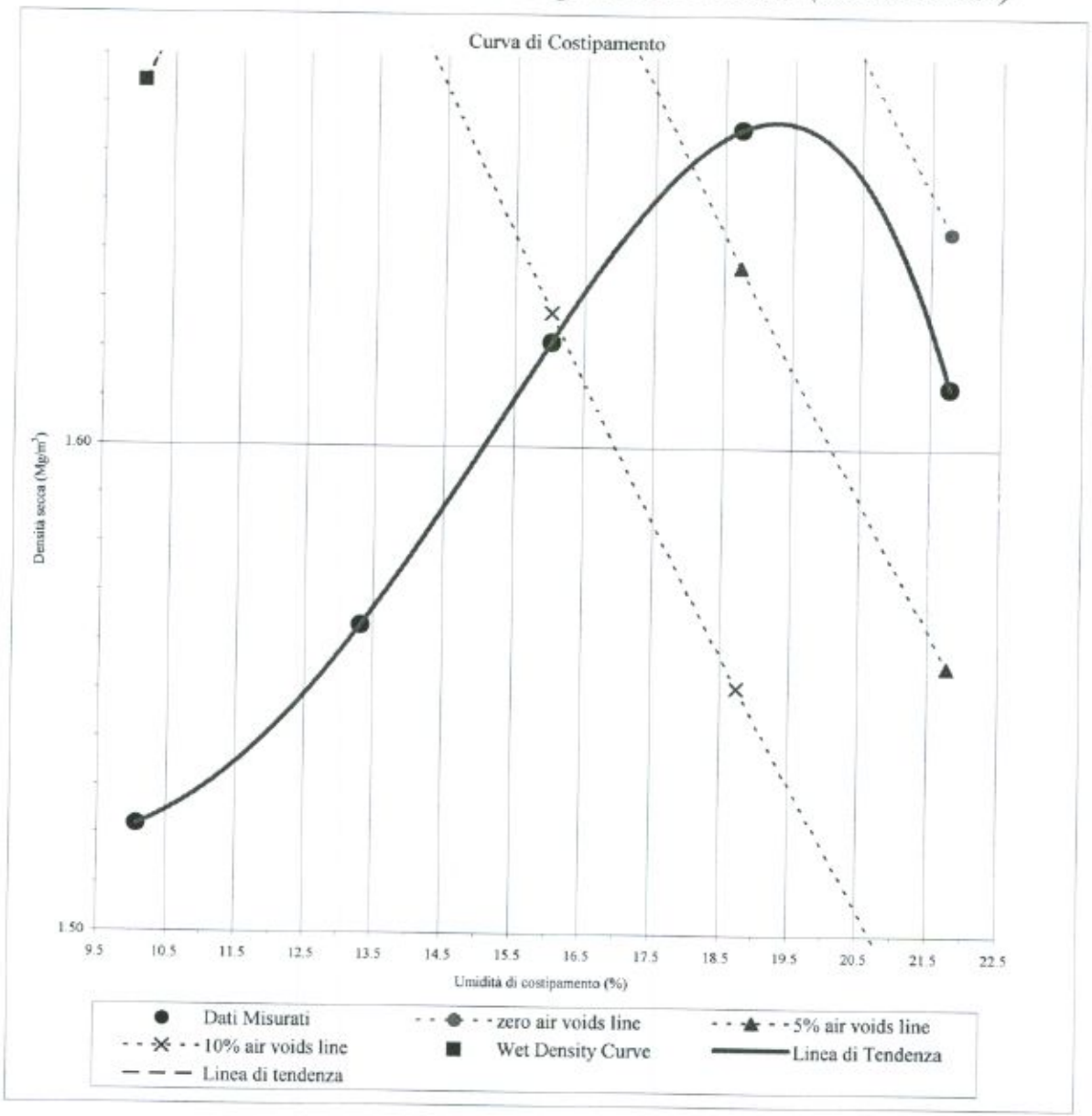
Data inizio prova: 24/07/2009
Data fine prova: 28/07/2009
Sondaggio: S3 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.50
Verbale d'accettazione N. 0183/09
del: 21/07/2009
Descrizione:
Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Proprietà indici allo stato naturale:
W(%) 16.027

Metodo di Costipamento:
Standard

Optimum Proctor

Umidità W(%)	19.2
Dens. Secca max. ρd (Mg/m³)	1.667



Certificato Ufficiale N° 0392/09 pag. 1 di 1
Data Certificato 10/09/2009

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del coefficiente di permeabilità diretta
(mediante Permeametro a carico variabile)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione 21/07/09
Data apertura campione 27/07/09
Sondaggio S3
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50
V.Acc. N. 0183/09
del 21/07/09

Descrizione: Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

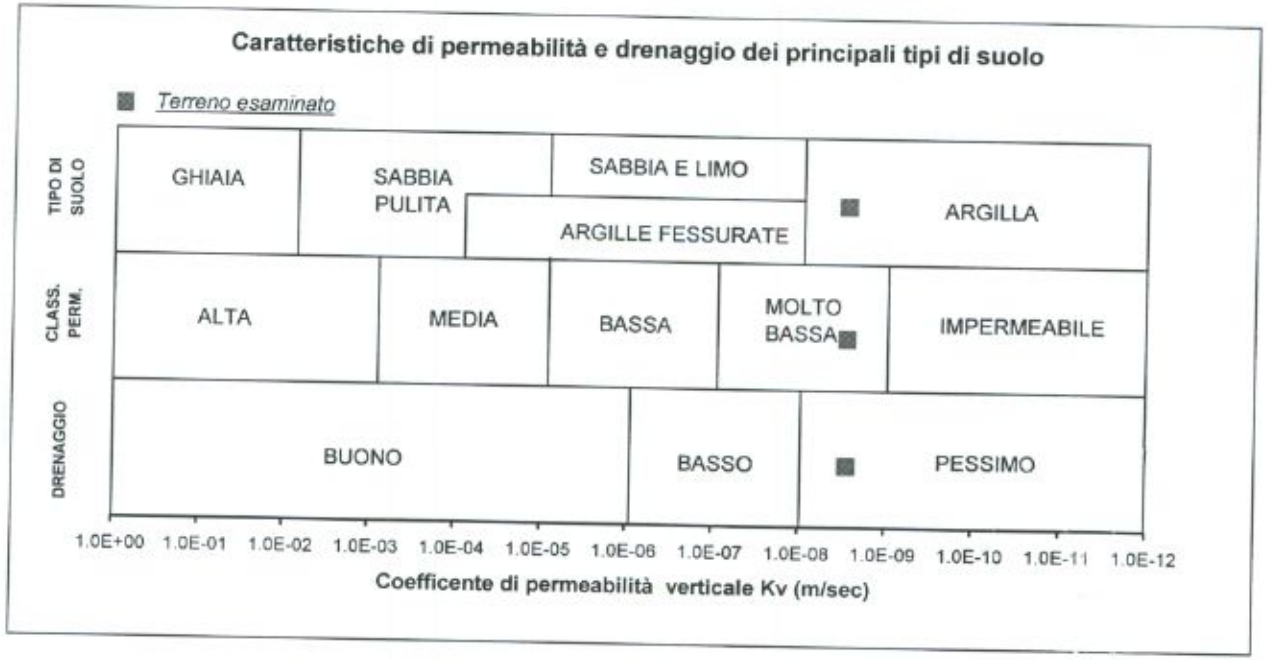
Data inizio prova 05/08/09
Data fine prova 10/08/09

Grandezze di Stato:

W (%) 19.20%
ρ (Mg/m³) 2.18
ρd (Mg/m³) 1.67

Osservazioni:
Unità di misura alternative

2.74E-07 cm/sec
2.74E-06 mm/sec
1.64E-04 mm/min
0.00987 mm/h
86.448 mm/anno



Coefficiente di permeabilità diretta "K"
(m/sec)

2.74E-09

Certificato n° 0391/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato** **10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

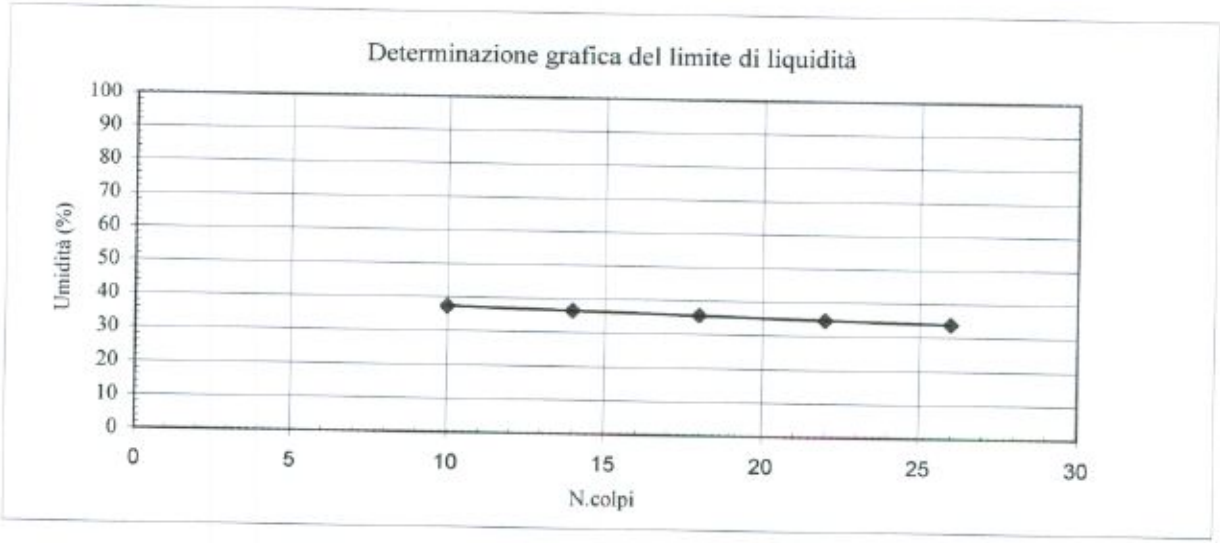
Limiti di Atterberg (ASTM D4318-D427)

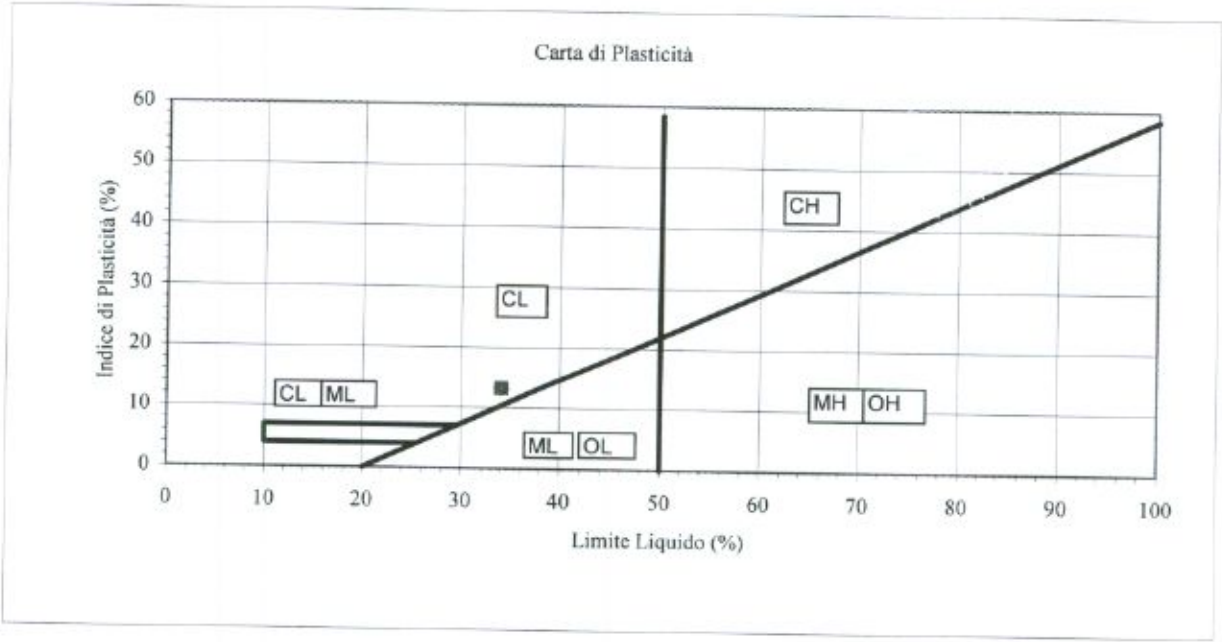
Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
V.Acc. N. 0183/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S3 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.50
Descrizione: Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 31/07/2009
Data fine prova: 02/08/2009

W (%) 16.03

Limite di liquidità	34.08
Limite di plasticità	20.98
Indice di plasticità	13.11
Indice di consistenza	1.38
Limite di ritiro	n.rich.





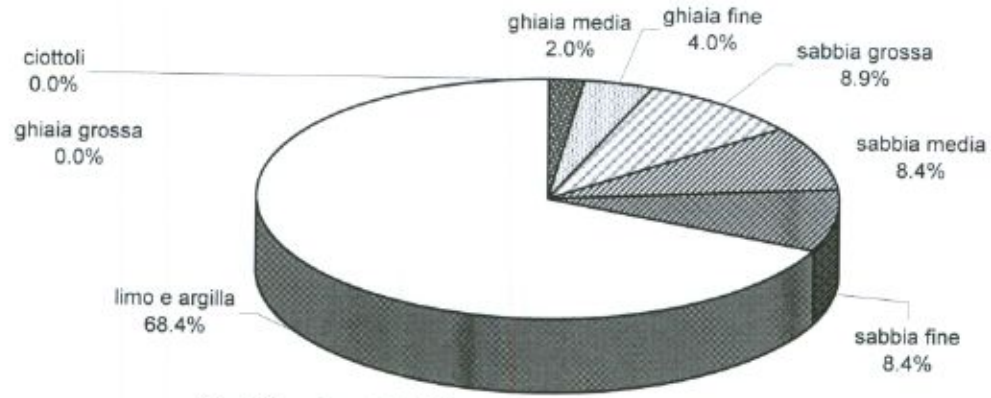
Certificato Ufficiale N° 0390/09 pag. 1 di 1 Data Certificato 10/09/09

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

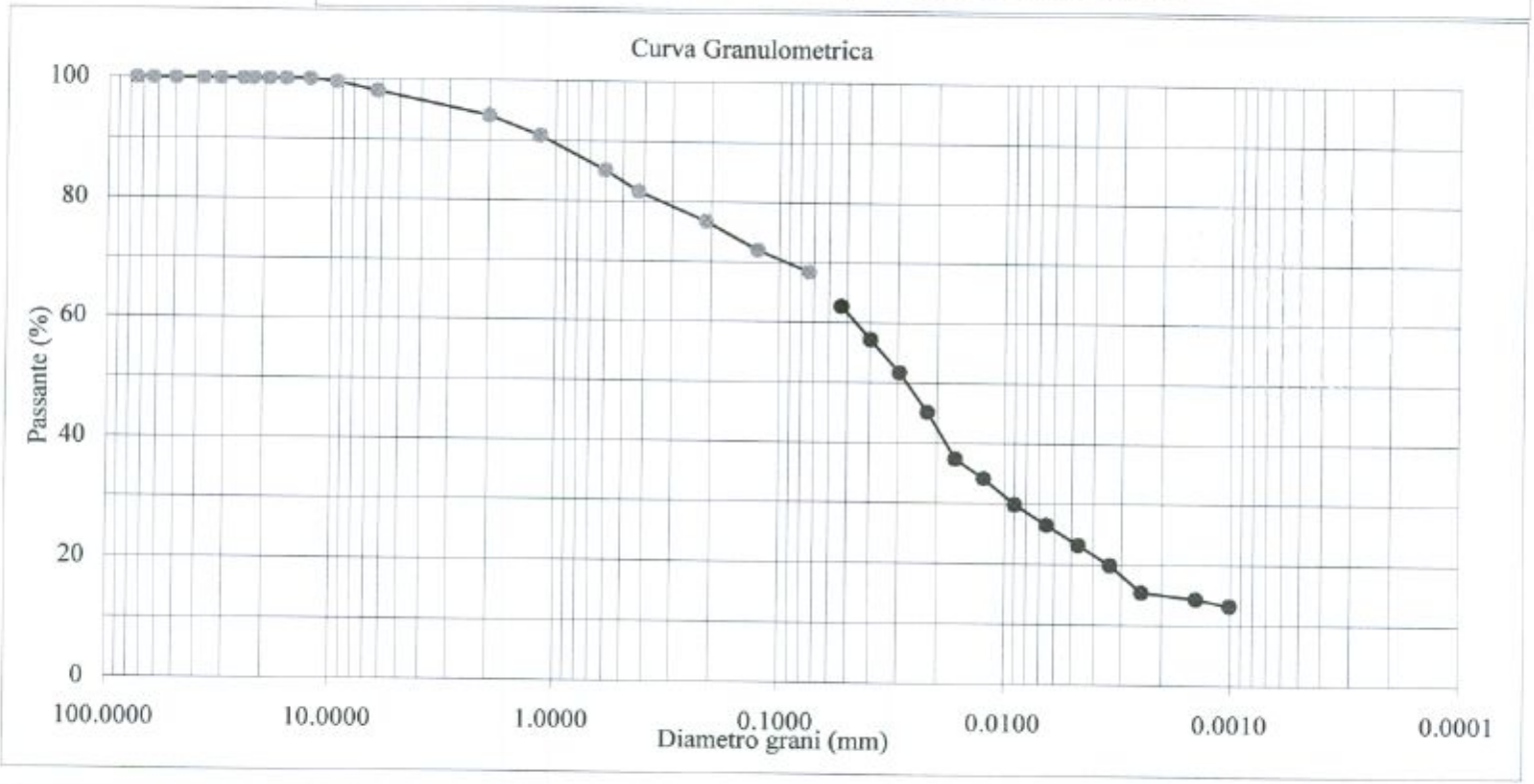
PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 27/07/2009
V.Acc. N. 0183/09
del 21/07/2009



Sondaggio S3
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50

Descrizione:
Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova 24/07/2009
Data fine prova 29/07/2009

Certificato Ufficiale N° 0389/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S3

Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 27/07/2009

V.Acc. N. 0183/09
del 21/07/09

Descrizione:
Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 24/07/2009
Data fine prova: 29/07/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	1.954	98.046	50	0.3	18.338	81.662
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	1.954	98.046	60	0.25	18.338	81.662
2	50	0.000	100.000	6	3.35	1.954	98.046	70	0.212	23.23	76.77
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	1.954	98.046	80	0.18	23.23	76.77
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	5.918	94.082	100	0.15	23.23	76.77
1	25	0.000	100.000	12	1.7	5.918	94.082	120	0.125	27.96	72.04
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	9.154	90.846	140	0.106	27.96	72.04
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	9.154	90.846	200	0.074	31.592	68.408
5/8	16	0.000	100.000	30	0.6	14.842	85.158				
1/2	12.5	0.000	100.000	35	0.5	14.842	85.158				
3/8	9.5	0.454	99.546	40	0.425	18.338	81.662				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.052977	91.603066	62.664	0.00337	29.00635	19.8427	0.00000			0.00000		
0.039659	83.577846	57.174	0.00244	22.58618	15.4508	0.00000			0.00000		
0.029516	75.552627	51.684	0.00142	20.98113	14.3528	0.00000			0.00000		
0.022055	65.922363	45.096	0.00101	19.37609	13.2548	0.00000			0.00000		
0.016519	54.687056	37.410	0.00000			0.00000			0.00000		
0.012342	49.871924	34.116	0.00000			0.00000			0.00000		
0.008982	43.451749	29.724	0.00000			0.00000			0.00000		
0.006483	38.636617	26.431	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004676	33.821485	23.137	0.00000			0.00000			0.00000		

Certificato Ufficiale N° 0389/09 pag.1 di 2 **Data Certificato 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N 54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 27/07/2009
Denominazione co. S3
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50
V.Acc. N. 0183/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo con sabbia argilloso deb ghiaioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 04/08/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.645
Mg/m^3

Certificato Ufficiale n° **0388/09 pag. 1 di 1** Data Certificato **10/09/09**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

ISVEA

Istituto per lo Sviluppo Viticolo Enologico ed Agroindustriale - Dr. C. Iozzi

RAPPORTO DI PROVA n° 0927563 del 18/08/2009

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto alla prova. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto solo per intero. La riproduzione parziale deve essere autorizzata con approvazione scritta da Isvea S.r.l.

Ove non richiesto da specifica normativa, i campioni non si conservano per tempi superiori a quelli necessari per completare le analisi. In ogni caso, dopo l'esecuzione dell'analisi, se non espressamente richiesto, i campioni non vengono nè restituiti nè resi disponibili in alcun modo.

53

Campione	0927563	Data di ricevimento	29/07/2009	Pagina	1 di 1

Committente
PANGEO S.N.C. di Campatelli Leonardo e C.
VIA SANGALLO, 110/A
53036 POGGIBONSI SI

Matrice: Terreno — Campionamento effettuato da: cliente
Identificazione: VA183 09 TERRENO SIGLA IA07/09

Descrizione Analisi	*Metodo*	*U.M.*	*Risultato*	*Rilevabilità*	*Limiti m=min. M=Max*	*Data inizio*	*Data fine*	*Note*
Arsenico	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**43.2**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Cadmio	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.3**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Cromo Totale	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**15.0**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Mercurio Totale	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.8**	0,05		29/07/09	17/08/09	
Nichel	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**58.3**	0.25		29/07/09	17/08/09	
Piombo	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**41.4**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Rame	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**62.5**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Zinco	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**73.7**	5		29/07/09	17/08/09	
Idrocarburi Leggeri C<12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	
Idrocarburi Pesanti C>12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	

Note: N.R.: Non rilevabile sperimentalmente

Poggibonsi lì, 18/08/2009

Questo Rapporto di Prova rappresenta la copia conforme di file firmato elettronicamente, ai sensi di legge.
Il file, oltre ad essere inviato al committente, è conservato negli archivi informatici di Isvea s.r.l. per almeno 10 anni.
Il committente può richiedere il file in qualsiasi momento durante tutto il periodo di conservazione.

FINE RAPPORTO DI PROVA

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Alessandro Cavaglioni
Ordine dei Chimici della Toscana n° 1494

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0393/09
AL N.
0399/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/09/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0184/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S6 *Campione:* - *Profondità (m):* 1.00-4.40

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 9 *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009 *Data apertura:* 24/07/2009
V.Acc. N. 0184/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S6 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.40
Modalità di campionatura: Camp.Sciolto
Qualità del campione: Q2

Descrizione visuale:
Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro
(Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)
presenza di clasti concrezionali

Prove richieste:
Determinazione del contenuto d'acqua
Determinazione della massa volumica apparente
Determinazione della massa volumica apparente secca
Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica
Limiti di liquidità e plasticità
Prova di costipamento proctor
Determinazione del coefficiente di permeabilità

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- e-mail pangeo@cybermarket.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del contenuto di acqua *(ASTM D 2216)*

Committente	Gamma Geoservizi s.r.l.		
Cantiere	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere		
Data consegna campione	21/07/2009		
Data apertura campione	24/07/2009		
V.Acc. N.	0184/09	*del*	21/07/09
Sondaggio	S6	*Campione:*	-
Profondità (m)	1.00-4.40		

Descrizione Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro
(Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)

Data inizio prova	24/07/2009
Data fine prova	25/07/2009

Contenuto di acqua
28.07%

Certificato Ufficiale N. **0393/09 pag. 1 di 1** ***data:*** **10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica allo stato naturale mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	24/07/2009
V.Acc. N.	0184/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S6
Prof. (m):	1.00-4.40
Campione:	-
Descrizione:	Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro (Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)
Data inizio prova:	24/07/2009
Data fine prova:	24/07/2009

Massa Volumica allo stato naturale

1.909

(Mg/m^3)

Certificato Ufficiale N°: 0394/09 pag. 1 di 1

Data Certificato: 10/09/2009

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Costipamento Proctor (A.A.S.H.T.O.)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

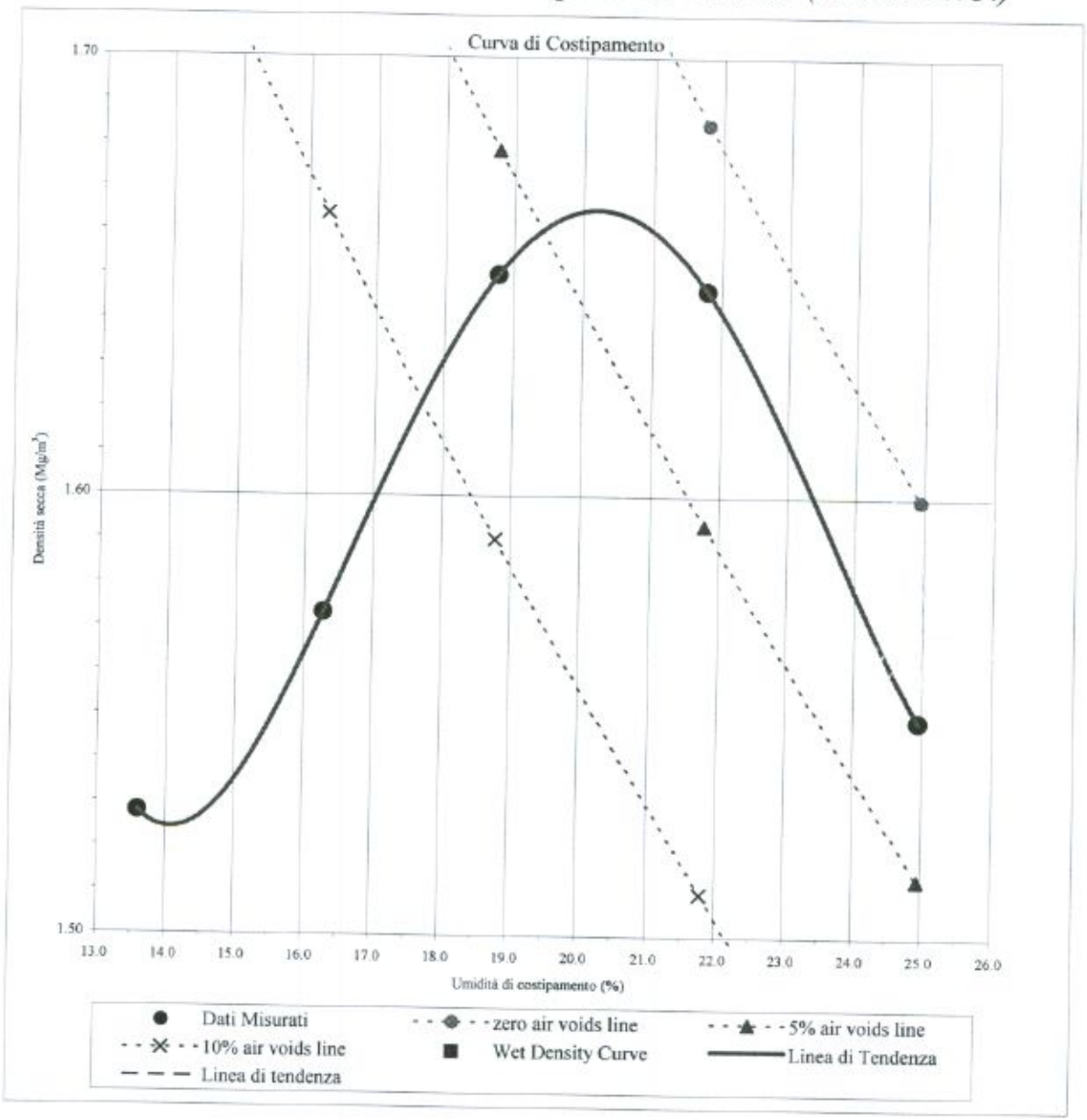
Data inizio prova: 29/07/2009
Data fine prova: 04/08/2009
Sondaggio: S6 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.40
Verbale d'accettazione N. 0184/09
del: 21/07/2009
Descrizione:
Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro
(Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)

Proprietà indici allo stato naturale:
W(%) 28.069

Metodo di Costipamento:
Standard

Optimum Proctor

Umidità W(%)	20.2
Dens. Secca max. ρd (Mg/m³)	1.664



Certificato Ufficiale N° 0399/09 pag. 1 di 1
Data Certificato 10/09/2009

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del coefficiente di permeabilità diretta
(mediante Permeametro a carico variabile)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione 21/07/09
Data apertura campione 24/07/09
Sondaggio S6
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40
V.Acc. N. 0184/09
del 21/07/09

Descrizione: Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro (Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)

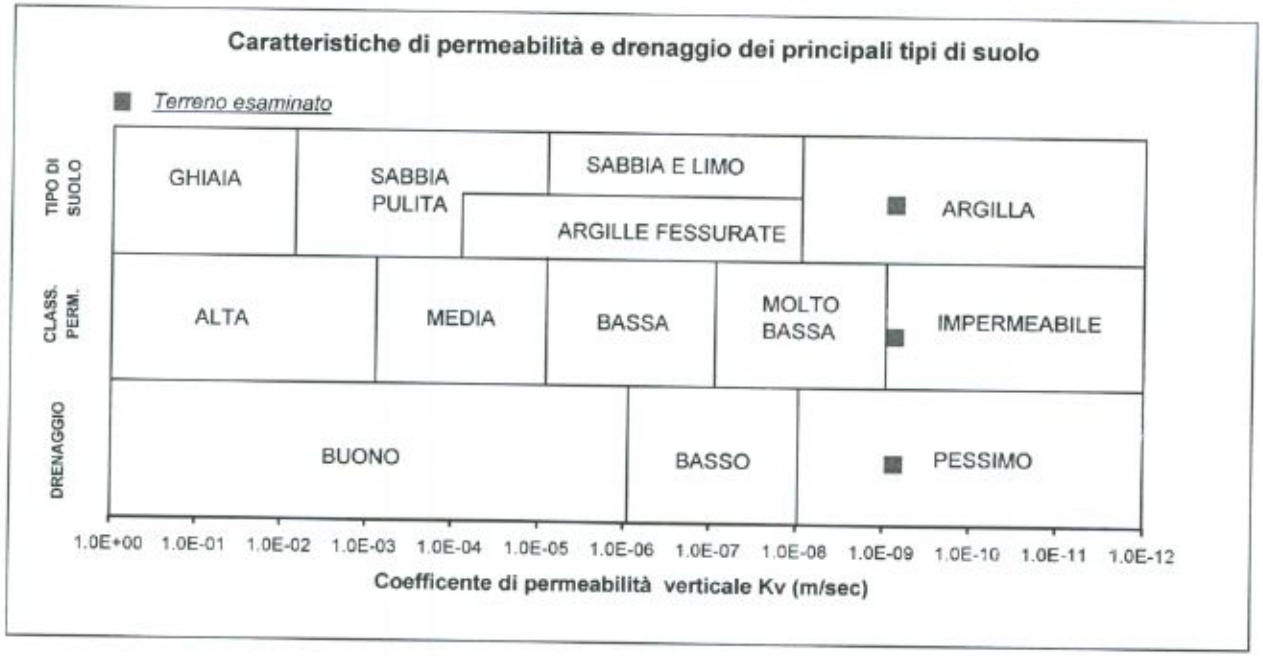
Data inizio prova 05/08/09
Data fine prova 10/08/09

Grandezze di Stato:

W (%) 20.20%
ρ (Mg/m³) 2.14
ρd (Mg/m³) 1.66

Osservazioni:
Unità di misura alternative

7.36E-08 cm/sec
7.36E-07 mm/sec
4.42E-05 mm/min
0.00265 mm/h
23.226 mm/anno



Coefficiente di permeabilità diretta "K"
(m/sec)

7.36E-10

Certificato n° 0398/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato 10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

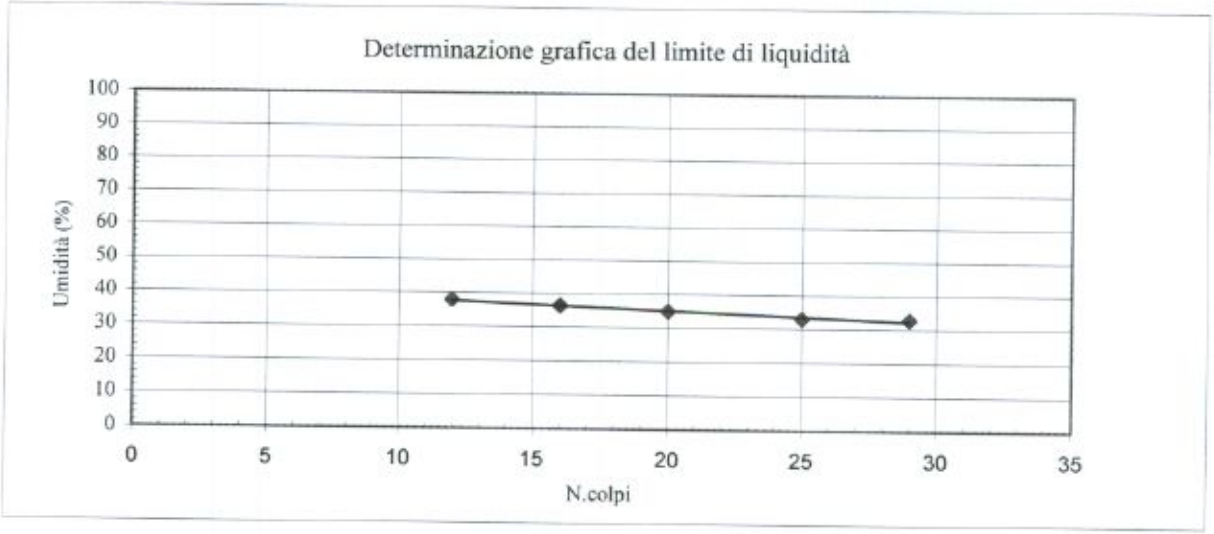
Limiti di Atterberg (ASTM D4318-D427)

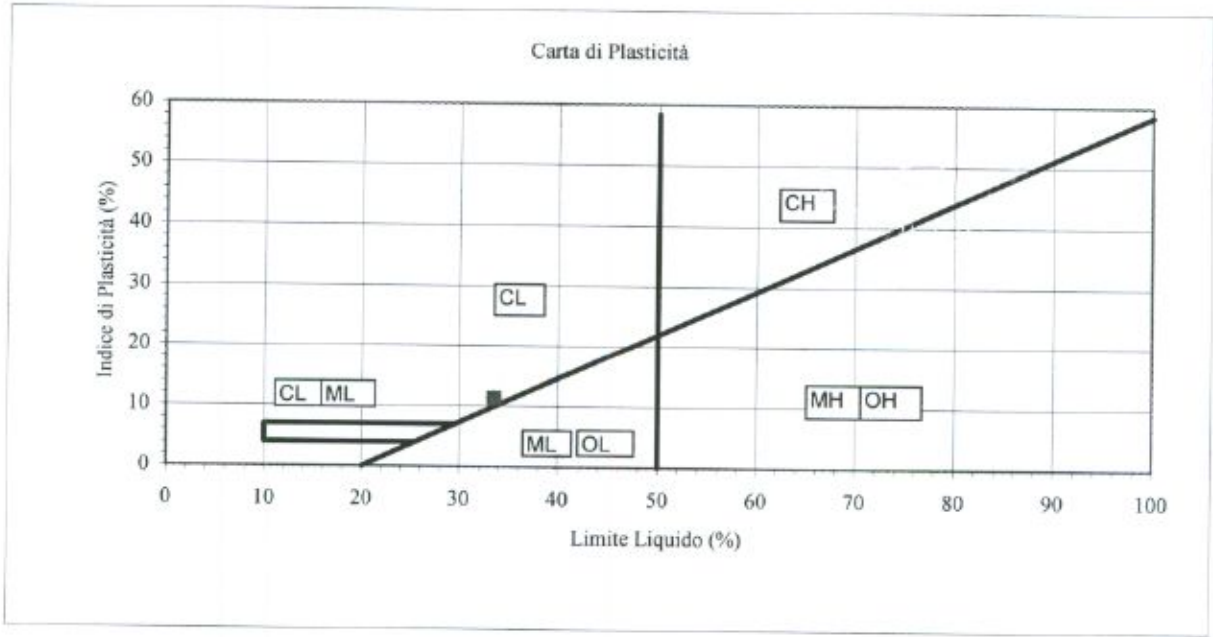
Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
V.Acc. N. 0184/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S6 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.40
Descrizione: Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro (Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)

Data inizio prova: 26/07/2009
Data fine prova: 27/07/2009

W (%) 28.07

Limite di liquidità	33.53
Limite di plasticità	22.23
Indice di plasticità	11.30
Indice di consistenza	0.48
Limite di ritiro	n.rich.





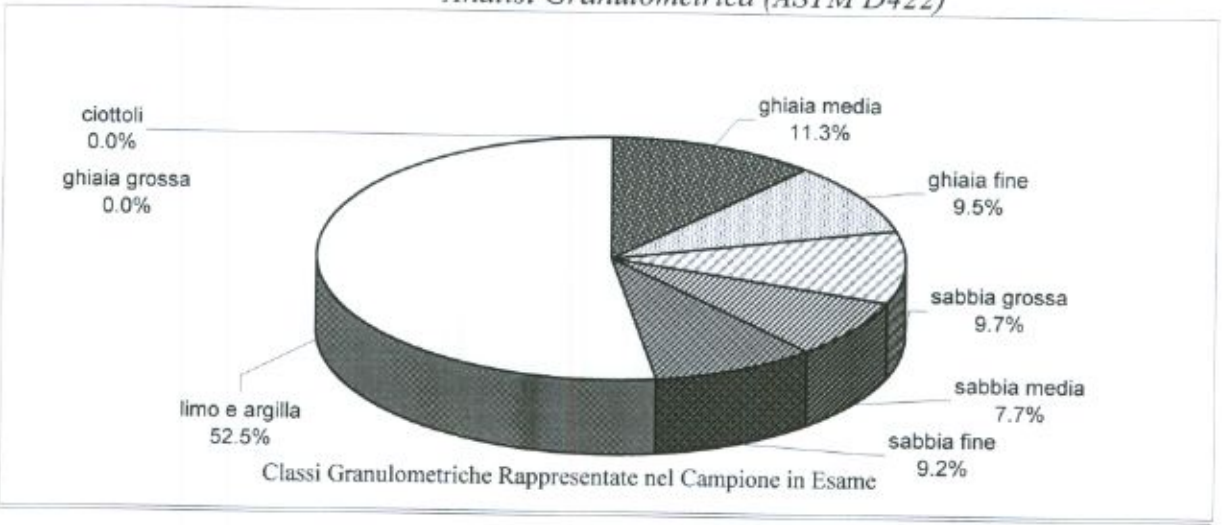
Certificato Ufficiale N° 0397/09 pag. 1 di 1 Data Certificato 10/09/09

Lo Sperimentatore

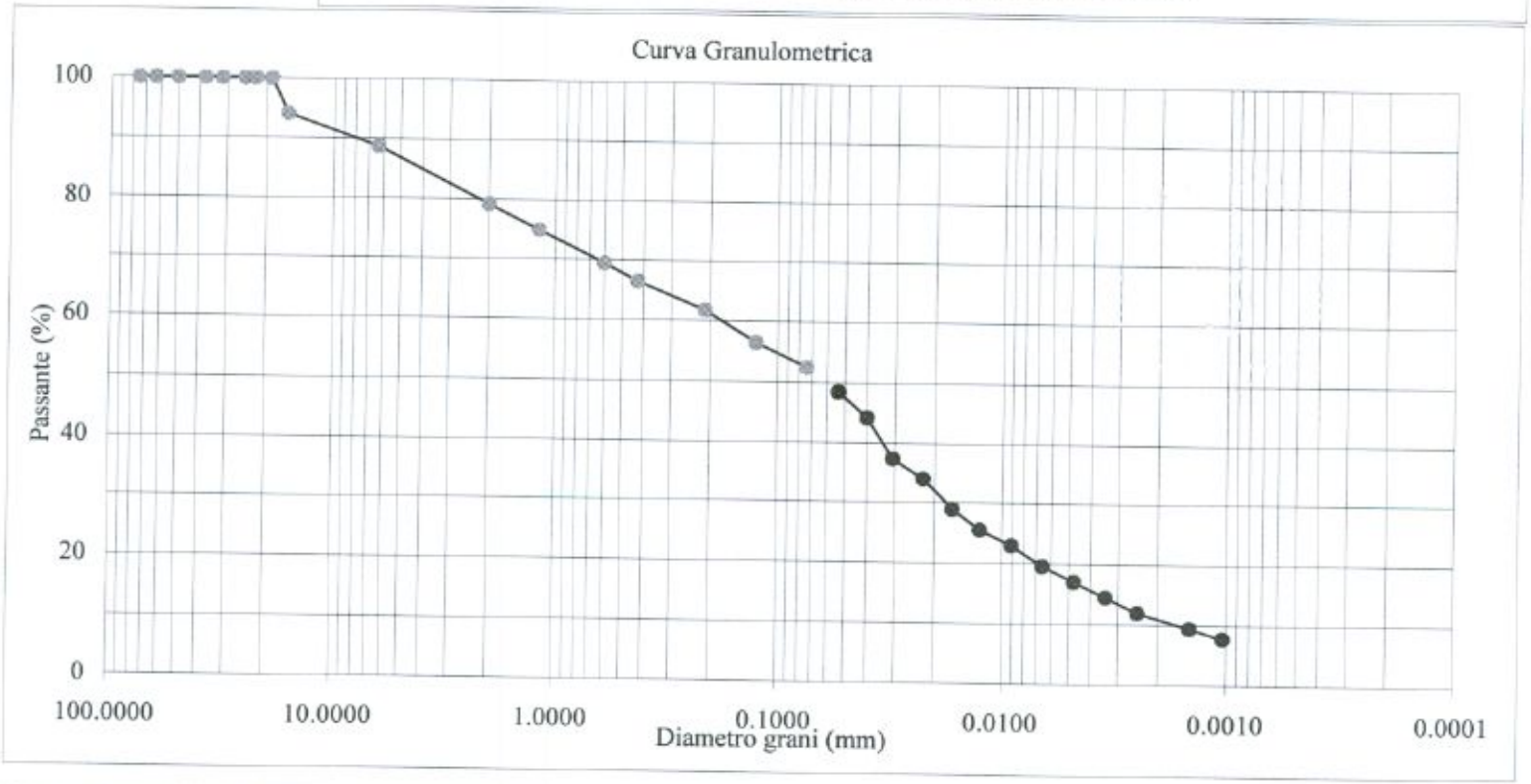
Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 24/07/2009
V.Acc. N. 0184/09
del 21/07/2009



Sondaggio S6
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40

Descrizione:
Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro
(Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)

Data inizio prova 27/07/2009
Data fine prova 29/07/2009

Certificato Ufficiale N° 0396/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S6

Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 24/07/2009

V.Acc. N. 0184/09
del 21/07/09

Descrizione:
Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro
(Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)

Data inizio prova: 27/07/2009
Data fine prova: 29/07/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	11.336	88.664	50	0.3	33.59	66.41
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	11.336	88.664	60	0.25	33.59	66.41
2	50	0.000	100.000	6	3.35	11.336	88.664	70	0.212	38.296	61.704
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	11.336	88.664	80	0.18	38.296	61.704
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	20.880	79.120	100	0.15	38.296	61.704
1	25	0.000	100.000	12	1.7	20.880	79.120	120	0.125	43.558	56.442
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	25.122	74.878	140	0.106	43.558	56.442
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	25.122	74.878	200	0.074	47.522	52.478
5/8	16	5.904	94.096	30	0.6	30.614	69.386				
1/2	12.5	5.904	94.096	35	0.5	30.614	69.386				
3/8	9.5	5.904	94.096	40	0.425	33.590	66.410				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.053483	92.265100	48.419	0.00342	27.59934	14.4836	0.00000			0.00000		
0.040037	84.181880	44.177	0.00246	22.74941	11.9384	0.00000			0.00000		
0.030655	71.248729	37.390	0.00145	17.89948	9.3933	0.00000			0.00000		
0.022459	64.782154	33.996	0.00104	14.66619	7.6965	0.00000			0.00000		
0.016677	55.082291	28.906	0.00000			0.00000			0.00000		
0.012552	48.615715	25.513	0.00000			0.00000			0.00000		
0.009068	43.765783	22.967	0.00000			0.00000			0.00000		
0.006589	37.299208	19.574	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004751	32.449276	17.029	0.00000			0.00000			0.00000		

Certificato Ufficiale N° 0396/09 pag. 1 di 2 **Data Certificato 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 24/07/2009
Denominazione co S6
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40
V.Acc. N. 0184/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro (Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)

Data inizio prova: 04/08/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.614
Mg/m^3

Certificato Ufficiale n° **0395/09 pag. 1 di 1** Data Certificato **10/09/09**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della densità secca mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	24/07/2009
V.Acc. N.	0184/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S6
Campione:	-
Prof. (m):	1.00-4.40
Descrizione:	Limo con sabbia ghiaioso deb.argilloso grigio scuro (Rif. Munsell 10YR4/1 Dark Gray)
Data inizio prova:	24/07/2009
Data fine prova:	25/07/2009

Massa Volumica apparente secca

1.508

(Mg/m^3)

Rapporto prova N°: 0026/09 pag. 1 di 1 Data 10/09/2009

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0400/09
AL N.
0403/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/09/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0185/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S7 *Campione:* - *Profondità (m):* 1.00-4.80

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 5 *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009 *Data apertura:* 24/07/2009
V.Acc. N. 0185/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S7 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.80
Modalità di campionatura: Camp.Sciolto
Qualità del campione: Q2

Descrizione visuale:
Limo argilloso debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Prove richieste:

Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica

Prova di costipamento proctor
Determinazione del coefficiente di permeabilità

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Costipamento Proctor (A.A.S.H.T.O.)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

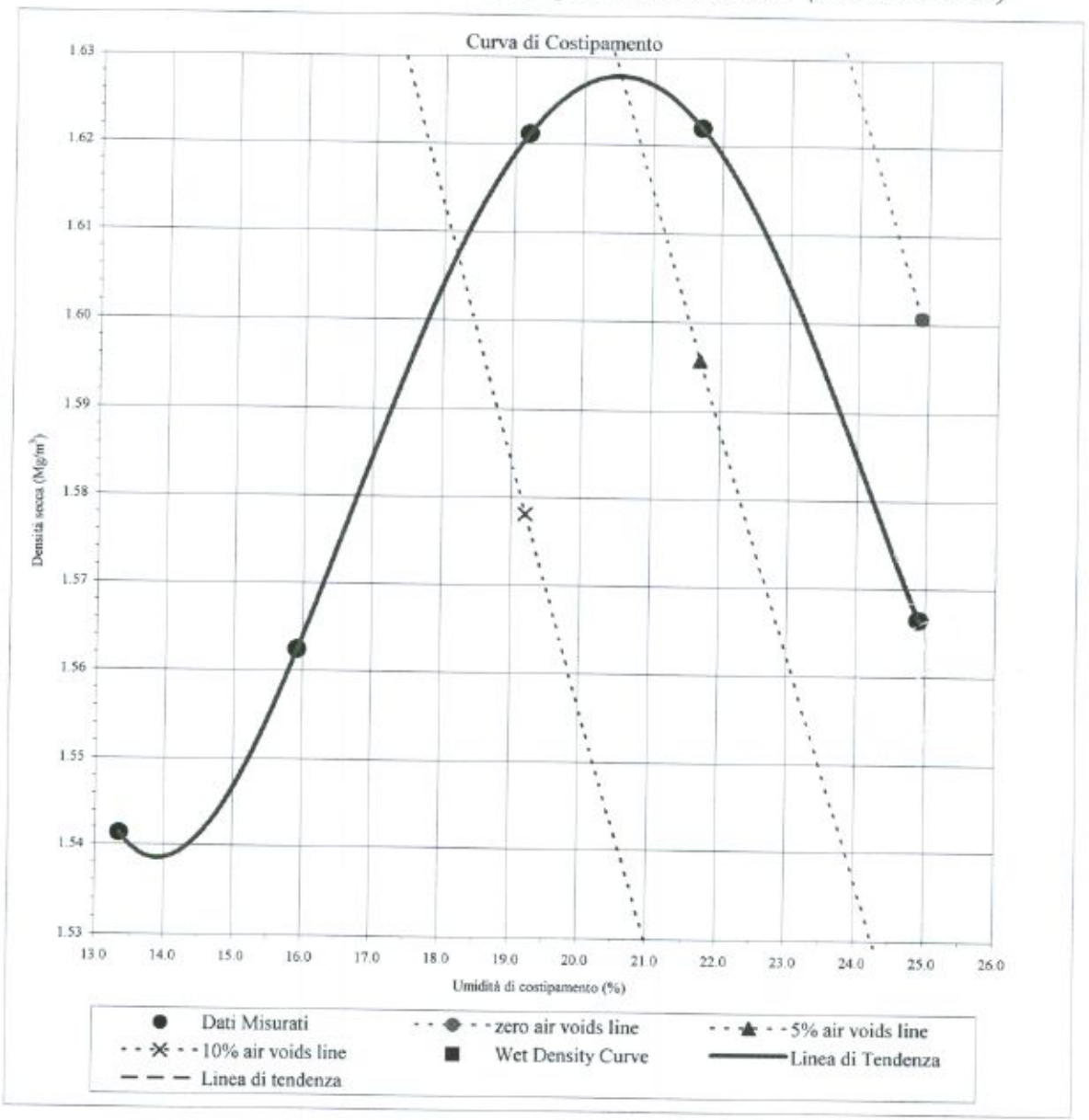
Data inizio prova: 04/08/2009
Data fine prova: 06/08/2009
Sondaggio: S7 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.80
Verbale d'accettazione N. 0185/09
del: 21/07/2009
Descrizione:
Limo argilloso debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Proprietà indici allo stato naturale:
W(%) 30.591

Metodo di Costipamento:
Standard

Optimum Proctor

Umidità W(%)	20.5
Dens. Secca max. ρd (Mg/m³)	1.628



Certificato Ufficiale N° 0403/09 pag. 1 di 1
Data Certificato 10/09/2009

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del coefficiente di permeabilità diretta
(mediante Permeametro a carico variabile)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione 21/07/09
Data apertura campione 24/07/09
Sondaggio S7
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.80
V.Acc. N. 0185/09
del 21/07/09

Descrizione: Limo argilloso debolmente sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

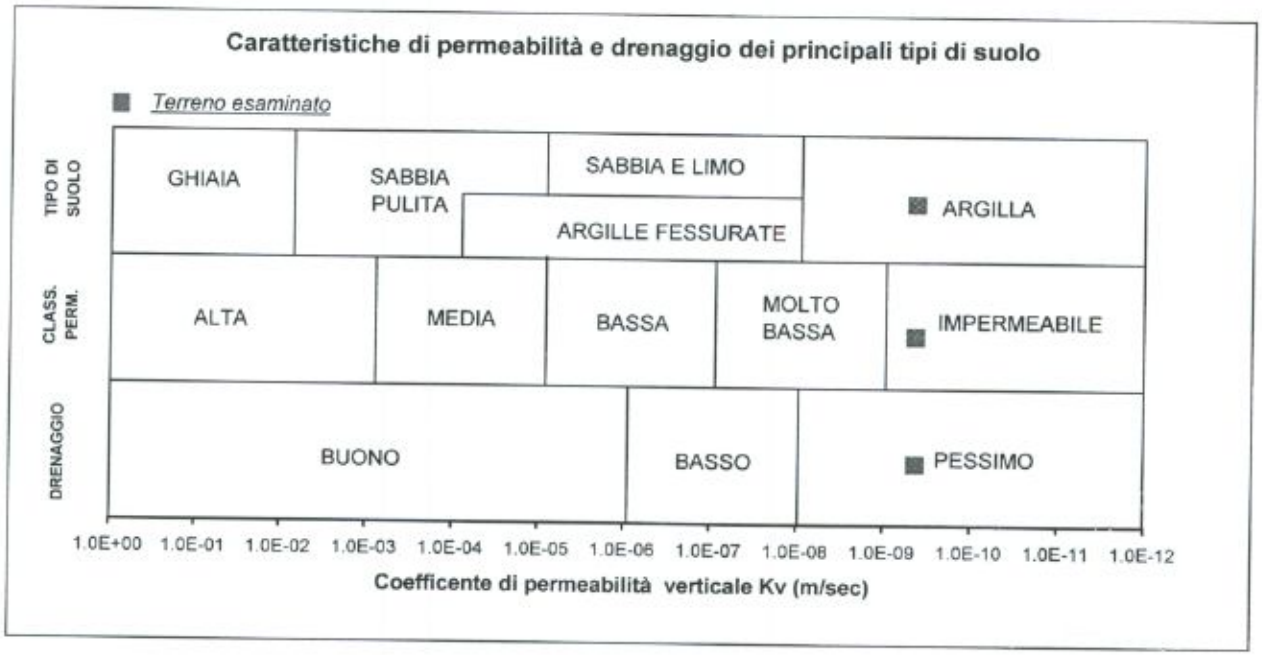
Data inizio prova 06/08/09
Data fine prova 10/08/09

Grandezze di Stato:

W (%) 20.50%
ρ (Mg/m³) 1.98
ρd (Mg/m³) 1.63

Osservazioni:
Unità di misura alternative

4.23E-08 cm/sec
4.23E-07 mm/sec
2.54E-05 mm/min
0.00152 mm/h
13.337 mm/anno



Coefficiente di permeabilità diretta "K"
(m/sec)

4.23E-10

Certificato n° 0402/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato** **10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S7

Campione -
Profondità (m) 1.00-4.80

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 24/07/2009

V.Acc. N. 0185/09
del 21/07/09

Descrizione:
Limo argilloso debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 30/07/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	0.000	100.000	50	0.3	3.399	96.601
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	0.000	100.000	60	0.25	3.399	96.601
2	50	0.000	100.000	6	3.35	0.000	100.000	70	0.212	4.511	95.489
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	0.000	100.000	80	0.18	4.511	95.489
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	1.118	98.882	100	0.15	4.511	95.489
1	25	0.000	100.000	12	1.7	1.118	98.882	120	0.125	5.848	94.152
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	1.985	98.015	140	0.106	5.848	94.152
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	1.985	98.015	200	0.074	7.438	92.562
5/8	16	0.000	100.000	30	0.6	2.840	97.160				
1/2	12.5	0.000	100.000	35	0.5	2.840	97.160				
3/8	9.5	0.000	100.000	40	0.425	3.399	96.601				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.050900	93.477917	86.525	0.00322	32.85918	30.4151	0.00000			0.00000		
0.038104	85.501767	79.142	0.00233	26.47826	24.5088	0.00000			0.00000		
0.028081	79.120848	73.236	0.00138	20.09734	18.6025	0.00000			0.00000		
0.020629	72.739929	67.330	0.00100	13.71642	12.6962	0.00000			0.00000		
0.015371	63.168549	58.470	0.00082	11.16406	10.3337	0.00000			0.00000		
0.011591	56.787630	52.564	0.00072	8.93073	8.2665	0.00000			0.00000		
0.008508	48.811481	45.181	0.00000			0.00000			0.00000		
0.006145	44.025791	40.751	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004464	37.644872	34.845	0.00000			0.00000			0.00000		

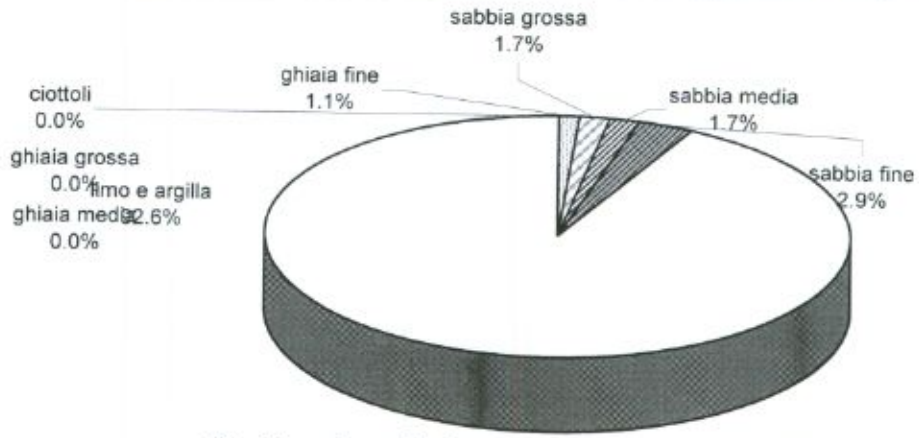
Certificato Ufficiale N° 0401/09 pag. 1 di 2 **Data Certificato 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

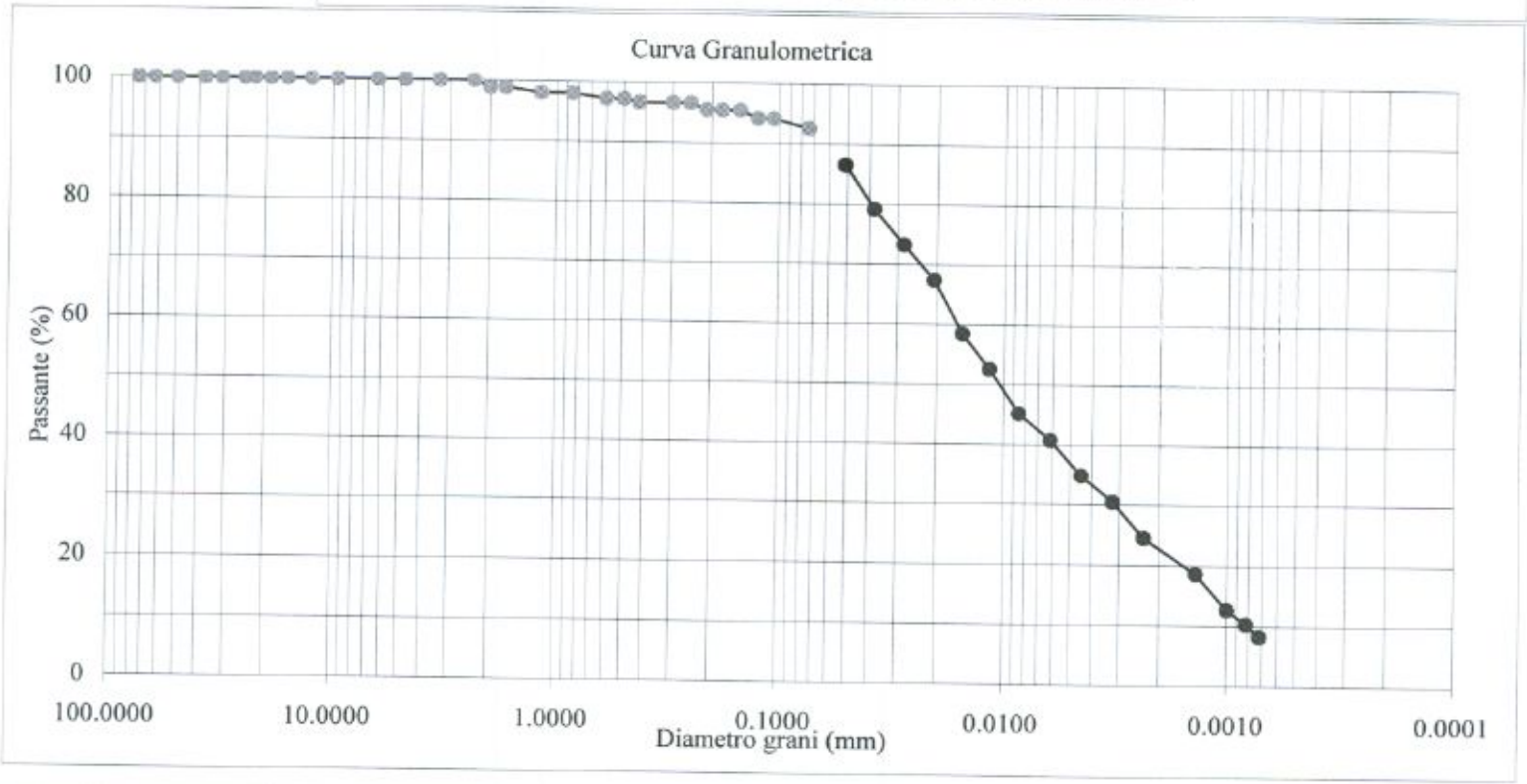
PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 24/07/2009
V.Acc. N. 0185/09
del 21/07/2009



Sondaggio S7
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.80

Descrizione:
Limo argilloso debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova 30/07/2009
Data fine prova 04/08/2009

Certificato Ufficiale N° 0401/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 24/07/2009
Denominazione co S7
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.80
V.Acc. N. 0185/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo argilloso debolmente sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 04/08/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.670

Mg/m^3

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0405/09
AL N.
0410/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/09/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0187/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S8 *Campione:* - *Profondità (m):* 1.00-3.40

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **8** *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009 *Data apertura:* 29/07/2009
V.Acc. N. 0187/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S8 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-3.40
Modalità di campionatura: Camp.Sciolto
Qualità del campione: Q2

Descrizione visuale:
Limo con argilla sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Prove richieste:
Determinazione del contenuto d'acqua
Determinazione della massa volumica apparente
Determinazione della massa volumica apparente secca
Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica

Prova di costipamento proctor
Determinazione del coefficiente di permeabilità

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- e-mail pangeo@cybermarket.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del contenuto di acqua *(ASTM D 2216)*

Committente	Gamma Geoservizi s.r.l.		
Cantiere	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere		
Data consegna campione	21/07/2009		
Data apertura campione	29/07/2009		
V.Acc. N.	0187/09	*del*	21/07/09
Sondaggio	S8	*Campione:*	-
Profondità (m)	1.00-3.40		

Descrizione Limo con argilla sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova	29/07/2009
Data fine prova	30/07/2009

Contenuto di acqua
8.01%

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica allo stato naturale mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	29/07/2009
V.Acc. N.	0187/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S8
Prof. (m):	1.00-3.40
Campione:	-
Descrizione:	Limo con argilla sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)
Data inizio prova:	29/07/2009
Data fine prova:	29/07/2009

Massa Volumica allo stato naturale
1.935
(Mg/m^3)

Certificato Ufficiale N°: 0406/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N 54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 29/07/2009
Denominazione co S8
Campione -
Profondità (m) 1.00-3.40
V.Acc. N. 0187/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo con argilla sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 04/08/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.714
Mg/m^3

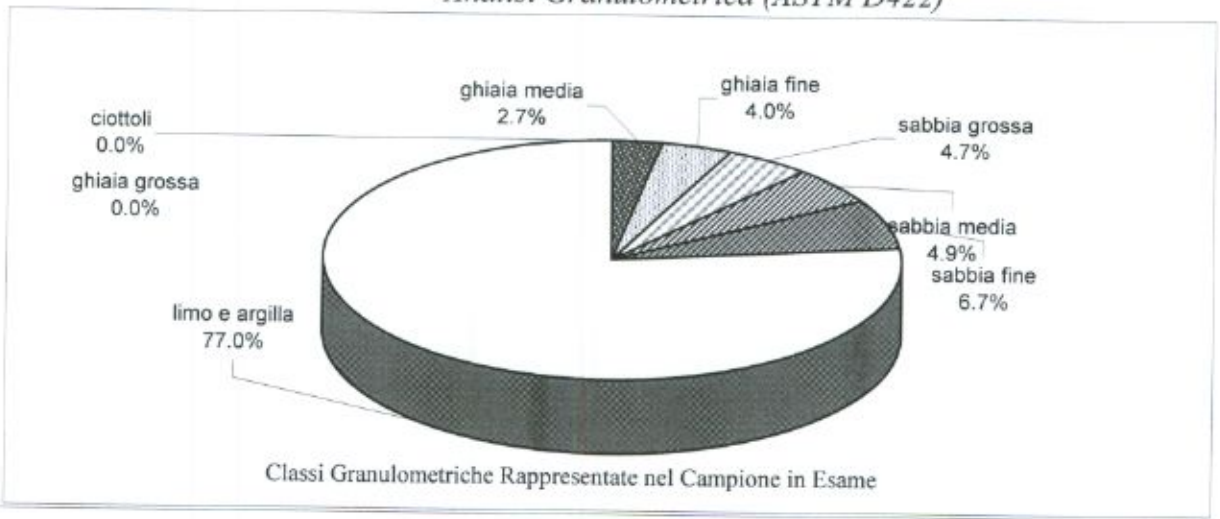
Certificato Ufficiale n° **0407/09 pag. 1 di 1** Data Certificato **10/09/09**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio.

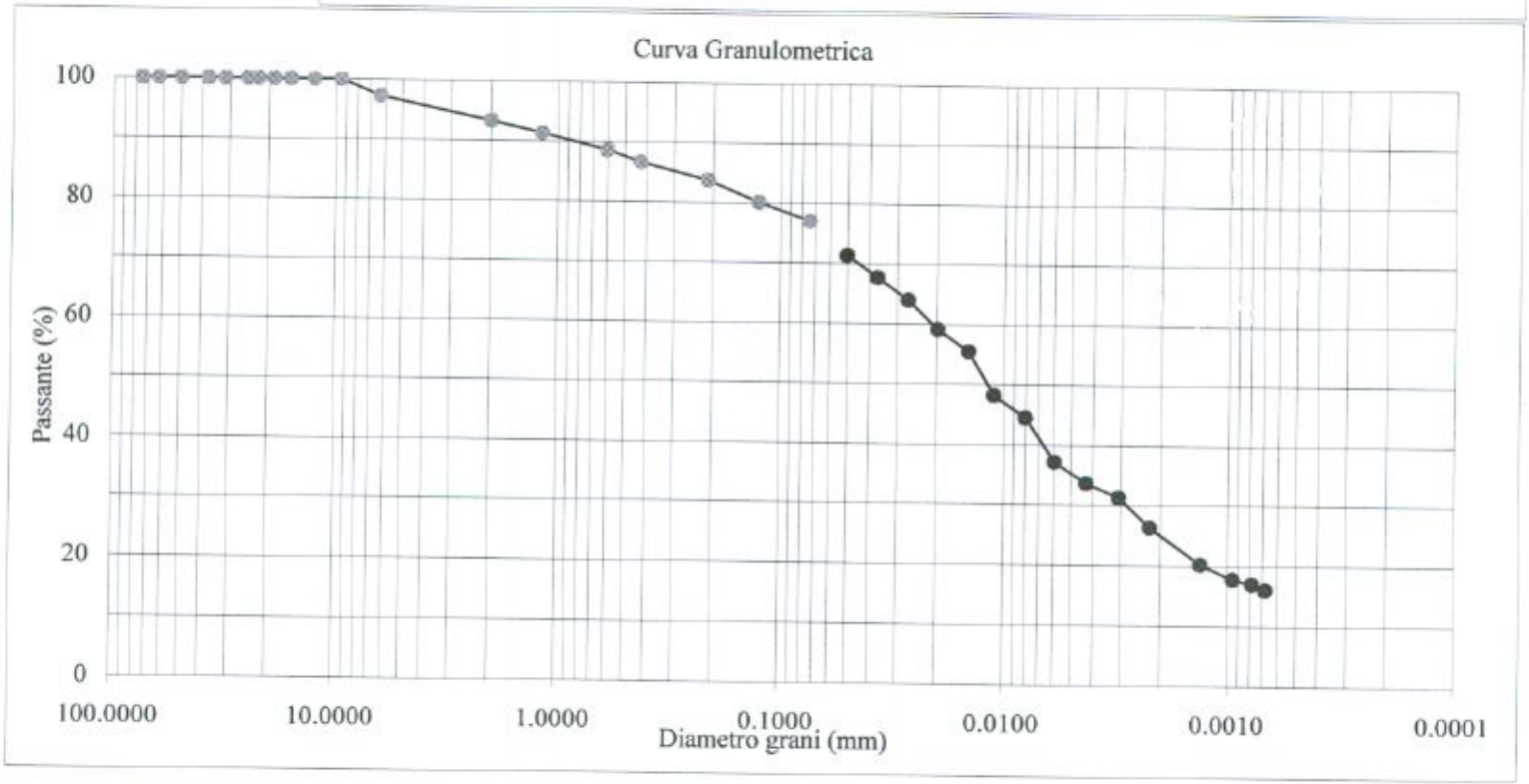
PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 29/07/2009
V.Acc. N. 0187/09
del 21/07/2009



Sondaggio S8
Campione -
Profondità (m) 1.00-3.40

Descrizione:
Limo con argilla sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova 30/07/2009
Data fine prova 04/08/2009

Certificato Ufficiale N° 0408/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S8

Campione -
Profondità (m) 1.00-3.40

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 29/07/2009

V.Acc. N. 0187/09
del 21/07/09

Descrizione:
Limo con argilla sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova: 30/07/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	2.652	97.348	50	0.3	13.352	86.648
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	2.652	97.348	60	0.25	13.352	86.648
2	50	0.000	100.000	6	3.35	2.652	97.348	70	0.212	16.264	83.736
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	2.652	97.348	80	0.18	16.264	83.736
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	6.664	93.336	100	0.15	16.264	83.736
1	25	0.000	100.000	12	1.7	6.664	93.336	120	0.125	19.884	80.116
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	8.627	91.373	140	0.106	19.884	80.116
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	8.627	91.373	200	0.074	22.976	77.024
5/8	16	0.000	100.000	30	0.6	11.357	88.643				
1/2	12.5	0.000	100.000	35	0.5	11.357	88.643				
3/8	9.5	0.000	100.000	40	0.425	13.352	86.648				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.050244	92.584476	71.312	0.00307	40.44504	31.1524	0.00000			0.00000		
0.036793	87.844527	67.661	0.00223	34.12510	26.2845	0.00000			0.00000		
0.026881	83.104578	64.010	0.00133	26.22519	20.1997	0.00000			0.00000		
0.019794	76.784646	59.143	0.00095	23.06522	17.7658	0.00000			0.00000		
0.014399	72.044697	55.492	0.00078	22.11723	17.0356	0.00000			0.00000		
0.011080	62.564799	48.190	0.00068	20.85325	16.0620	0.00000			0.00000		
0.008027	57.824850	44.539	0.00000			0.00000			0.00000		
0.005939	48.344952	37.237	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004289	43.605003	33.586	0.00000			0.00000			0.00000		

Certificato Ufficiale N° 0408/09 pag. 1 di 2 **Data Certificato 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del coefficiente di permeabilità diretta
(mediante Permeametro a carico variabile)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione 21/07/09
Data apertura campione 29/07/09
Sondaggio S8
Campione -
Profondità (m) 1.00-3.40
V.Acc. N. 0187/09
del 21/07/09

Descrizione: Limo con argilla sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

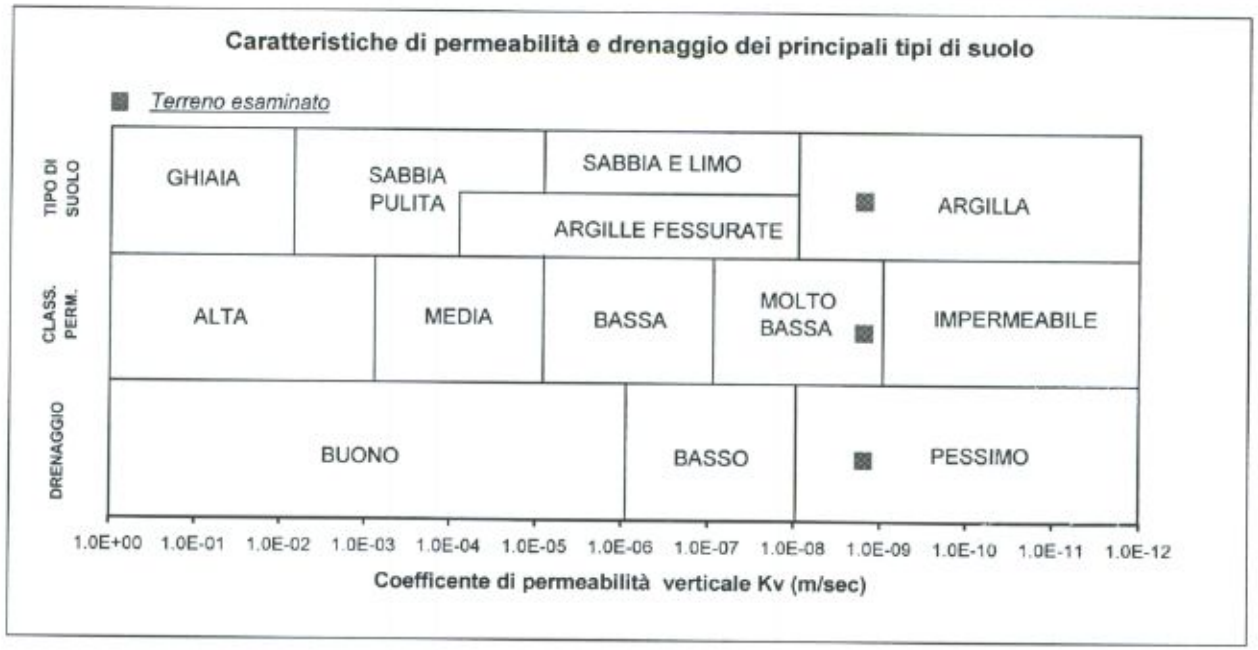
Data inizio prova 07/08/09
Data fine prova 10/08/09

Grandezze di Stato:

W (%) 17.50%
ρ (Mg/m³) 2.08
ρd (Mg/m³) 1.76

Osservazioni:
Unità di misura alternative

1.54E-07 cm/sec
1.54E-06 mm/sec
9.23E-05 mm/min
0.00554 mm/h
48.537 mm/anno



Coefficiente di permeabilità diretta "K"
(m/sec)

1.54E-09

Certificato n° 0409/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato 10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Costipamento Proctor (A.A.S.H.T.O.)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

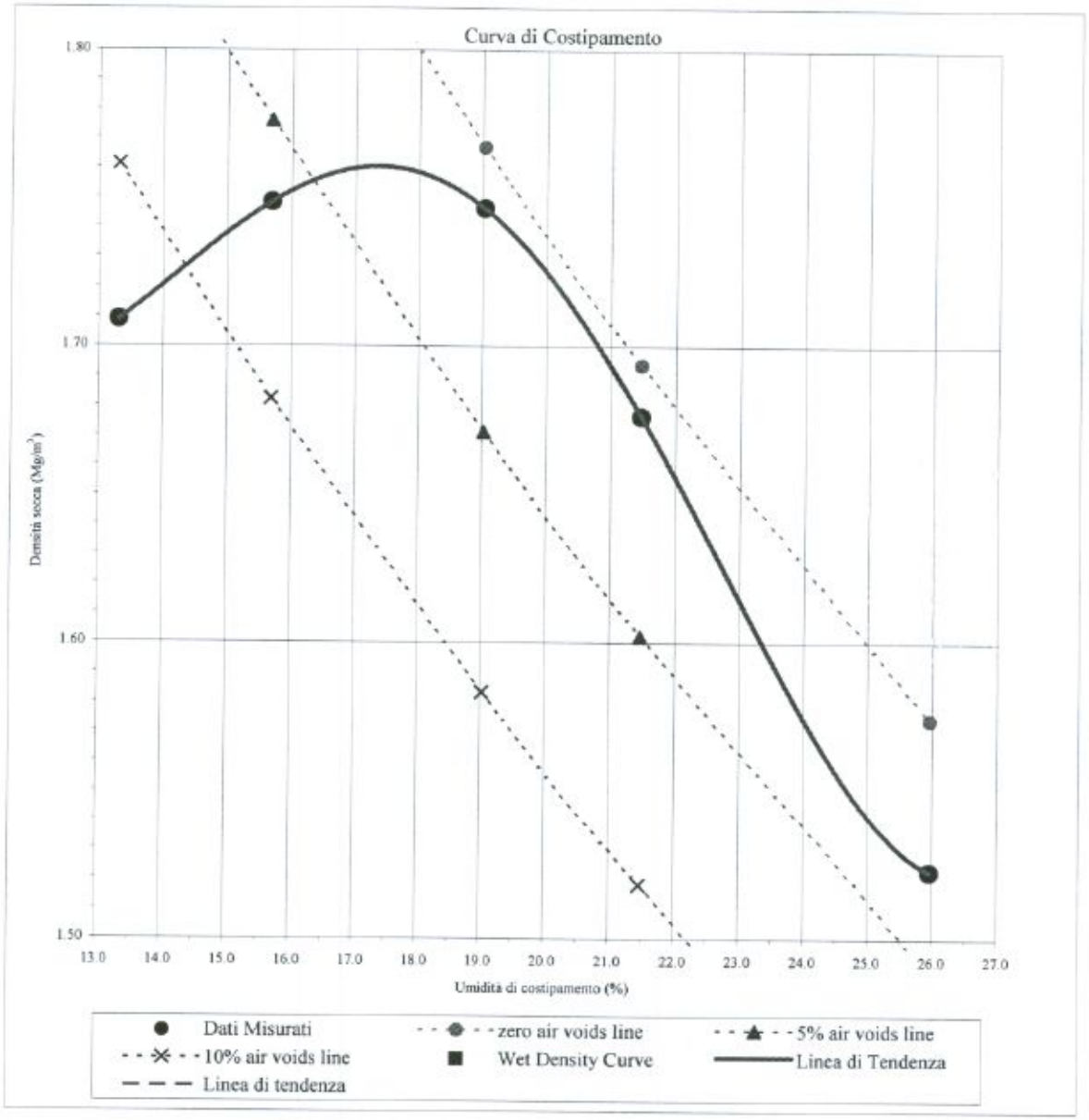
Data inizio prova: 02/08/2009
Data fine prova: 07/08/2009
Sondaggio: S8 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-3.40
Verbale d'accettazione N. 0187/09
del: 21/07/2009
Descrizione:
Limo con argilla sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Proprietà indici allo stato naturale:
W(%) 8.006

Metodo di Costipamento:
Standard

Optimum Proctor

Umidità W(%)	17.5
Dens. Secca max. ρd (Mg/m³)	1.76



Certificato Ufficiale N° 0410/09 pag. 1 di 1
Data Certificato 10/09/2009

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della densità secca mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	29/07/2009
V.Acc. N.	0187/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S8
Campione:	-
Prof. (m):	1.00-3.40
Descrizione:	Limo con argilla sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)
Data inizio prova:	29/07/2009
Data fine prova:	30/07/2009

Massa Volumica apparente secca

1.712

(Mg/m^3)

Rapporto prova N°: 0027/09 pag. 1 di 1 Data 10/09/2009

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 00870760527 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0411/09
AL N.
0417/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/09/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0188/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S10 *Campione:* - *Profondità (m):* 1.00-4.40

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 9 *fogli esclusa la copertina.*

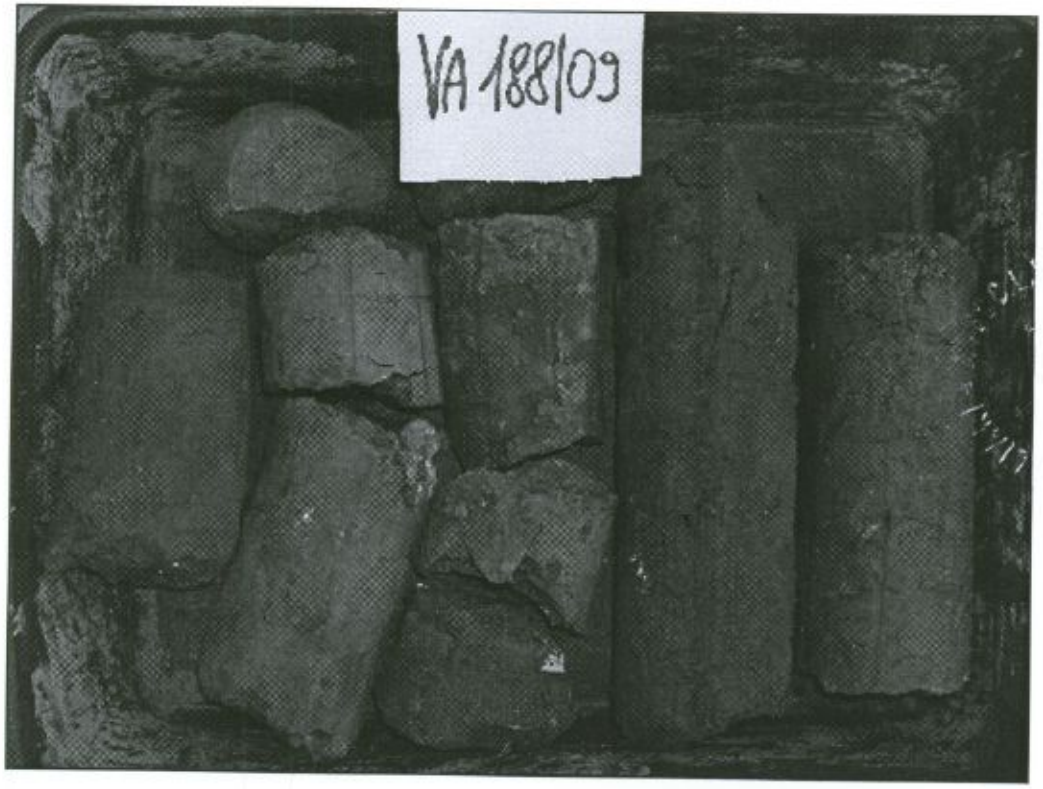
Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009 *Data apertura:* 27/07/2009
V.Acc. N. 0188/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S10 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.40
Modalità di campionatura: Camp.Sciolto
Qualità del campione: Q2

Descrizione visuale:
Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)



Prove richieste:
Determinazione del contenuto d'acqua
Determinazione della massa volumica apparente
Determinazione della massa volumica apparente secca
Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica
Limiti di liquidità e plasticità
Prova di costipamento proctor
Determinazione del coefficiente di permeabilità

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- e-mail pangeo@cybermarket.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del contenuto di acqua (ASTM D 2216)

Committente	Gamma Geoservizi s.r.l.		
Cantiere	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere		
Data consegna campione	21/07/2009		
Data apertura campione	27/07/2009		
V.Acc. N.	0188/09	*del*	21/07/09
Sondaggio	S10	*Campione:*	-
Profondità (m)	1.00-4.40		

Descrizione Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova	21/07/2009
Data fine prova	22/07/2009

Contenuto di acqua
17.80%

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica allo stato naturale mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	27/07/2009
V.Acc. N.	0188/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S10
Prof. (m):	1.00-4.40
Campione:	-
Descrizione:	Limo con argilla deb. Sabbioso marrone (Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)
Data inizio prova:	27/07/2009
Data fine prova:	27/07/2009

Massa Volumica allo stato naturale

1.669

(Mg/m^3)

Certificato Ufficiale N°: 0412/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della densità secca mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	27/07/2009
V.Acc. N.	0188/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S10
Campione:	-
Prof. (m):	1.00-4.40
Descrizione:	Limo con argilla deb. Sabbioso marrone (Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)
Data inizio prova:	27/07/2009
Data fine prova:	28/07/2009

Massa Volumica apparente secca

1.434

(Mg/m^3)

Rapporto prova N°: 0028/09 pag. 1 di 1 Data 10/09/2009

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 27/07/2009
Denominazione co S10
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40
V.Acc. N. 0188/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova: 04/08/2009
Data fine prova: 04/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.635
Mg/m^3

Certificato Ufficiale n° **0413/09 pag. 1 di 1** Data Certificato **10/09/09**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S10

Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 27/07/2009

V.Acc. N. 0188/09
del 21/07/09

Descrizione:
Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova: 07/08/2009
Data fine prova: 10/08/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	0.000	100.000	50	0.3	4.324	95.676
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	0.000	100.000	60	0.25	4.324	95.676
2	50	0.000	100.000	6	3.35	0.000	100.000	70	0.212	5.564	94.436
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	0.000	100.000	80	0.18	5.564	94.436
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	0.808	99.192	100	0.15	5.564	94.436
1	25	0.000	100.000	12	1.7	0.808	99.192	120	0.125	7.32	92.68
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	2.104	97.896	140	0.106	7.32	92.68
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	2.104	97.896	200	0.074	8.564	91.436
5/8	16	0.000	100.000	30	0.6	3.640	96.360				
1/2	12.5	0.000	100.000	35	0.5	3.640	96.360				
3/8	9.5	0.000	100.000	40	0.425	4.324	95.676				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.049483	97.395993	89.055	0.00299	45.97798	42.0404	0.00000			0.00000		
0.035400	95.789180	87.586	0.00214	42.76436	39.1020	0.00000			0.00000		
0.025319	94.182368	86.117	0.00127	36.33711	33.2252	0.00000			0.00000		
0.018692	87.755116	80.240	0.00090	34.73029	31.7560	0.00000			0.00000		
0.013753	81.327865	74.363	0.00074	33.12348	30.2868	0.00000			0.00000		
0.010420	74.900614	68.486	0.00064	32.48076	29.6991	0.00000			0.00000		
0.007688	66.866550	61.140	0.00000			0.00000			0.00000		
0.005653	58.832486	53.794	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004116	52.405235	47.917	0.00000			0.00000			0.00000		

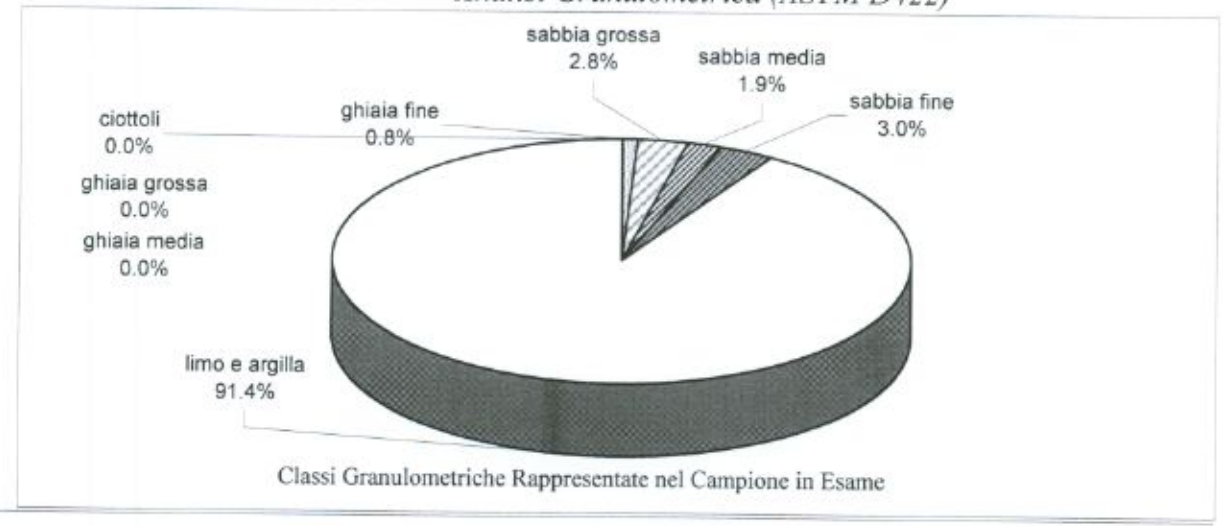
Certificato Ufficiale N° 0414/09 pag. 1 di 2 **Data Certificato 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

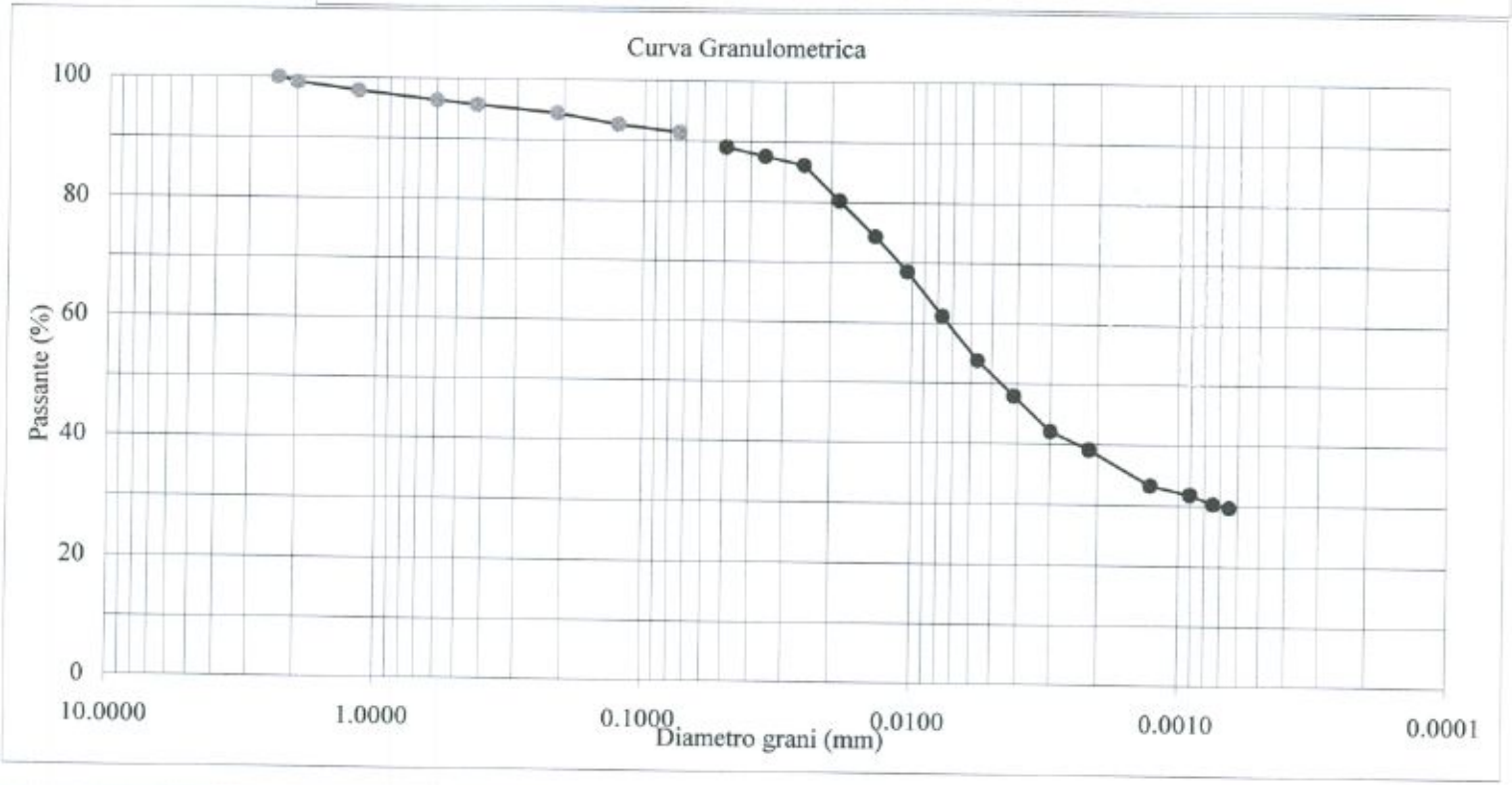
PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 27/07/2009
V.Acc. N. 0188/09
del 21/07/2009



Sondaggio S10
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40

Descrizione:
Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova 07/08/2009
Data fine prova 10/08/2009

Certificato Ufficiale N° 0414/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

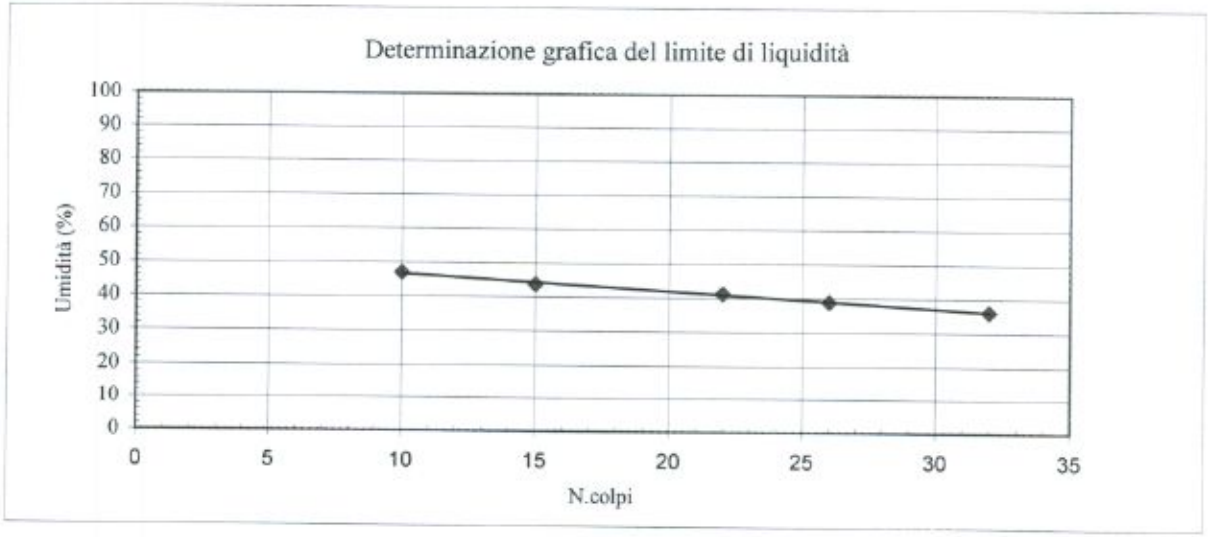
Limiti di Atterberg (ASTM D4318-D427)

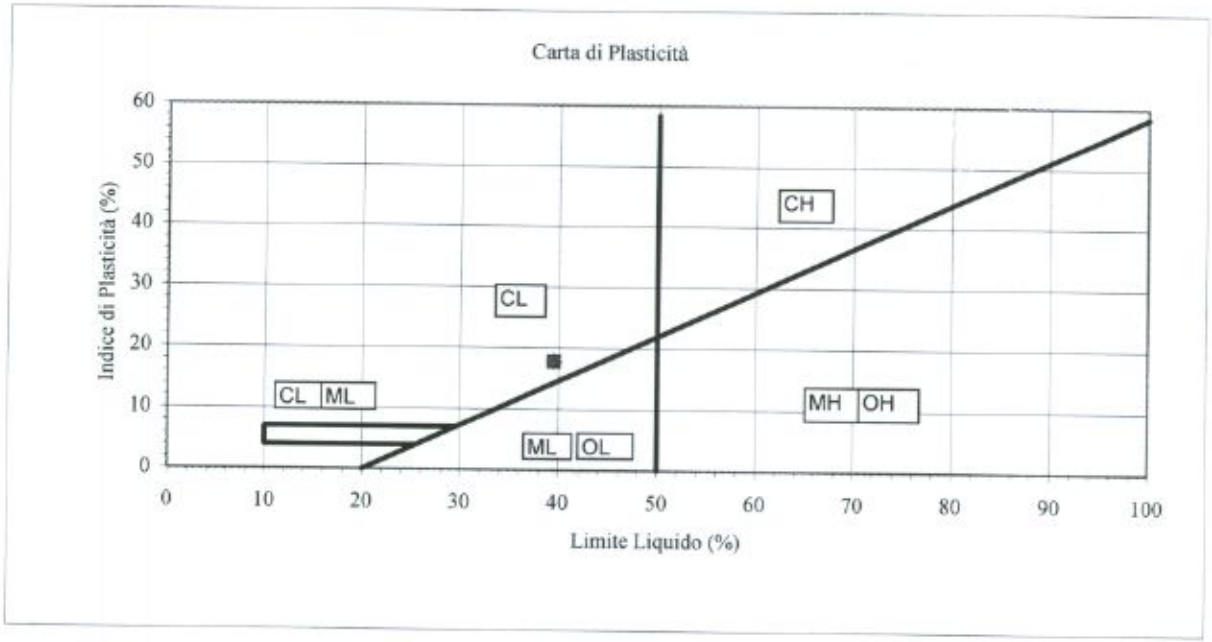
Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
V.Acc. N. 0188/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S10 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.40
Descrizione: Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Data inizio prova: 07/08/2009
Data fine prova: 08/08/2009

W (%) 17.80

Limite di liquidità	39.48
Limite di plasticità	21.67
Indice di plasticità	17.81
Indice di consistenza	1.22
Limite di ritiro	n.rich.





Certificato Ufficiale N° 0415/09 pag. 1 di 1 Data Certificato 10/09/09

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del coefficiente di permeabilità diretta
(mediante Permeametro a carico variabile)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione 21/07/09
Data apertura campione 27/07/09
Sondaggio S10
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.40
V.Acc. N. 0188/09
del 21/07/09

Descrizione: Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)

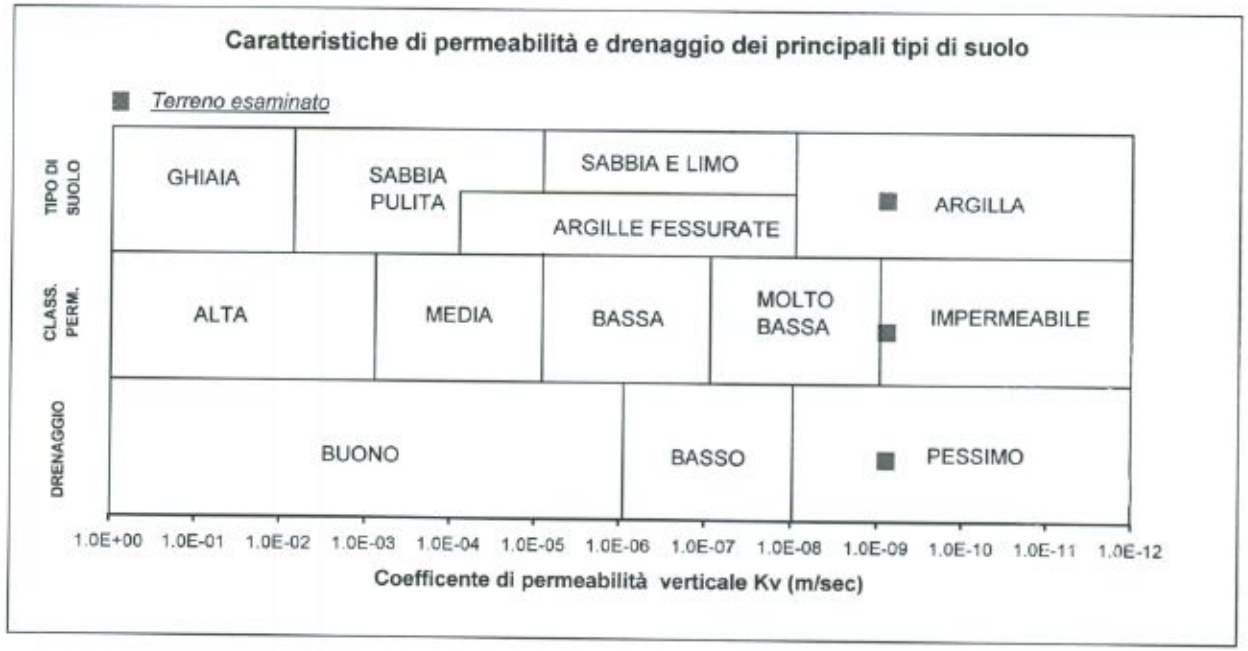
Data inizio prova 06/08/09
Data fine prova 10/08/09

Grandezze di Stato:

W (%) 19.70%
ρ (Mg/m³) 2.02
ρd (Mg/m³) 1.68

Osservazioni:
Unità di misura alternative

7.74E-08 cm/sec
7.74E-07 mm/sec
4.64E-05 mm/min
0.00279 mm/h
24.402 mm/anno



Coefficiente di permeabilità diretta "K"
(m/sec)

7.74E-10

Certificato n° 0416/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato 10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Costipamento Proctor (A.A.S.H.T.O.)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

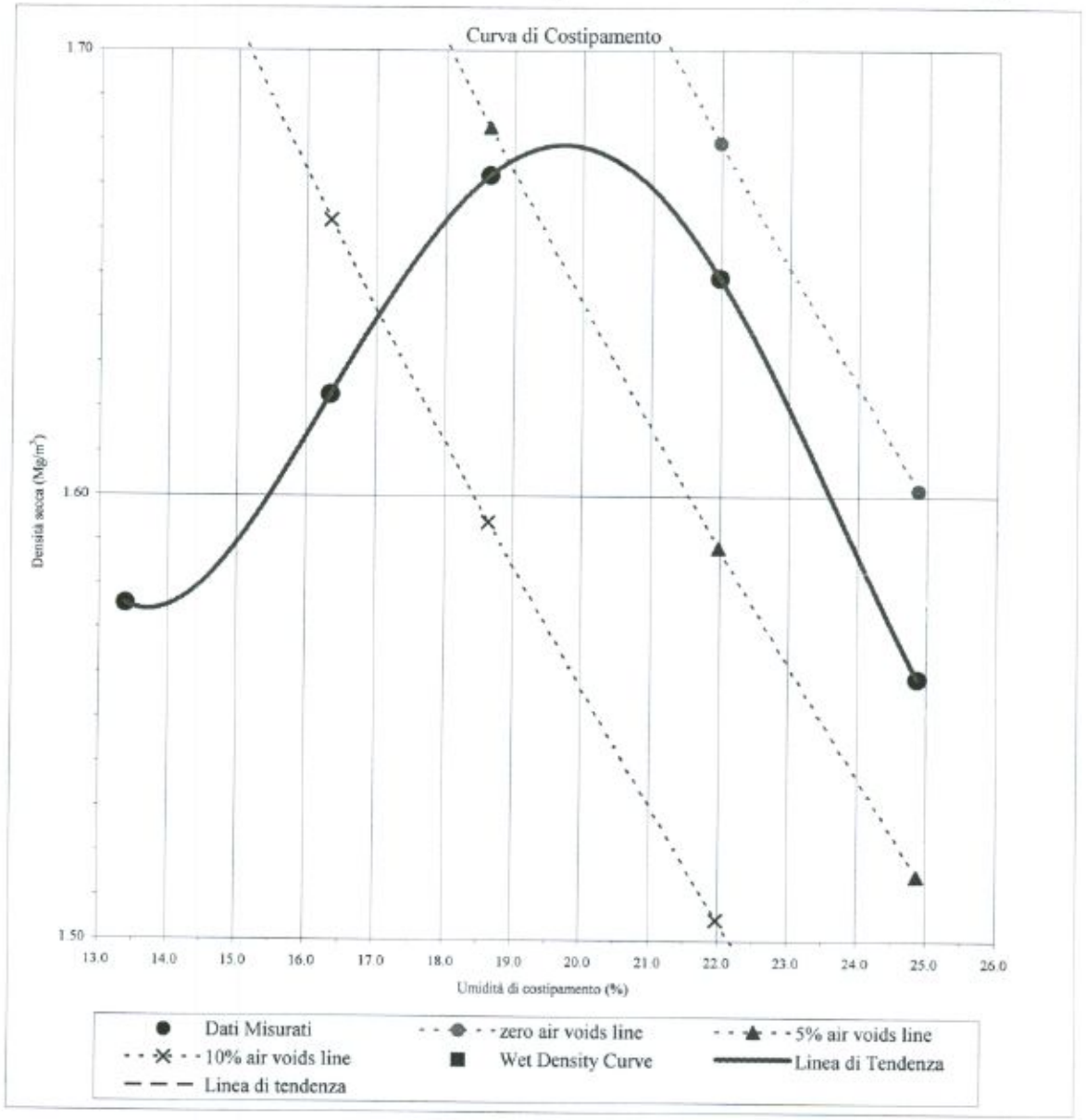
Data inizio prova: 05/08/2009
Data fine prova: 10/08/2009
Sondaggio: S10 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.40
Verbale d'accettazione N. 0188/09
del: 21/07/2009
Descrizione:
Limo con argilla deb. Sabbioso marrone
(Rif. Munsell 105YR3/6 Dark Yellowish Brown)

Proprietà indici allo stato naturale:
W(%) 17.802

Metodo di Costipamento:
Standard

Optimum Proctor

Umidità W(%)	19.7
Dens. Secca max. ρd (Mg/m³)	1.679



Certificato Ufficiale N° 0417/09 pag. 1 di 1
Data Certificato 10/09/2009

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

ISVEA

Istituto per lo Sviluppo Viticolo Enologico ed Agroindustriale - Dr. C. Iozzi

RAPPORTO DI PROVA n° 0927564 del 18/08/2009

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto alla prova. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto solo per intero. La riproduzione parziale deve essere autorizzata con approvazione scritta da Isvea S.r.l.

Ove non richiesto da specifica normativa, i campioni non si conservano per tempi superiori a quelli necessari per completare le analisi. In ogni caso, dopo l'esecuzione dell'analisi, se non espressamente richiesto, i campioni non vengono nè restituiti nè resi disponibili in alcun modo.

S/D

Campione	0927564	Data di ricevimento	29/07/2009	Pagina	1 di 1

Committente
PANGEO S.N.C. di Campatelli Leonardo e C.
VIA SANGALLO, 110/A
53036 POGGIBONSI SI

Matrice: Terreno — Campionamento effettuato da: cliente
Identificazione: VA188/09 TERRENO SIGLA IA08/09

Descrizione Analisi	*Metodo*	*U.M.*	*Risultato*	*Rilevabilità*	*Limiti m=min. M=Max*	*Data inizio*	*Data fine*	*Note*
Arsenico	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**29.3**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Cadmio	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.2**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Cromo Totale	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**20.0**	0.05		29/07/09	17/08/09	
Mercurio Totale	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**0.6**	0,05		29/07/09	17/08/09	
Nichel	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**49.4**	0.25		29/07/09	17/08/09	
Piombo	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**28.7**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Rame	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**48.1**	0.2		29/07/09	17/08/09	
Zinco	*XI.2 del D.M. 13/09/1999*	mg/kg s.s.	**51.2**	5		29/07/09	17/08/09	
Idrocarburi Leggeri C<12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	
Idrocarburi Pesanti C>12	*ISO TR 11046:1994 B*	mg/kg s.s.	N.R.	0.5		29/07/09	05/08/09	

Note: N.R.: Non rilevabile sperimentalmente

Poggibonsi lì, 18/08/2009

Questo Rapporto di Prova rappresenta la copia conforme di file firmato elettronicamente, ai sensi di legge.
Il file, oltre ad essere inviato al committente, è conservato negli archivi informatici di Isvea s.r.l. per almeno 10 anni.
Il committente può richiedere il file in qualsiasi momento durante tutto il periodo di conservazione.

FINE RAPPORTO DI PROVA

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Alessandro Cavaglioni
Ordine dei Chimici della Toscana n° 1494

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0418/09
AL N.
0423/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/09/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0189/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S11 *Campione:* - *Profondità (m):* 1.00-4.50

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **8** *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009 *Data apertura:* 06/08/2009
V.Acc. N. 0189/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S11 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.50
Modalità di campionatura: Camp.Sciolto
Qualità del campione: Q2

Descrizione visuale:
Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)

Prove richieste:
Determinazione del contenuto d'acqua
Determinazione della massa volumica apparente
Determinazione della massa volumica apparente secca
Determinazione della massa volumica dei granuli
Analisi Granulometrica

Prova di costipamento proctor
Determinazione del coefficiente di permeabilità

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- e-mail pangeo@cybermarket.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del contenuto di acqua *(ASTM D 2216)*

Committente	Gamma Geoservizi s.r.l.		
Cantiere	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere		
Data consegna campione	21/07/2009		
Data apertura campione	06/08/2009		
V.Acc. N.	0189/09	*del*	21/07/09
Sondaggio	S11	*Campione:*	-
Profondità (m)	1.00-4.50		

Descrizione Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)

Data inizio prova	06/08/2009
Data fine prova	07/08/2009

Contenuto di acqua
20.43%

Certificato Ufficiale N. **0418/09 pag. 1 di 1** ***data:*** **10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campanelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica allo stato naturale mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	06/08/2009
V.Acc. N.	0189/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S11
Prof. (m):	1.00-4.50
Campione:	-
Descrizione:	Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)
Data inizio prova:	06/08/2009
Data fine prova:	06/08/2009

Massa Volumica allo stato naturale

2.084

(Mg/m^3)

Certificato Ufficiale N°: 0419/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della densità secca mediante fustella tarata (BS1377 T15/e)

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna:	21/07/2009
Data apertura campione	06/08/2009
V.Acc. N.	0189/09
del	21/07/2009
Sondaggio	S11
Campione:	-
Prof. (m):	1.00-4.50
Descrizione:	Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)
Data inizio prova:	06/08/2009
Data fine prova:	07/08/2009

Massa Volumica apparente secca

1.730

(Mg/m^3)

Rapporto prova N°: 0029/09 pag. 1 di 1 Data 10/09/2009

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione della massa volumica dei granuli (UNI EN1097-6)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 06/08/2009
Denominazione co S11
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50
V.Acc. N. 0189/09
del 21/07/2009

Descrizione: Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)

Data inizio prova: 06/08/2009
Data fine prova: 07/08/2009

Massa volumica dei granuli

2.691
Mg/m^3

Certificato Ufficiale n° **0420/09 pag. 1 di 1** Data Certificato **10/09/09**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio S11

Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50

Data consegna Campione: 21/07/2009
Data apertura Campione: 06/08/2009

V.Acc. N. 0189/09
del 21/07/09

Descrizione:
Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)

Data inizio prova: 06/08/2009
Data fine prova: 10/08/2009

Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %	Setaccio ASTM	Diametro Grani mm.	Trattenuto %	Passante %
3	75	0.000	100.000	1/4	6.3	0.000	100.000	50	0.3	2.95	97.05
2.5	63	0.000	100.000	4	4.75	0.000	100.000	60	0.25	2.95	97.05
2	50	0.000	100.000	6	3.35	0.000	100.000	70	0.212	4.356667	95.64333
1 1/2	37.5	0.000	100.000	8	2.36	0.000	100.000	80	0.18	4.356667	95.64333
1 1/4	31.5	0.000	100.000	10	2	0.860	99.140	100	0.15	4.356667	95.64333
1	25	0.000	100.000	12	1.7	0.860	99.140	120	0.125	6.266667	93.73333
7/8	22.4	0.000	100.000	16	1.18	1.393	98.607	140	0.106	6.266667	93.73333
3/4	19	0.000	100.000	20	0.85	1.393	98.607	200	0.074	8.296667	91.70333
5/8	16	0.000	100.000	30	0.6	2.307	97.693				
1/2	12.5	0.000	100.000	35	0.5	2.307	97.693				
3/8	9.5	0.000	100.000	40	0.425	2.950	97.050				

Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %	Diametro grani mm.	Passante Parziale %	Passante Totale %
0.050944	96.308253	88.318	0.00315	45.00541	41.2715	0.00000			0.00000		
0.037404	91.498612	83.907	0.00230	36.98935	33.9205	0.00000			0.00000		
0.027390	86.688970	79.497	0.00136	32.17971	29.5099	0.00000			0.00000		
0.020012	81.879329	75.086	0.00098	27.37006	25.0993	0.00000			0.00000		
0.014591	77.069688	70.675	0.00081	24.16364	22.1589	0.00000			0.00000		
0.010969	72.260047	66.265	0.00071	21.91914	20.1006	0.00000			0.00000		
0.008041	65.847193	60.384	0.00000			0.00000			0.00000		
0.005881	59.434338	54.503	0.00000			0.00000			0.00000		
0.004324	51.418269	47.152	0.00000			0.00000			0.00000		

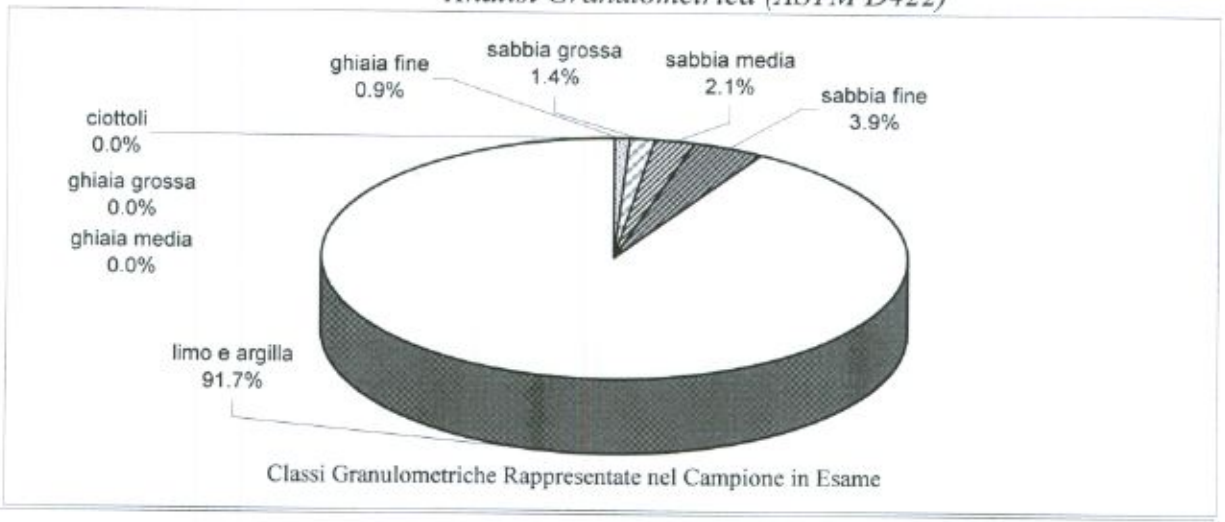
Certificato Ufficiale N° 0421/09 pag. 1 di 2 **Data Certificato 10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

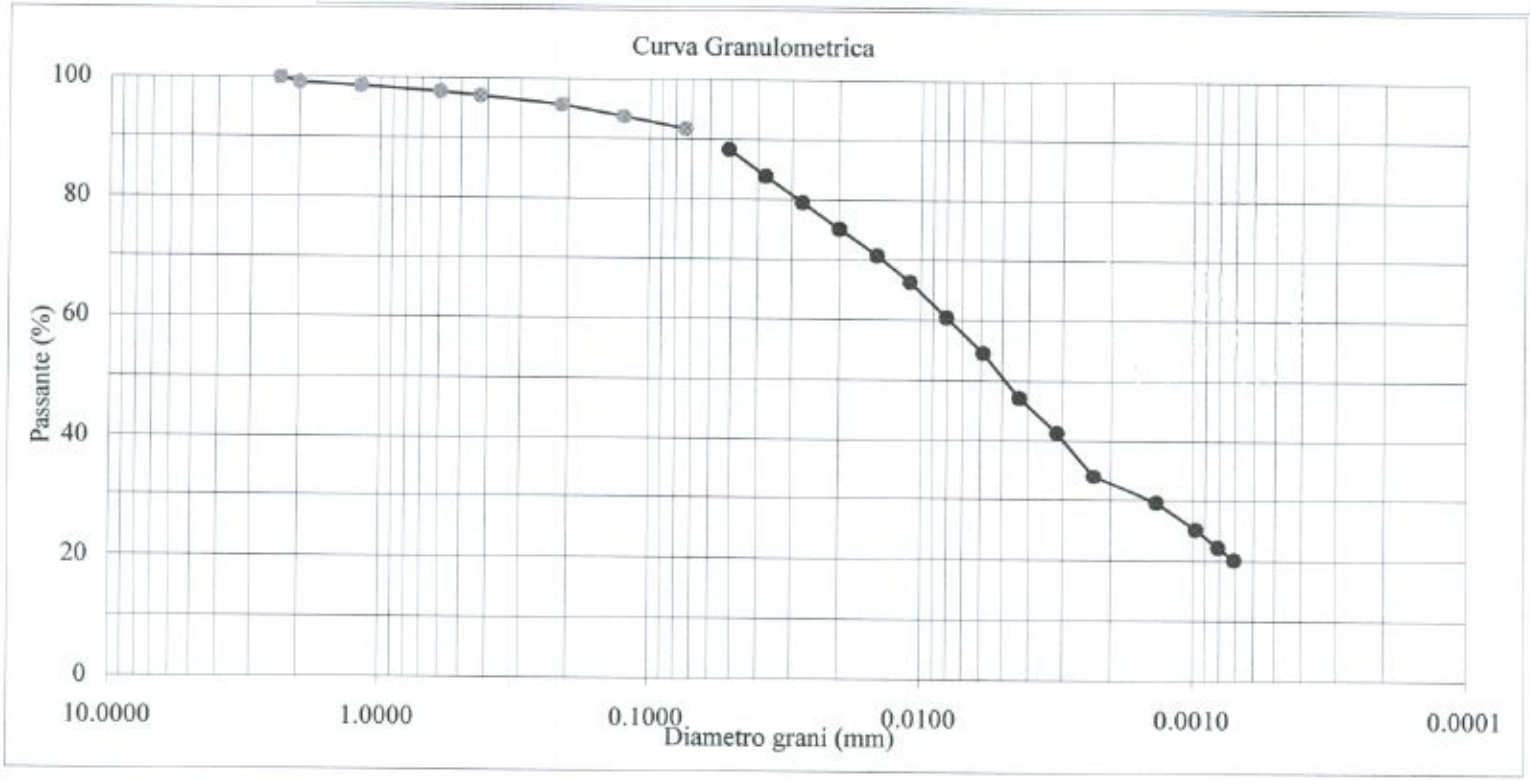
PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Analisi Granulometrica (ASTM D422)



Classi Granulometriche Rappresentate nel Campione in Esame

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna Campione 21/07/2009
Data apertura Campione 06/08/2009
V.Acc. N. 0189/09
del 21/07/2009



Sondaggio S11
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50

Descrizione:
Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)

Data inizio prova 06/08/2009
Data fine prova 10/08/2009

Certificato Ufficiale N° 0421/09 pag.2 di 2 **Data Certificato** **10/09/2009**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Determinazione del coefficiente di permeabilità diretta
(mediante Permeametro a carico variabile)

Committente Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione 21/07/09
Data apertura campione 06/08/09
Sondaggio S11
Campione -
Profondità (m) 1.00-4.50
V.Acc. N. 0189/09
del 21/07/09

Descrizione: Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone (Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)

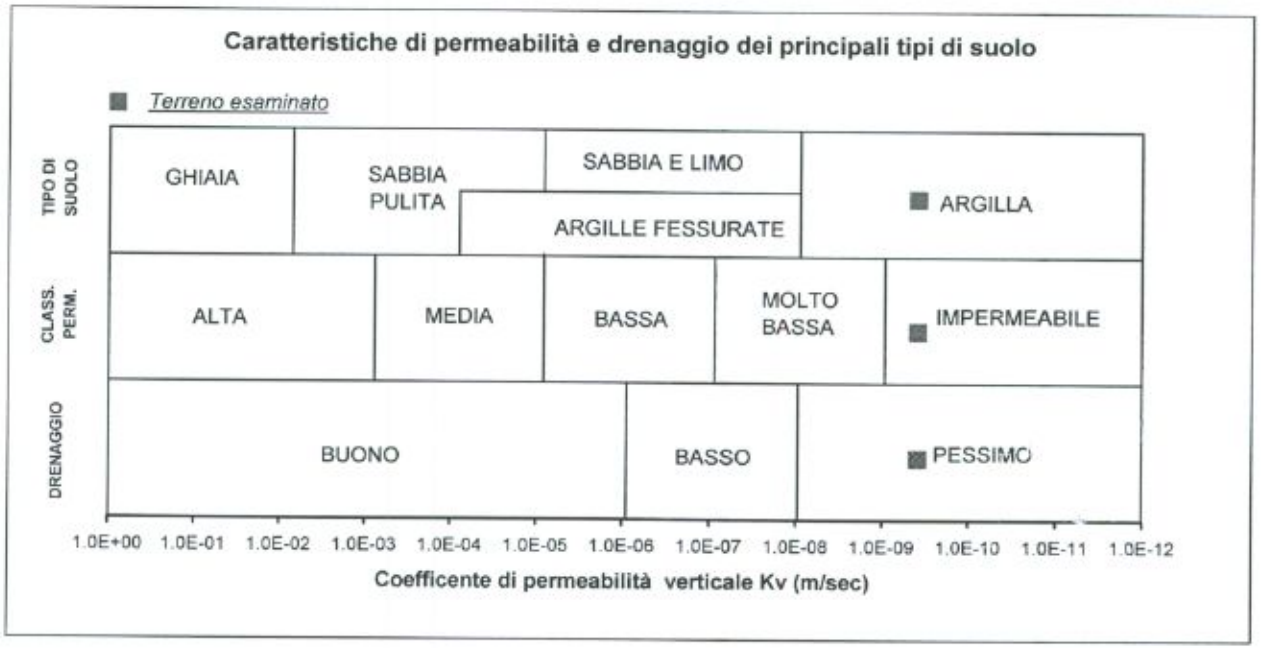
Data inizio prova 08/08/09
Data fine prova 10/08/09

Grandezze di Stato:

W (%) 20.60%
ρ (Mg/m³) 2.06
ρd (Mg/m³) 1.70

Osservazioni:
Unità di misura alternative

3.84E-08 cm/sec
3.84E-07 mm/sec
2.31E-05 mm/min
0.00138 mm/h
12.115 mm/anno



Coefficiente di permeabilità diretta "K"
(m/sec)

3.84E-10

Certificato n° 0422/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato 10/09/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campanelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Costipamento Proctor (A.A.S.H.T.O.)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

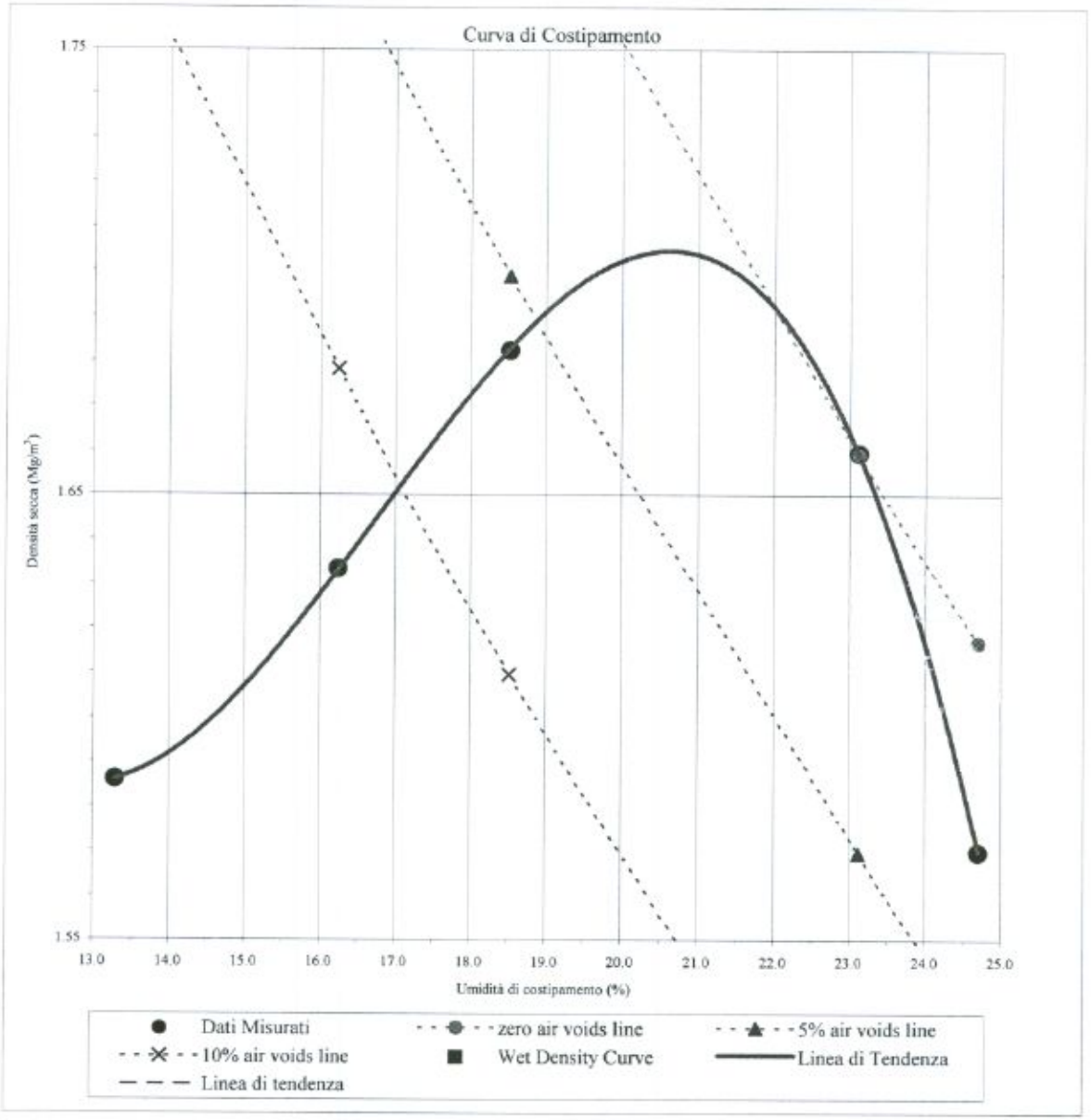
Data inizio prova: 06/08/2009
Data fine prova: 08/08/2009
Sondaggio: S11 *Campione:* -
Prof. (m): 1.00-4.50
Verbale d'accettazione N. 0189/09
del: 21/07/2009
Descrizione:
Limo con Argilla debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 2.5Y3/3 Olive Brown)

Proprietà indici allo stato naturale:
W(%) 20.430

Metodo di Costipamento:
Standard

Optimum Proctor

Umidità W(%)	20.6
Dens. Secca max. ρd (Mg/m³)	1.704



Certificato Ufficiale N° 0423/09 pag. 1 di 1
Data Certificato 10/09/2009

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0385/09
AL N.
0385/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/08/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0182/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S2 *Campione:* C1 *Profondità (m):* 4.30-4.90

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 1 *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

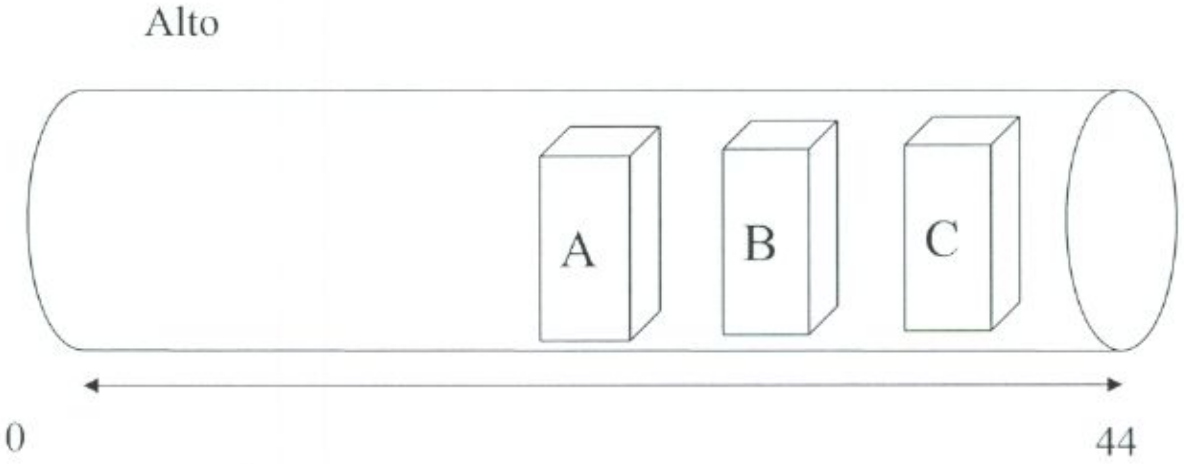
Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna: 21/07/2009 *Data apertura:* 30/07/2009
V.Acc. N. 0182/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S2 *Campione:* C1
Prof. (m): 4.30-4.90
Modalità di campionatura: Camp.Shelby
Qualità del campione: Q5

A	*Provino per:*	Taglio diretto
B	*Provino per:*	Taglio diretto
C	*Provino per:*	Taglio diretto

Descrizione visuale:
Sabbia limosa marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)
alternato a lenti sabbiose e
sabbioso ghiaiose

Prove richieste:

Taglio diretto Casagrande



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO

PANGEO s.n.c. di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www: pangeo.it
C.F. P. IVA e Reg. Imprese CCIAA SI 0087076 052 7 - REA SI 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993

Prova di Taglio Diretto (ASTM D3080)

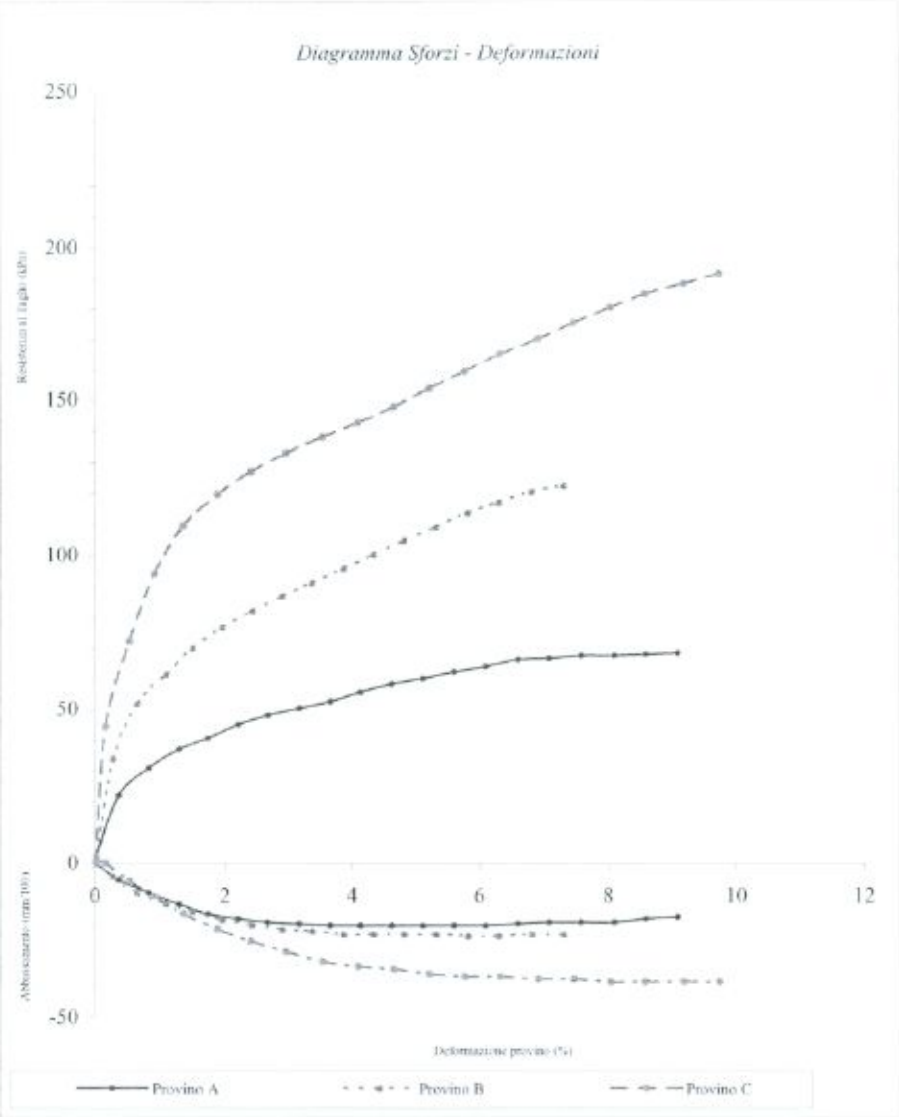
Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 30/07/2009
Verb. Acc. N. 0182/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S2 *Campione:* C1
Prof: (m) 4.30-4.90

Descrizione Sabbia limosa marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova 30/07/09
Data fine prova 03/08/09

Velocità di deform. media : *(mm/min)* 0.002
Dimensione dei provini : *(mm)* *60*60*
Umidità media del campione: 34.21%

Provino			A	B	C
Umidità naturale	W in.	Iniziale	38.61%	31.90%	32.30%
Umidità naturale	W fin.	finale	30.12%	23.08%	23.34%
Massa volumica apparente		ρ (Mg/m³)	1.79	1.87	1.82
Massa volumica apparente secca		ρd (Mg/m³)	1.29	1.42	1.38



Certificato Ufficiale n° 0385/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 10/08/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio:

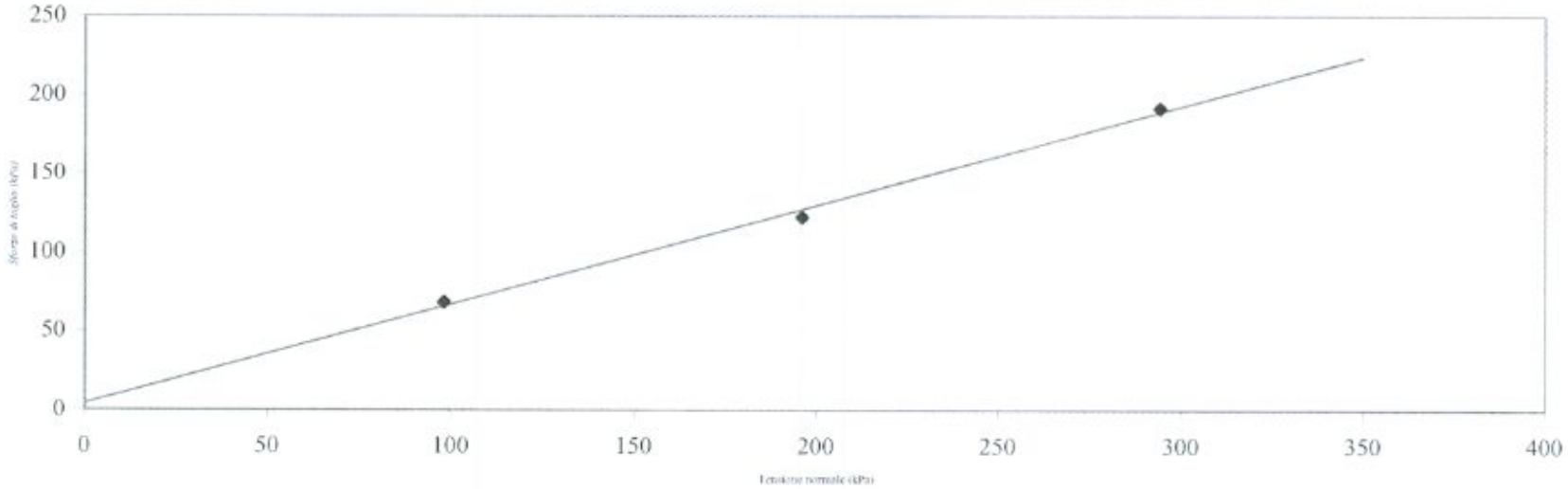
Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.			
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere	Massa volumica apparente media	ρ (Mg/m^3)	1.83
Sondaggio:	S2	Massa volumica apparente secca media	ρd (Mg/m^3)	1.36
Campione:	C1	Umidità media del campione (%)		34.21%
Prof: (m)	4.30-4.90			

Provino		A	B	C
Tensione verticale σv (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di picco	Sforzo di taglio max. τf (kPa)	68.26	122.41	191.27
	Deformazione provino (%)	9.079	7.295	9.734
	Abbassamento (mm)	-0.174	-0.229	-0.383

Attrito Interno ϕ'	32.1°
Coesione c' (kPa)	4.300

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



N. 0390

PANGEO	VERBALE DI ACCETTAZIONE	PS 75-01/VA Rev. 02 Data: 25/06/03

N. COMMESSA 59/09

VERBALE DI ACCETTAZIONE N. 182/09 Del: 21.07.09

Il richiedente: Dott. Geol. Gabriele Canzonetti in qualità di: D.L.

Con lettera di richiesta prove Protocollo n. 59/09

consegna / invia al laboratorio Pangeo il campione sottoindicato:

Committente: GammaGeo Servizi

Cantiere di prelievo: Massa Marittima (GR) Gora delle Ferriere

Data di consegna: 21.07.09

Sigla	Profondità	Descrizione
S2 C1	4.30-4.90	Campione Shelby

Intestazione Certificato: GammaGeo Servizi

N. Copie Conformi: 1

Prelievo del campione a cura di:

- [ ] PANGEO
- [ ] Nostro incaricato
- [x] Il richiedente/altro incaricato

Firma

- [ ] CAMPIONE NON ACCETTATO

Motivazione:

Timbro e Firma

- [x] CAMPIONE ACCETTATO

Timbro e Firma

PANGEO

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio qualificato

Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

N. 100

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0404/09
AL N.
0404/09

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/08/2009

Intestatario certificati: Gamma Geoservizi s.r.l.

Verbale di accettazione: VA 0186/09 *del:* 21/07/2009

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere

Sondaggio: S7 *Campione:* C1 *Profondità (m):* 4.20-4.80

Nelle pagine seguenti sono riportati:

* le date di esecuzione delle prove;
* il tipo di prova;
* l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
* i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. 1 *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

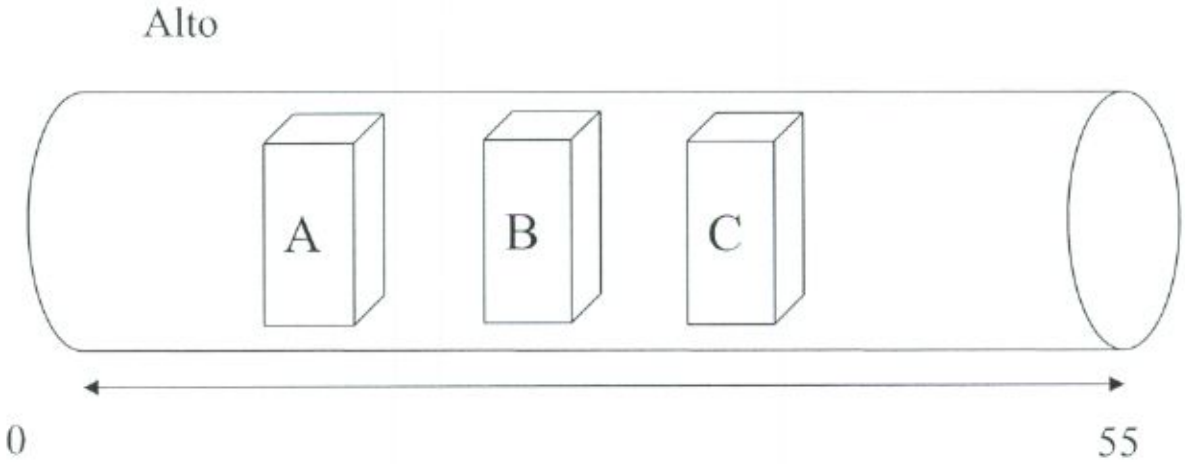
Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna: 21/07/2009 *Data apertura:* 03/08/2009
V.Acc. N. 0186/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S7 *Campione:* C1
Prof. (m): 4.20-4.80
Modalità di campionatura: Camp.Shelby
Qualità del campione: Q5

A	*Provino per:*	Taglio diretto
B	*Provino per:*	Taglio diretto
C	*Provino per:*	Taglio diretto

Descrizione visuale:
Ghiaia fine con sabbia in matrice limosa marrone
(Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Prove richieste:
Tahlio diretto Casagrande



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio:

PANGEO

PANGEO s.n.c. di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
C.F. P. IVA e Reg. Imprese CCIAA SI 0087076 052 7 - REA SI 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993

Prova di Taglio Diretto (ASTM D3080)

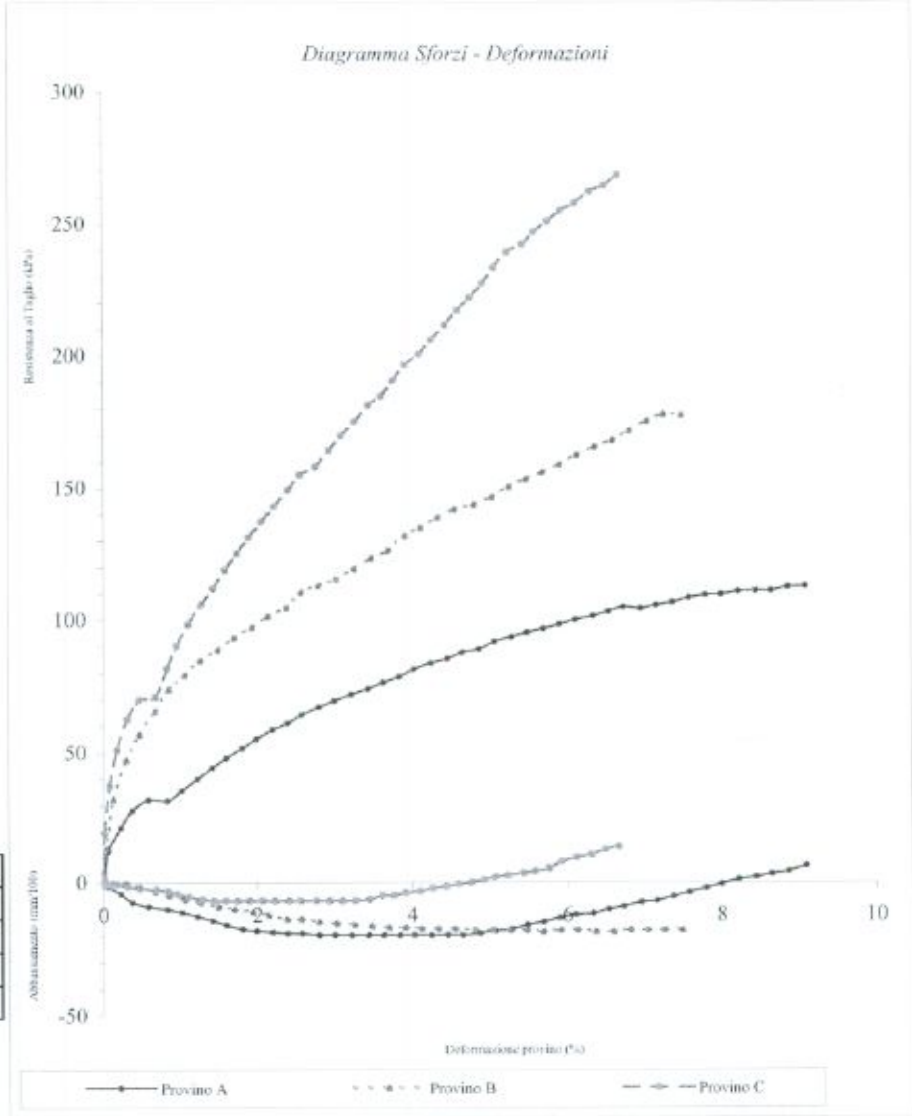
Committente: Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere: Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Data consegna campione: 21/07/2009
Data apertura campione: 03/08/2009
Verb. Acc. N. 0186/09 *del* 21/07/2009
Sondaggio: S7 *Campione:* C1
Prof: (m) 4.20-4.80

Descrizione Ghiaia fine con sabbia in matrice limosa marrone (Rif. Munsell 2.5Y4/4 Olive Brown)

Data inizio prova 01/08/09
Data fine prova 03/08/09

Velocità di deform. media : *(mm/min)* 0.002
Dimensione dei provini : *(mm)* *60*60*
Umidità media del campione: 15.57%

Provino			A	B	C
Umidità naturale	W in.	Iniziale	19.97%	19.00%	14.50%
Umidità naturale	W fin.	finale	17.98%	15.11%	13.50%
Massa volumica apparente		ρ (Mg/m³)	2.10	2.21	2.16
Massa volumica apparente secca		ρd (Mg/m³)	1.75	1.86	1.88



Certificato Ufficiale n° 404/09 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 10/08/09**

Lo Sperimentatore:

Il Direttore del Laboratorio

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

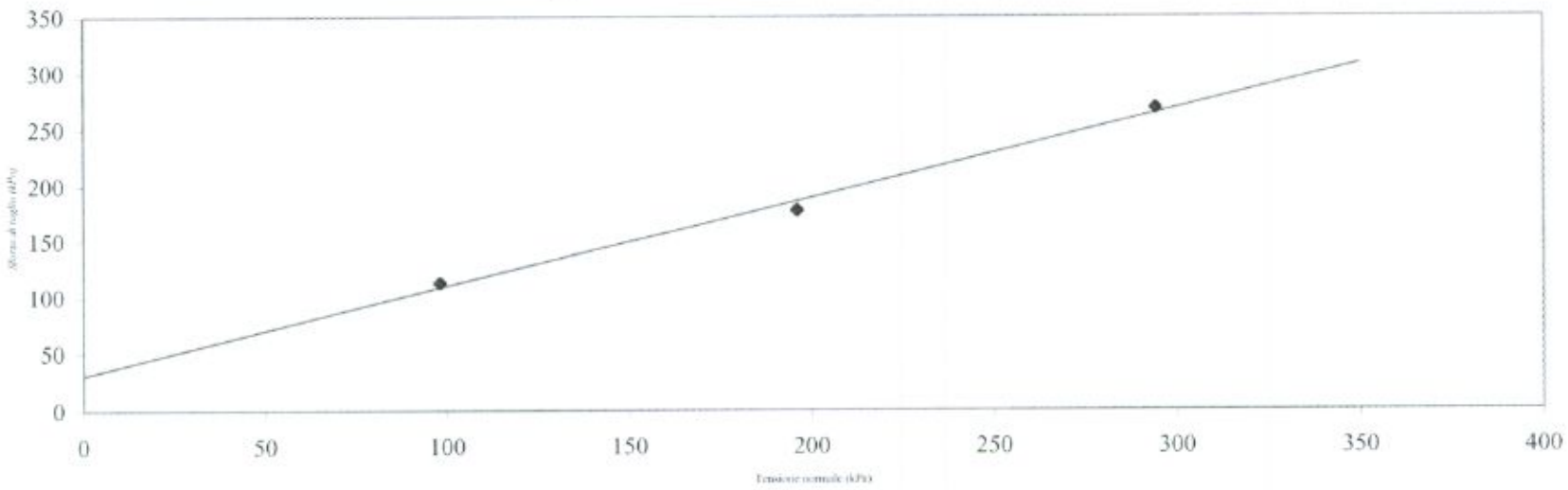
Committente:	Gamma Geoservizi s.r.l.
Cantiere:	Massa Marittima (GR) Gora della Ferriere
Sondaggio:	S7
Campione:	C1
Prof: (m)	4.20-4.80

Massa volumica apparente media	ρ (Mg/m^3)	2.16
Massa volumica apparente secca media	ρd (Mg/m^3)	1.83
Umidità media del campione (%)		15.57%

Provino		A	B	C
Tensione verticale σv (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di picco	Sforzo di taglio max. τf (kPa)	112.77	177.91	268.29
	Deformazione provino (%)	9.088	7.251	6.658
	Abbassamento (mm)	0.063	-0.177	0.137

Attrito Interno ϕ'	38.4°
Coesione c' (kPa)	30.795

Diagramma Tensione normale-Sforzo di Taglio



N. 0394

PANGEO	VERBALE DI ACCETTAZIONE	PS 75-01/VA Rev. 02 Data: 25/06/03

N. COMMESSA 59/09

VERBALE DI ACCETTAZIONE N. 186/09 Del: 21.07.09

Il richiedente: Dott. Geol. Gabriele Canzonetti in qualità di: D.L.

Con lettera di richiesta prove Protocollo n. 59/09

consegna / invia al laboratorio Pangeo il campione sottoindicato:

Committente: GammaGeo Servizi

Cantiere di prelievo: Massa Marittima (GR) Gora delle Ferriere

Data di consegna: 21.07.09

Sigla	Profondità	Descrizione
S7 C1	4.20-4.80	Campione Shelby

Intestazione Certificato: GammaGeo Servizi

N. Copie Conformi: 1

Prelievo del campione a cura di:

- [ ] PANGEO
- [ ] Nostro incaricato
- [X] Il richiedente/altro incaricato

Firma

- [ ] CAMPIONE NON ACCETTATO

Motivazione:

Timbro e Firma

- [X] CAMPIONE ACCETTATO

Timbro e Firma

PANGEO

consorzio di bonifica alta maremma

INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE, GEOFISICHE E CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DELLE ACQUE A SUPPORTO AL PROGETTO FINALIZZATO ALLA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL "FIUME PECORA" E DELLA "GORA DELLE FERRIERE" NEI COMUNI DI SCARLINO E MASSA MARITTIMA – PROVINCIA DI GROSSETO

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RELAZIONE

Gruppo di lavoro: Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti Coordinatore e D.L. per le indagini

Dr. Geol, Stefano Bianchi

Dr. Chim. Sara Fanciulletti

Dr. Geol. Jacopo Sabatini

Giugno 2013

STUDIO TECNICO ASSOCIATO

STALF

p.i. e c.f 01389340538

DR. F. FANCIULLETTI - GEOLOGO
DR. L. MACII - ARCHITETTO
Via A. Meucci, 4 - 58022 FOLLONICA (GR) Tel e fax 0566 090075
E-mail Geolfab@hotmail.it PEC studiostalf@epap.sicurezzapostale.it
Cell. 338 6281063

Sommario

1 – PREMESSA 4

2 – UBICAZIONE 5

3 – CENNI DI GEOLOGIA 6

4 – CAMPAGNE GEOGNOSTICHE 7

4.1 DICEMBRE 2007 7

4.1.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate 7

4.1.2 – Prove di laboratorio 8

4.2 LUGLIO 2009 9

4.2.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate 10

4.2.2 – Prove di laboratorio 11

4.3 NOVEMBRE 2012/ APRILE 2013 12

4.3.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate 12

4.3.1.1 – Sondaggi geognostici 12

4.3.1.2 – Prove penetrometriche 16

4.3.1.3 – Prove Le Franc 17

4.3.1.4 – Proctor Standard 17

4.3.1.6 – Cross-Hole 20

4.3.1.6 – Indagine ELETOM 23

4.3.2 Prove di laboratorio 24

5 - RISULTATI INDAGINI GEOTECNICHE 25

5.1 - MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA 26

5.1.1 Area della "Gora delle Ferriere" 26

5.1.2 Area del "Fiume Pecora" 27

5.2 - PERMEABILITA' DEI TERRENI 28

5.3 - PROVE DI COSTIPAMENTO PROCTOR 30

5.4 - DENSITA' IN SITU 32

6 - RISULTATI INDAGINE GEOFISICA 33

6.1 - SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE 33

6.2 – CATEGORIA SISMICA DEL SUOLO MEDIANTE INDAGINE CROSS-HOLE 35

7 - PIEZOMETRIA 39

8 - GEOCHIMICA 44

8.1. ANALISI CHIMICHE E CHIMICO FISICHE 44

8.2. IDROGEOCHIMICA 52
9 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO 57
10 - VERIFICHE 57
10.1. VERIFICHE DI STABILITA' 57
10.1.1. Verifica di stabilita' delle sponde della vasca 58
10.1.3. Verifica di stabilita' scarpata Gora delle Ferriere 73
10.1.4. Verifica di stabilita' ringrosso arginale sez. PE10 78
10.2. VERIFICA CARICO A ROTTURA E CEDIMENTO ARGINE VASCA 82
10.2.1. Verifica cedimento rilevato arginale 100
10.3. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE 101
10.3.1 – Potenziale liquefazione zona argine sud 113
10.3.2 –Potenziale liquefazione zona sfioratore 119
11 - CONCLUSIONI 125

1 – PREMESSA

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" è stata eseguita, nel periodo Novembre 2012 – Aprile 2013, una campagna geognostica finalizzata alla caratterizzazione fisico meccanica e geofisica dei terreni sui quali sono previsti gli interventi per la riduzione del rischio idraulico del Fiume Pecora e della Gora delle Ferriere nei Comuni di Scarlino e Massa Marittima.

Nell'ambito dello studio sono stati monitorati anche n. 14 pozzi ubicati nelle zone limitrofe l'area in esame; sono state misurate le variazioni piezometriche e prelevati n. 6 di campioni di acque di falda sui quali sono state eseguite analisi chimiche.

Tale campagna di indagine segue quelle realizzata nel Dicembre 2007 nell'ambito della redazione del Progetto Preliminare denominato " *Lavori di indagini geognostiche finalizzate alla realizzazione di casse di espansione per la laminazione delle piene del f. Pecora in località campo Scopaione ed attività di consulenza tecnica. - Comune di Scarlino (gr) - Progetto Preliminare - Rapporto Tecnico* " e nel Luglio 2009 nell' ambito della redazione del Progetto Preliminare denominato "*Lavori di indagini geognostiche finalizzate al progetto per l'adeguamento delle sezioni di deflusso del canale demaniale Gora delle Ferriere in Località Vado all'Arancio e attività di consulenza tecnica. - Comune di Massa Marittima (GR) - Progetto Preliminare - Rapporto Tecnico* ", redatti entrambi dallo scrivente.

L'approfondimento di indagine si è reso necessario in relazione alle mutate previsioni progettuali ed alla necessità di ottemperare alle normative entrate in vigore dopo la campagna del 2007.

La campagna geognostica e geofisica è stata realizzata dalla società *MAPPO GEOGNOSTICA S.R.L.* con sede in Loc. Biagioni, 60 – 55010 Spianate (LU) ed è consistita nella realizzazione di n° 13 sondaggi a carotaggio continuo, presa di campioni indisturbati, realizzazione di prove di permeabilità ed STP in foro, prove di laboratorio geotecnico (granulometrie, Proctor, taglio, edometrica ecc.).

I campionamenti delle acque di falda sono stati effettuati direttamente dal personale qualificato in forza allo studio tecnico associato STALF e le analisi sono state effettuate da Studio Ambiente srl di Grosseto.

Lo studio si è svolto in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 14.01.08 e ss. mm. ii., alla Circolare esplicativa n° 627/2009, alla DGRT n° 36/ R/2009 ed al D.Lgsl. n° 152/2006 e ss.mm.ii; gli elaborati prodotti sono conformi a quanto disposto dall'art. 25 e seguenti (Progetto Definitivo), di cui al D.P.R 21 dicembre 1999, n° 554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni". Il campionamento e le analisi delle acque sono stati effettuati secondo quanto disposto dalle metodiche APT IRSA CNR 2003.

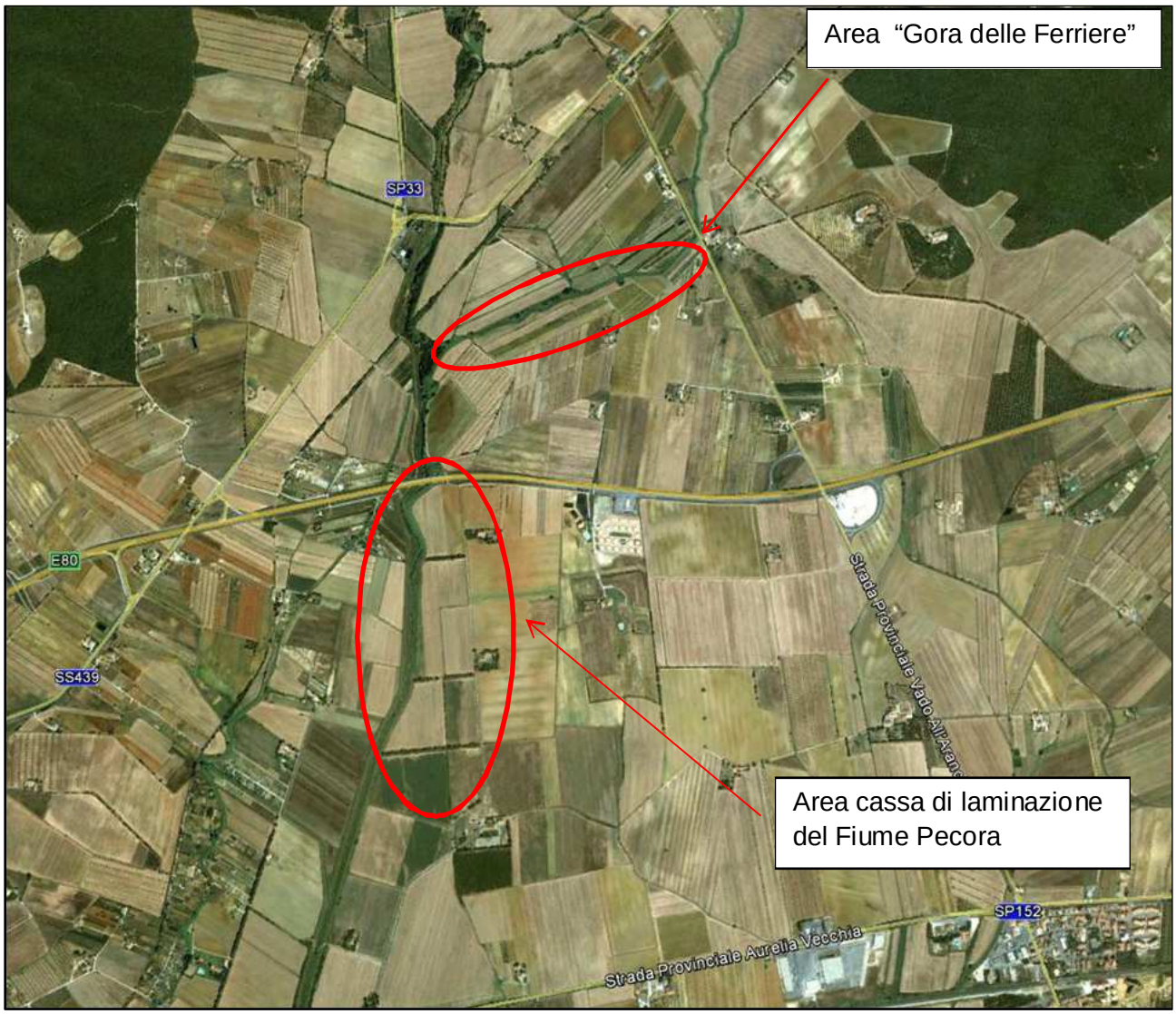
Per la redazione degli elaborati grafici è stata utilizzata la carta tecnica regionale alla scala 1:10.000 ed un rilievo topografico di dettaglio dell'area eseguito dallo Studio Geostaff.

2 – UBICAZIONE

L'area relativa al Fiume Pecora è ubicata in località Scopaione del Comune di Scarlino; si tratta di un'area di circa 50 ha in sinistra idraulica del Fiume Pecora.

Da Follonica vi si accede percorrendo la ex s.s. n° 1 Aurelia per circa 4 km dal Bivio Rondelli e quindi attraverso una strada vicinale che conduce al Pod. Santissimi Antonio e Lucia per circa 1 km.

Il tratto della Gora delle Ferriere in esame, della lunghezza di circa 1 km, è compreso tra la Località di Vado all'Arancio e l'intersezione della Gora con il Fiume Pecora, nel Comune di Massa Marittima.



3 – CENNI DI GEOLOGIA

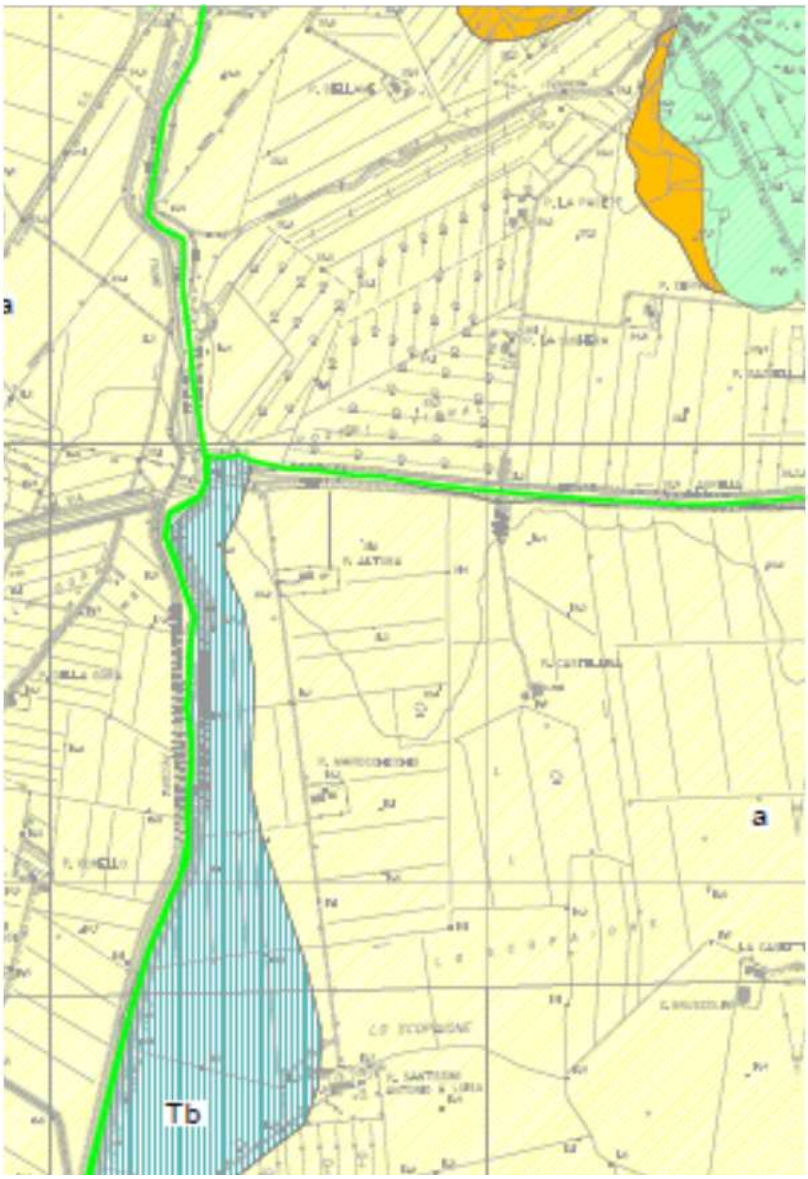
L'area in esame, che sarà interessata dalla realizzazione della cassa di laminazione del Fiume Pecora, è caratterizzata dalla presenza in affioramento, dall'alto verso il basso, delle seguenti successioni:

Terreni di bonifica: costituiti prevalentemente da limi ed argille.

Alluvioni: sono depositi continentali derivanti dalle colmate del Fiume Pecora e della Gora delle Ferriere; sono costituiti da sedimenti sciolti a composizione granulometrica variabile anche se prevalentemente limosa.

Di seguito si riporta uno stralcio non in scala della carta Geologica di cui alla Tav. 1.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA (non in scala)



L'area che sarà interessata dal ringrosso degli argini della "Gora delle Ferriere" è caratterizzata dalla presenza in affioramento di successioni costituite da depositi alluvionali Olocenici terrazzati.

Le stratigrafie dei sondaggi mostrano la presenza, per entrambe le aree in esame, di litotopi caratteristici di ambienti alluvionali con variazioni sia laterali che verticali delle componenti delle granulometrie.

Sono presenti eteropie laterali e strutture di *fining upgrading* che denotano un ambiente deposizionale estremamente variabile in cui la granulometria dei sedimenti è stata nel tempo guidata dall' energia dell' acqua nel corso fluviale – torrentizio e dai ripetuti spostamenti dei letti sia del fiume Pecora che della Gora delle Ferriere.

Modellizzazioni geologiche geotecniche e litostratigrafiche saranno proposte/discusse in seguito .

4 – CAMPAGNE GEOGNOSTICHE

4.1 DICEMBRE 2007

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" fu eseguita, nel Dicembre 2007, dall'Impresa SONDAGGI GEOFIELD S.r.l. di Viterbo, una indagine geognostica al fine di verificare la sequenza litostratigrafica e le caratteristiche idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dalla realizzazione della vasca di laminazione per la regimazione delle piene del Fiume Pecora, nel territorio comunale di Scarlino (Provincia di Grosseto) in fase di progetto preliminare.

L'indagine fu eseguita mediante il seguente schema:

- Esecuzione di n. 11 sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati
- Esecuzione di n°12 prove SPT in foro
- Esecuzione di n°10 prove di permeabilità
- N°4 prove Proctor
- N°6 Prove di taglio diretto
- N°4 prove edometriche
- Elaborazione delle stratigrafie
- Rilevazione della quota piezometrica nei fori di sondaggio
- Analisi dei dati e stesura della presente relazione.

La Direzione dei Lavori di campagna fu effettuata dal Dr. Geologo Stefano Bianchi e dal Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti alla presenza del Direttore Tecnico dell'impresa Dr. Geologo Gianfranco Graziotti. In tale occasione non furono eseguite indagini indirette.

4.1.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate

I sondaggi geognostici furono eseguiti dalla Impresa Specializzata Sondaggi Geofield S.r.l. di Viterbo utilizzando una sonda idraulica a rotazione di costruzione MASSENZA tipo Prim 70 montata su un camion MAGIRUS-DEUTZ a trazione integrale le cui caratteristiche sono le seguenti:

- Testa di rotazione: Coppia max 800-1200 K
  Giri da 0 a 300 giri/min
  Corsa utile 3600 mm
- Motore: Diesel 120 HP

- Antenna: Altezza in fase di lavoro 8 m Portata 8 t
- Pull-Down: Tiro max 7900 Kg
  Spinta max 5500 Kg
- Argano: N. 1 tornello idraulico 2500-3000 Kg
  Morsa idraulica con svitatore automatico
- Accessori: Pompa del fango NENZI 20 Atm.; pompa scarotatrice NENZI 200 Atm.
- Peso totale 5500 Kg

Le operazioni di carotaggio stratigrafico furono condotte a secco, senza impiego di fluido di circolazione, con il tradizionale sistema a "carotaggio continuo", in accordo con gli standard previsti dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana). Sono state utilizzate aste di perforazione con filettatura tronco-conica di diametro 76 mm e carotieri semplici di diametro 101 mm e lunghezza 3 metri di costruzione NENZI con corone in widia.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, in taluni casi, fu posto in opera un rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm a causa della franosità delle pareti dei fori.

Le carote estratte nel corso dei sondaggi furono sistemate in apposite cassette catalogatrici in poliuretano espanso munite di scomparti divisori e coperchio apribile.

Le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) furono condotte, secondo quanto previsto dalla normativa ASTM 1586/68, con attrezzatura normalizzata di costruzione NENZI costituita da:

- una testa di battuta in acciaio avvitata alle aste;
- un maglio di acciaio del peso di 63.7 Kg;
- un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio che assicura una corsa a caduta libera di 0.76 m.
- un campionatore chiuso a punta conica (diametro esterno 51 mm, apertura 60°)

Nel corso dei sondaggi furono prelevati dei campioni indisturbati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby spinti a pressione all'interno dello strato da sottoporre a prelievo.

I campioni prelevati furono poi inviati al laboratorio geotecnico GEOFIELD di Viterbo che eseguì analisi e prove di laboratorio.

In sintesi furono eseguiti n. 11 sondaggi geognostici contraddistinti con le sigle S1, S2, S3,…….. S11, per complessivi ml 111,8 di perforazione a carotaggio continuo ad andamento verticale e nel corso dei sondaggi furono prelevati n. 13 campioni indisturbati.

4.1.2 – Prove di laboratorio

a) - Prove eseguite:

Al fine di verificare le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei terreni attraversati nel corso dei sondaggi e di correlare le prove penetrometriche dinamiche D.P.M., furono eseguite, sui campioni di terreni granulari prelevati allo stato indisturbato o a disturbo limitato (Q.e-AGI), le seguenti prove ed analisi di laboratorio geotecnico:

- Determinazione del contenuto naturale in acqua (W in %);
- Determinazione del peso di volume (γ in g/cmc);
- Determinazione del peso specifico dei granuli (γ_s in g/cmc);
- Determinazione dell'indice dei vuoti (e), porosità (n in %) e del grado di saturazione (S in %);
- Prova di taglio diretto con Scatola di Casagrande;
- Prova edometrica
- Prova Proctor

- Analisi granulometrica per setacciatura e/o per via arometrica.

In campagna furono eseguite prove di permeabilità tipo Le Franc.

b) - Attrezzature e metodologie di prova:

Per l'esecuzione delle prove di classificazione (determinazione dei parametri fisici ed analisi granulometrica) furono utilizzate attrezzature e metodologie corrispondenti alle norme americane ASTM.

Per le prove di taglio fu utilizzata la classica attrezzatura di CASAGRANDE con provini cilindrici di diametro 6 cm. Nel corso delle prove, eseguite a velocità di deformazione controllata, fu eseguito il monitoraggio delle grandezze in gioco mediante trasduttori. I provini furono lasciati consolidare con una pressione efficace pari a quella imposta nel taglio, in un lasso di tempo conveniente, controllando il relativo cedimento nel tempo.

L'elaborazione delle prove fu eseguita con le classiche formule di sviluppo. In generale per ogni provino è stato fornito, oltre ai dati del provino stesso (dimensioni, contenuto in acqua, peso di volume, ecc.), il diagramma dell'andamento dello stresspath sul piano τ/σ (resistenza al taglio / pressione verticale) ed i relativi risultati di φ (angolo di attrito interno in gradi) e di c (coesione consolidata drenata in Kg/cmq).

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti dalla Geofield s.r.l., le immagini delle cassette catalogatrici, i certificati delle prove di laboratorio e delle prove di permeabilità sono riportati nella relazione " *Lavori di indagini geognostiche finalizzate alla realizzazione di casse di espansione per la laminazione delle piene del f. Pecora in località campo Scopaione ed attività di consulenza tecnica. - Comune di Scarlino (gr) - Progetto Preliminare - Rapporto Tecnico* ", redatta nel Febbraio 2008 a firma dello scrivente ed alla quale si fa riferimento, e nell' Allegato A.

4.2 LUGLIO 2009

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" fu eseguita, dall'Impresa Gamma Geoservizi S.r.l. di Grosseto una indagine geognostica al fine di verificare la sequenza litostratigrafica e le caratteristiche idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dal progetto di adeguamento delle sezioni di deflusso del canale Gora delle Ferriere, nel territorio comunale di Massa Marittima (Provincia di Grosseto).

L'indagine fu eseguita mediante il seguente schema:

- Esecuzione di n. 11 sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati
- N°8 prove Proctor
- N°3 Prove di taglio diretto
- N°8 permeabilità su campioni dopo costipamento P roctor
- N°8 caratterizzazione fisica del campione (peso di volume, granulometria, ecc)
- N°3 determinazione dei limiti di Atterberg
- N°2 analisi chimiche di campioni prelevati da so ndaggio
- Elaborazione delle stratigrafie
- Rilevazione della quota piezometrica nei fori di sondaggio
- Analisi dei dati e stesura della presente relazione.

La Direzione dei Lavori di campagna fu effettuata dal Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti alla presenza del Tecnico dell'impresa Dr. Geologo Alessio Evangelisti.

4.2.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate

I sondaggi geognostici furono eseguiti dalla Ditta Gamma Geoservizi srl di Grosseto utilizzando una sonda idraulica a rotazione di costruzione HAMMER di tipo Hydra Joy 2 montata su cingoli le cui caratteristiche sono le seguenti:

Sottocarro	Lunghezza	2200 mm
	Larghezza	1300 mm
	Pattini	250 mm
	Rulli	4 + 4
	Stabilizzatori	4
Motore diesel	Potenza	60 HP
	Insonorizzazione	80 db
Slitta	lunghezza (da... a...)	1250/3250 mm
	Spinta	2500 Kg.
	Tiro	2500 Kg.
	Inclinazione	sd-sx 25°
	Controslitta	+ 500 mm
	Morse doppie con svitatore	Ø i 250/Ø i 200
Rotazione	Coppia min.max	variabile
Peso	Con allestimento minimo	2600 Kg.

Le operazioni di carotaggio stratigrafico furono condotte a secco, senza impiego di fluido di circolazione, con il tradizionale sistema a "carotaggio continuo", in accordo con gli standard previsti dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana). Furono utilizzate aste di perforazione con filettatura tronco-conica di diametro 76 mm e carotieri semplici di diametro 101 mm e lunghezza 2.4 metri con corone in widia.

N° 2 degli 11 sondaggi furono effettuati inclinati di circa 25 – 30° al fine di investigare l'argine che avrebbe dovuto essere interessato dalle operazioni di ricalibratura.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, in taluni casi, fu posto in opera un rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm a causa della franosità delle pareti dei fori.

Le carote estratte nel corso dei sondaggi furono sistemate in apposite cassette catalogatrici in PVC munite di scomparti divisori e coperchio apribile.

Nel corso dei sondaggi furono prelevati campioni indisturbati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby spinti a pressione all'interno dello strato da sottoporre a prelievo.

I campioni prelevati furono poi sottoposti ad analisi e prove di laboratorio previste nel programma dei lavori.

In sintesi furono eseguiti n. 11 sondaggi geognostici contraddistinti con le sigle 01, 02, 03,…….. 011, per complessivi ml 50.10 di perforazione a carotaggio continuo ad andamento verticale.

Nel corso dei sondaggi furono prelevati n. 9 campioni indisturbati.

4.2.2 – Prove di laboratorio

a) - Prove eseguite:

Al fine di verificare le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei terreni attraversati nel corso dei sondaggi e di produrre sezioni litostratigrafiche interpretative dei terreni attraversati, furono eseguite, sui campioni di terreni granulari prelevati allo stato indisturbato o a disturbo limitato (Q.e-AGI), le seguenti prove ed analisi di laboratorio geotecnico:

- Determinazione del contenuto naturale in acqua (W in %);
- Determinazione del peso di volume (γ in g/cmc);
- Determinazione del peso specifico dei granuli (γs in g/cmc);
- Determinazione dell'indice dei vuoti (e), porosità (n in %) e del grado di saturazione (S in %);
- Prova di taglio diretto con Scatola di Casagrande;
- Limiti di Atterberg
- Prova edometrica
- Prova Proctor
- Analisi granulometrica per setacciatura e/o per via aerometrica.
- Prova di permeabilità su terreno dopo costipamento con Proctor

Il programma delle prove di laboratorio fu definito sulla base delle indicazioni stratigrafiche con lo scopo di definire un'accurata descrizione delle caratteristiche dei materiali.

b) - Attrezzature e metodologie di prova:

Per l'esecuzione delle prove di classificazione (determinazione dei parametri fisici ed analisi granulometrica) furono utilizzate attrezzature e metodologie corrispondenti alle norme americane ASTM.

Per le prove di taglio fu utilizzata la classica attrezzatura di CASAGRANDE con provini cilindrici di diametro 6 cm. Nel corso delle prove, eseguite a velocità di deformazione controllata, fu eseguito il monitoraggio delle grandezze in gioco mediante trasduttori.

La velocità delle prove, tutte di tipo consolidato drenato (CD), fu scelta di volta in volta in base alla composizione del materiale.

L'elaborazione delle prove fu eseguita con le classiche formule di sviluppo. In generale per ogni provino vennero presentati, oltre ai dati del provino stesso (dimensioni, contenuto in acqua, peso di volume, ecc.), il diagramma dell'andamento dello stresspath sul piano τ/σ (resistenza al taglio / pressione verticale) ed i relativi risultati di φ (angolo di attrito interno in gradi) e di c (coesione consolidata drenata in Kg/cmq).

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti dalla Gamma Geoservizi s.r.l., le immagini delle cassette catalogatrici ed i certificati delle prove di laboratorio sono riportati nella relazione **"***Lavori di indagini geognostiche finalizzate al progetto per l'adeguamento delle sezioni di deflusso del canale demaniale Gora delle Ferriere in località Vado all'Arancio e attività di consulenza tecnica. - Comune di Massa Marittima (GR) - Progetto preliminare - Rapporto Tecnico* **"**, redatta nell' Ottobre 2009 a firma dello scrivente ed alla quale si fa riferimento, e nell' Allegato B.

4.3 NOVEMBRE 2012/ APRILE 2013

Su incarico del "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" è stata eseguita, dall'Impresa MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l. di Spianate (LU), una indagine geognostica e geofisica al fine di verificare la sequenza litostratigrafica e le caratteristiche idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dalla realizzazione della vasca di laminazione per la regimazione delle piene del Fiume Pecora, nel territorio comunale di Scarlino e dal ringrosso arginale lungo il corso della Gora delle Ferriere nel comune di Massa Marittima (Provincia di Grosseto) a livello di progetto definitivo/esecutivo.

L'indagine è stata eseguita mediante il seguente schema:

- Esecuzione di n. 13 sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati
- Esecuzione di n°26 prove SPT in foro
- Esecuzione di n°13 prove di permeabilità tipo Le Franc nei fori di sondaggio
- Esecuzione di n°4 prove sismiche *Cross-Hole* nei fori di sondaggio
- Esecuzione di n°10 prove pentrometriche statiche CPT
- N°11 prove di taglio diretto su campioni preleva ti dai fori di sondaggio
- N°13 prove edometriche su campioni prelevati dai fori di sondaggio
- Determinazione delle caratteristiche fisiche (peso di volume, limiti di Atterberg, ecc..)
- N.°6 densità *in situ*
- N°9 prove PROCTOR
- Elaborazione delle stratigrafie
- Esecuzione di n.°19 stendimenti geoelettrici
- Analisi dei dati e stesura della presente relazione.

L'indagine ha previsto anche la misurazione dei livelli piezometrici in n.°14 pozzi circostanti le aree di intervento e n.°3 piezometri installati in altrettanti fori di sondaggio che hanno permesso la stesura di una carta delle isopieze aggiornata al fine di fornire una modellizzazione dell'andamento della falda in un intorno significativo delle aree di interesse.

Nel corso di tali misurazioni sono anche stati prelevati n.°6 campioni d'acqua poi sottoposti ad analisi chimiche, i cui risultati saranno illustrati in seguito.

L'ubicazione di tutte le indagini geognostiche, geoelettriche, sismiche, idrogeologiche e geochimiche effettuate nelle aree in esame nel 2007, 2009 e 2012/2013, sono riportate nella Tavola 2.

La Direzione dei Lavori di campagna è stata effettuata dal Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti alla presenza del Tecnico dell'impresa Dr. Geologo Massimo Benedetti.

4.3.1 - Tipi di attrezzatura e metodologie utilizzate

4.3.1.1 – Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti dalla ditta Mappo Geognostica s.r.l. di Loc. Biagioni – Spianate (LU) utilizzando una sonda perforatrice IPC DRILL 650 con diametro di perforazione ϕ = 101 mm e diametro rivestimento ϕ = 126 mm.

■ Testa di rotazione:	Coppia max 745 Nm Giri da 0 a 289 giri/min
■ Motore:	315 cm^3
■ Morsa idraulica con svitatore automatico:	forza di serraggio 15904 N coppia di svitamento 3000 Nm
■ Sistema di perforazione:	carotaggio continuo

Le operazioni di carotaggio stratigrafico sono state condotte con il tradizionale sistema a "carotaggio continuo", in accordo con gli standard previsti dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) utilizzando acqua come fluido di circolazione. Sono state utilizzate aste di perforazione con filettatura tronco-conica di diametro 76 mm e carotieri semplici di diametro 101 mm e lunghezza 3 metri con corone in widia.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, in taluni casi, è stato posto in opera un rivestimento provvisorio del diametro di 126 mm a causa della franosità delle pareti dei fori.

Le carote estratte nel corso dei sondaggi sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in poliuretano espanso munite di scomparti divisori e coperchio apribile. Sono state preparate n. 64 cassette attualmente depositate presso i magazzini della ditta Mappo Geognostica s.r.l. Loc. Biagioni – Spianate (LU).

Le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state condotte, secondo quanto previsto dalla normativa ASTM 1586/68, con attrezzatura normalizzata costituita da:

- una testa di battuta in acciaio avvitata alle aste;
- un maglio di acciaio del peso di 63.7 Kg;
- un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio che assicura una corsa a caduta libera di 0.76 m.
- un campionatore chiuso a punta conica (diametro esterno 51 mm, apertura 60°)

Di seguito si riportano i valori registrati alle varie profondità per ogni sondaggio:

Sondaggio	**(prof in m) Valore**	**(prof in m) Valore**
M1	(1.5 m) 3-5-9	(15.0 m) 20-31-33
M2	(2.0 m) 3-3-5	(12.0 m) 9-10-11
M3	(1.5 m) 3-4-4	(6.0 m) 5-5-4
M4	(1.5 m) 3-5-6	(4.0 m) 2-8-10
M5	(4.0 m) 7-9-16	(20.0 m) 8-10-13
M6	(3.0 m) 7-10-13	(15.0 m) 10-13-15
M7	(2.0 m) 7-9-13)	(14.0 m) 13-21-22
M8	(5.0 m) 2-3-3	(9.0 m) 5-9-13
M9	(4.0 m) 6-10-11	(8.0 m) 3-3-5
M10	(2.0 m) 5-8-12	(12.0 m) 3-5-9)
M11	(1.5 m) 10-13-15	(8.0 m) 9-10-13
M12	(2.0 m) 3-5-8	(12.0 m) 3-5-10
M13	(2.0 m) 5-8-12	(12.0 m) 2-2-3

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati dei campioni indisturbati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby spinti a pressione all'interno dello strato da sottoporre a prelievo.

I campioni prelevati sono stati poi inviati al laboratorio geotecnico Laboratorio Sigma s.r.l. di Campi Bisenzio – Firenze che ha provveduto alla apertura delle fustelle ed alla esecuzione delle analisi e prove di laboratorio.

Le stratigrafie dei sondaggi, le foto delle cassette catalogatrici ed i certificati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai fori di sondaggio sono riportati per intero negli Allegati C

MACCHINA PERFORATRICE

ASTE DI PERFORAZIONE

FORO DI SONDAGGIO CON POZZETTO PIEZOMETRICO

CASSETTA CATALOGATRICE

4.3.1.2 – Prove penetrometriche

Le prove penetrometriche statiche CPT sono state eseguite dalla ditta Mappo Geognostica s.r.l. utilizzando un penetrometro statico Pagani TG 63 – 100/200 n. matricola P 001138 con punta conica meccanica con selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale e con le seguenti caratteristiche:

- *diametro* 3,57 cm
- *area punta* 10 cm^2
- *angolo di apertura* 60°
- *area manicotto* 150 cm^2

Le prove sono state eseguite secondo le Raccomandazioni AGI 1977.

In alcuni casi, in relazione alla elevata resistenza alla penetrazione riscontrata nei primi spessori, la prova e cominciata come dinamica e proseguita come statica dove le condizioni lo permettevano.

I certificati delle prove penetrometriche statiche eseguite sono riportati nell'Allegato C, mentre le elaborazioni delle prove penetrometriche sono riportate in allegato D.

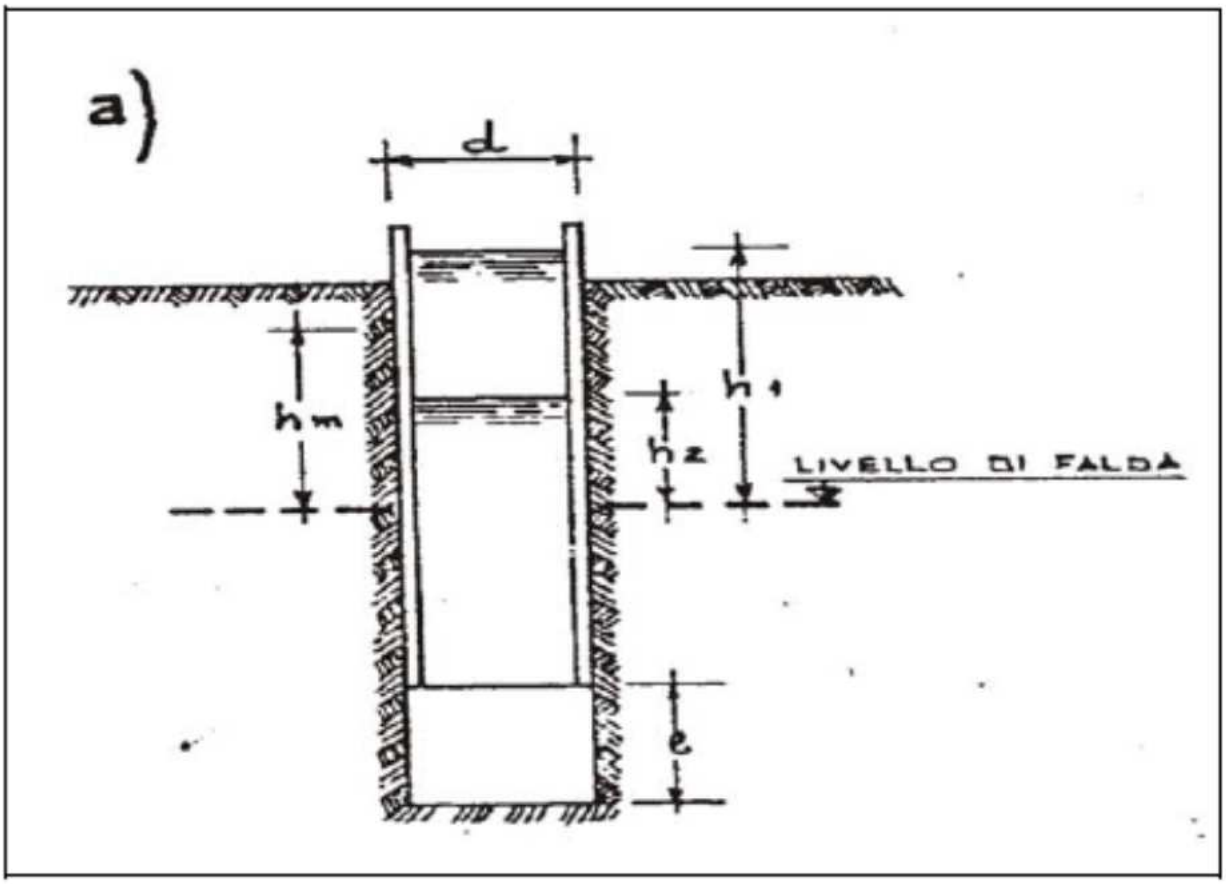
PENETROMETRO STATICO PAGANI TG 63

4.3.1.3 – Prove Le Franc

Le prove di permeabilità ad assorbimento in foro tipo Lefranc, sono state realizzate dalla ditta Mappo Geognostica s.r.l. nei fori di sondaggio a profondità variabili in ordine alle Raccomandazioni AGI 1977.

Di seguito si riporta lo schema tipo delle prove di permeabilità a carico variabile in discesa eseguite nei fori di sondaggio.

I certificati di prova sono riportati nell'Allegato C ed i risultati verranno discussi in seguito.



4.3.1.4 – Proctor Standard

Le prove PROCTOR di costipamento A.A. S.H.T.O. sono state eseguite dal laboratorio SIGMA s.r.l. di Campi Bisenzio (FI) su n.° 9 campio ni di terra rimaneggiati prelevati a varie profondità nell'area che sarà interessata dal progetto della cassa di laminazione del fiume Pecora.

I campioni di terra utilizzati per le prove PROCTOR sono stati prelevati mediante escavatore fornito dall'Ente appaltante "Consorzio di Bonifica Alta Maremma" e successivamente consegnati alla ditta Mappo Geognostica s.r.l. e quindi al laboratorio SIGMA s.r.l. autorizzato all'esecuzione delle prove di laboratorio.

La prova di costipamento A.A. S.H.T.O. standard è stata realizzata secondo quanto disposto dal C.N.R. 69/78 ed ha fornito la densità massima (Maximum) del secco e l'umidità ottimale (Optimum) di costipamento, mentre la determinazione del contenuto d' acqua è stata effettuata sugli stessi campioni secondo quanto disposto dalla C.N.R. UNI 10008/63.

I certificati di prova sono riportati in Allegato C ed i risultati saranno discussi in seguito

TECNICA DI PRELIEVO DEL CAMPIONE PER LA PROVA PROCTOR

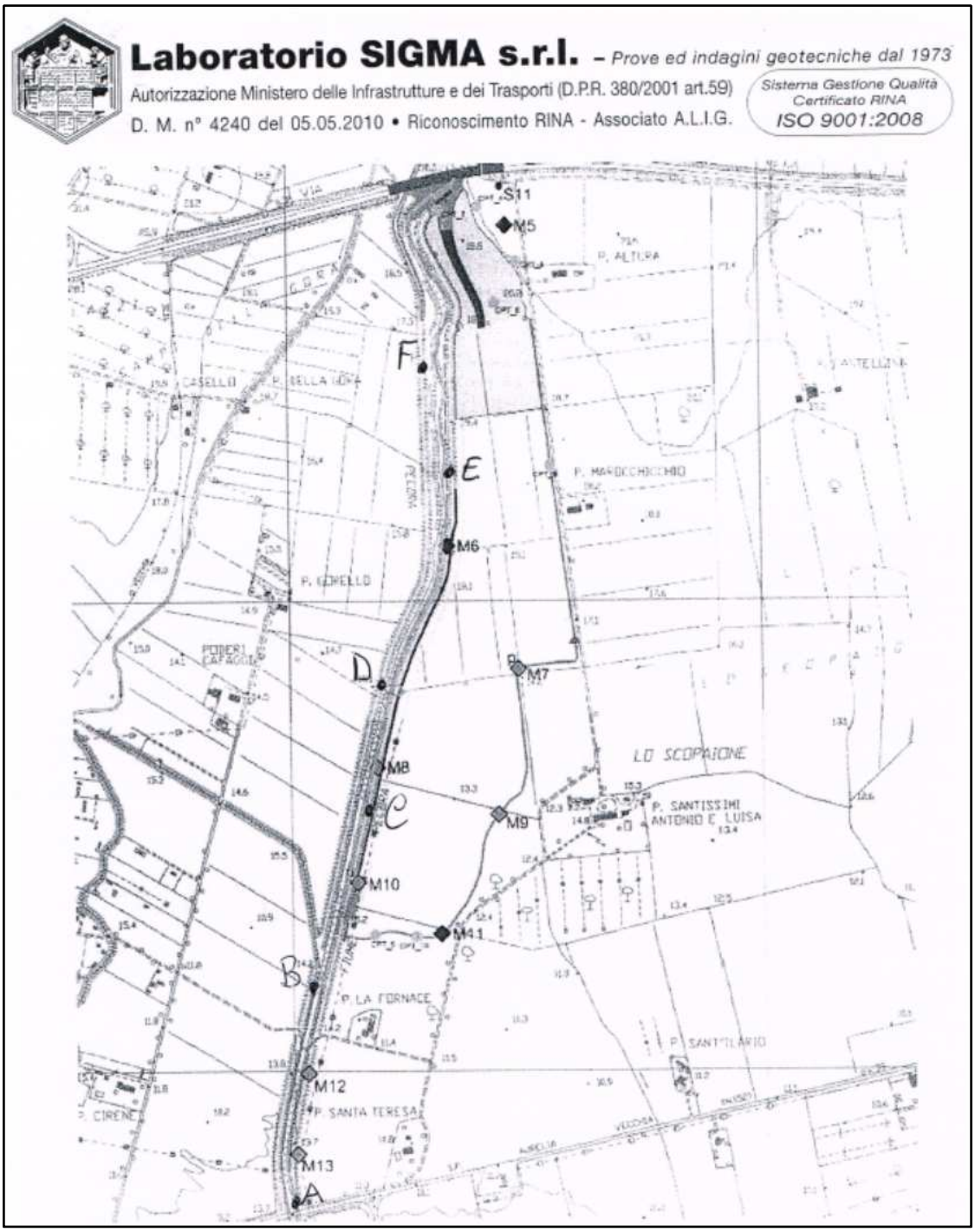
PRELIEVO DI CAMPIONE MEDIANTE ESCAVATORE

4.3.1.5 – Densità in situ

Le prove di densità in sito sono state realizzate dalla Mappo Geognostica s.r.l.ed elaborate dal Laboratorio SIGMA s.r.l. di Campi Bisenzio – Firenze secondo le norme C.N.R. 22/72 e sono state eseguite sullo strato più superficiale dell'attuale argine del Fiume Pecora.

I certificati delle prove sono riportati nell' Allegato C ed i risultati discussi nell'apposito paragrafo.

UBICAZIONE PROVE DI DENSITA' IN SITO "A, B, C, D, E, F," (immagine non in scala)



4.3.1.6 – Cross-Hole

L'indagine sismica, condotta mediante prospezioni *cross-hole,* è stata effettuata dalla ditta Mappo Geognostica s.r.l. in collaborazione con il Dr. Donato Merola ed è finalizzata alla definizione del profilo sismico del sottosuolo ai sensi del D.M. 14.01.08.

Le prove in foro, n° 4, sono state eseguite secondo la normativa ASTM D4428M-91 e secondo le Istruzioni Tecniche del Programma V.e.l. della Regione Toscana.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

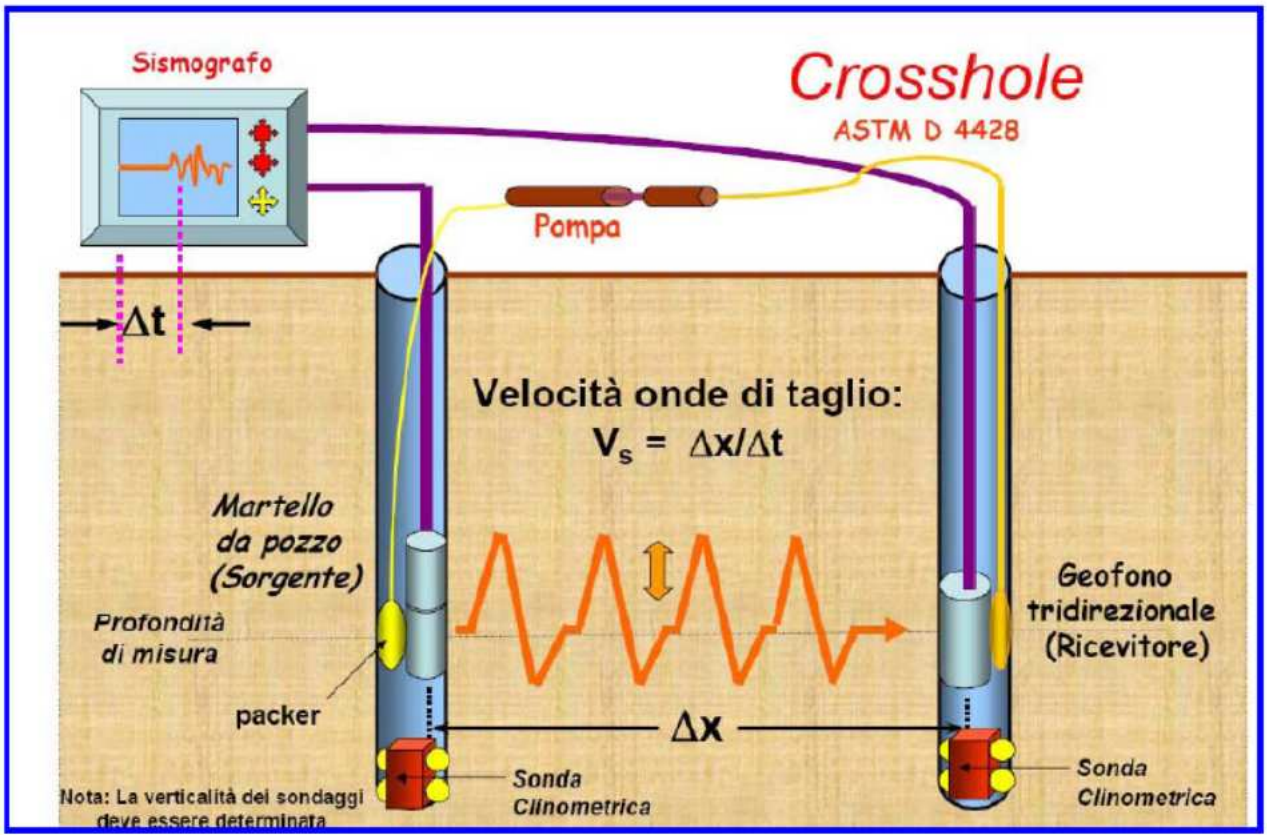
− sistema energizzante;

− sistema di ricezione;

− trigger;

− sistema di acquisizione dati.

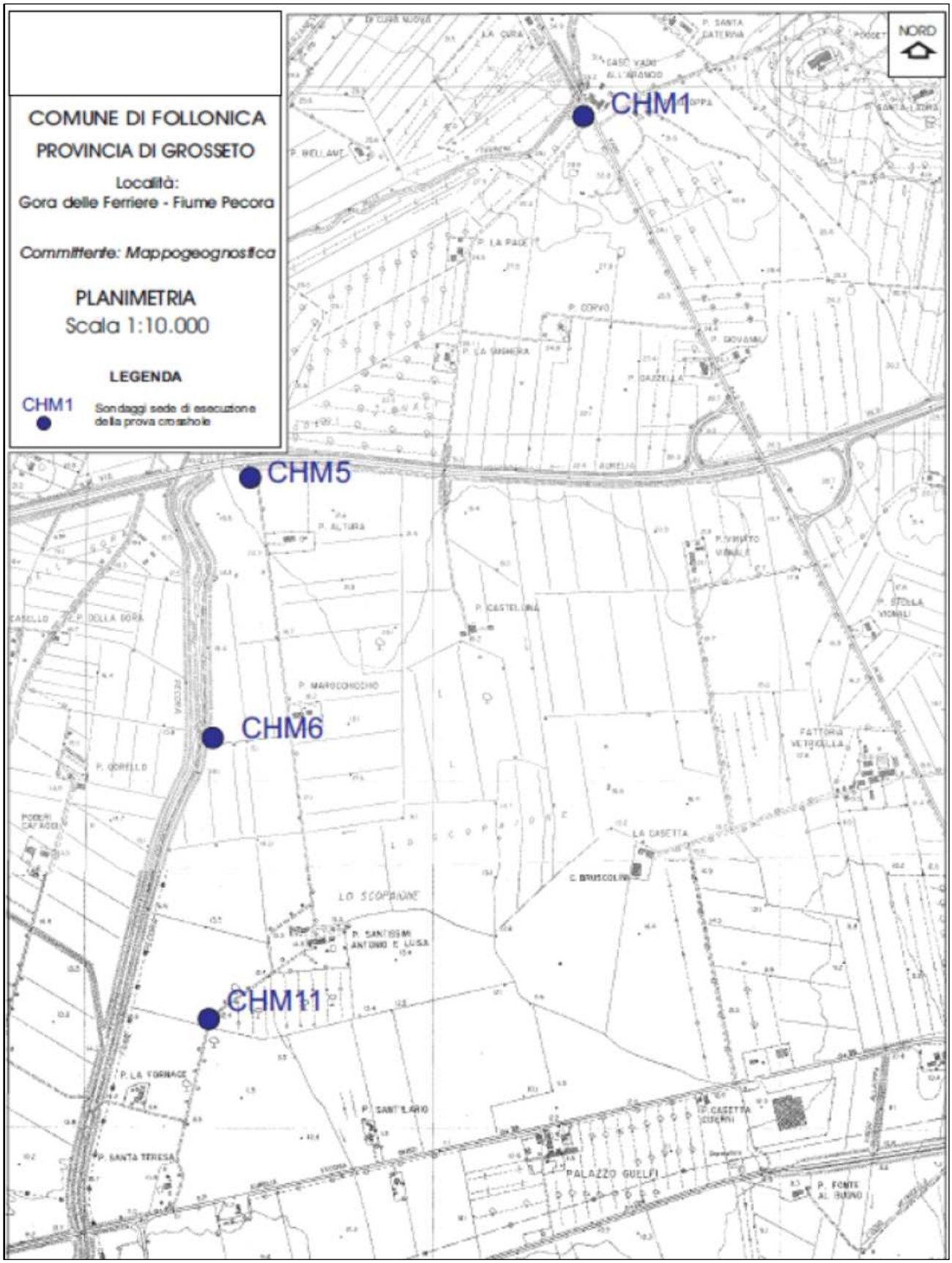
Di seguito si riporta un'immagine rappresentante lo schema di acquisizione della prova.

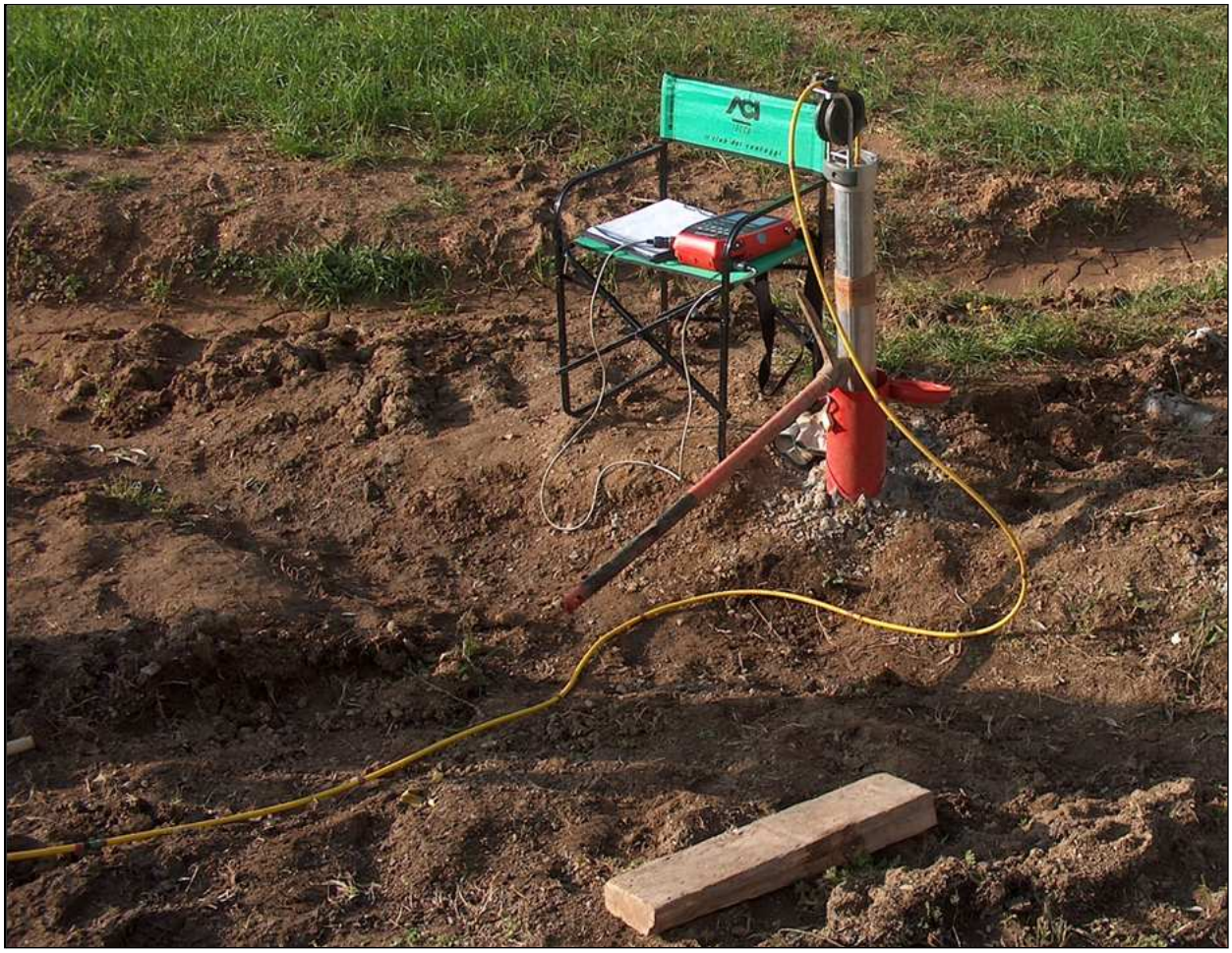


Per i dettagli sulle strumentazioni, le elaborazioni e le interpretazioni dei dati e le metodologie di analisi e calcolo utilizzate, si rimanda alla relazione redatta dalla Mappo Geognostica s.r.l. in collaborazione con il dr. Donato Merola e riportata in Allegato C, mentre i risultati ottenuti saranno discussi nell'apposito paragrafo.

Nelle pagine seguenti si riporta una corografia 1:10.000 dell'area con l'ubicazione delle indagini *cross-hole* eseguite nei fori dei sondaggi M1, M5, M6, M11 appositamente allestiti e due immagini delle indagini in esecuzione.

COROGRAFIA 1:10.000





4.3.1.6 – Indagine ELETOM

I n.° 19 stendimenti geoelettrici sono stati realizzati dal Dr. Geol. Andrea Casella, e l'elaborazione dei dati ha permesso la restituzione di n.°19 sezioni elettrostratigrafiche.

La prospezione in oggetto si è articolata sull'esecuzione di 19 profili tomografici 2D, così distribuiti:

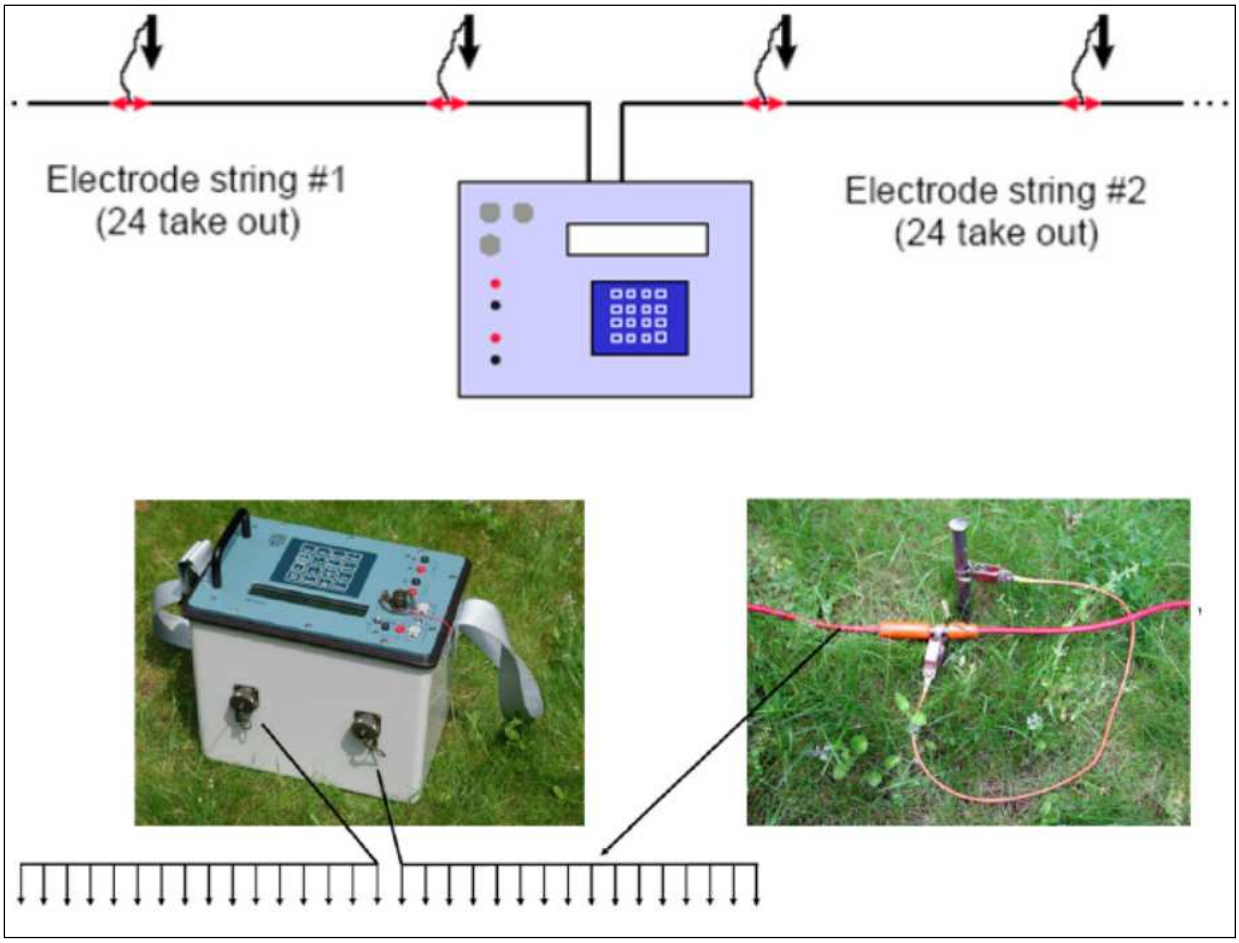
- n. 1,2,3,4,5,6,7,8,9,19 nella pianura ad Est del corso del F. Pecora;

- n. 13,14,15,16 attraverso il F. Pecora;

- n. 10,11,12,17,18 effettuati lungo il corso del T. Gora.

Per i profili geoelettrici in oggetto è stato utilizzato un passo di 2,5 – 3 m e lungo tutti i profili sono state effettuate misurazioni utilizzando l'array Wenner- Schlumberger, che consente un'indagine in alta risoluzione (ridondanza di punti) e un buon compromesso tra il rapporto segnale/rumore e la sensibilità di indagine in senso sia verticale che orizzontale.

Di seguito si riporta un'immagine rappresentante lo schema di acquisizione della prova.



Per i dettagli sulle strumentazioni, le elaborazioni e le interpretazioni dei dati e le metodologie di analisi e calcolo utilizzate, si rimanda alla relazione redatta ddal dr. Geol Andrea Casella e riportata in Allegato C, mentre i risultati ottenuti saranno discussi nel paragrafo dedicato.

4.3.2 Prove di laboratorio

Al fine di determinare le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei terreni attraversati nel corso dei sondaggi e di correlare le prove penetrometriche statiche CPT., sono state eseguite, sui campioni di terreni granulari prelevati allo stato indisturbato o a disturbo limitato (Q.e-AGI), le seguenti prove ed analisi di laboratorio geotecnico:

- Determinazione del contenuto naturale in acqua (W in %);
- Determinazione del peso di volume (γ in t/mc);
- Determinazione del peso specifico dei granuli (γs in t/mc);
- Determinazione dell'indice dei vuoti (e), porosità (n in %) e del grado di saturazione (S in %);
- Determinazione dei Limiti di Atterberg;
- Prova di taglio diretto con Scatola di Casagrande;
- Prova edometrica
- Prova Proctor
- Analisi granulometrica per setacciatura e/o per via arometrica.

Il programma delle prove di laboratorio è stato definito sulla base delle indicazioni stratigrafiche con lo scopo di consentire una migliore interpretazione delle prove penetrometriche CPT, in foro S.P.T. e di definire un'accurata descrizione delle caratteristiche dei materiali così come richiesto dalla progettazione.

Le prove di laboratorio sono state realizzate dal Laboratorio SIGMA s.r.l. di Campi Bisenzio (Firenze).

Le analisi granulometriche hanno seguito le Raccomandazioni AGI 1994.

La prova edometrica è stata eseguita secondo le norme UNI CEN ISO/TS 17892-5.

La prova di taglio diretto CD è stata eseguita mediante apparecchio di Casagrande su provini di dimensioni lato= 60 mm, altezza= 20 mm secondo le norme UNI CEN ISO/TS 17892-5

Le prove di costipamento A.A. S.H.T.O. standard sono state realizzate secondo quanto disposto dal C.N.R. 69/78 ed hanno fornito la densità massima del secco e l'umidità ottima di costipamento, mentre la determinazione del contenuto d' acqua è stata effettuata sugli stessi campioni secondo quanto disposto dalla C.N.R. UNI 10008/63.

I certificati delle prove di laboratorio eseguite sono riportati in Allegato C.

5 - RISULTATI INDAGINI GEOTECNICHE

L'elaborazione delle indagini descritte nelle pagine precedenti ha fornito un'ampia quantità di dati relativi ai terreni presenti nelle aree interessate dalle opere in progetto.

L'interpretazione di tali dati ha permesso la realizzazione di un modello geologico e di un modello geotecnico dei terreni ai sensi dei punti 6.2.1 e 6.2.2 del D.M. 14.01.08 (NTC 2008).

Una planimetria in scala 1:5000 con l'esatta ubicazione di tutte le indagini è riportata nella Tavola 2 allegata al presente studio.

Al fine di fornire una modellizzazione il più possibile rappresentativa della situazione *in situ*, si è scelto di elaborare separatamente i dati relativi alle due diverse aree, eventualmente integrandoli, per fornire una parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni il più possibile ragionata e cautelativa, a favore della sicurezza, come richiesto dalle vigenti normative in materia.

Dal punto di vista strettamente geologico, le aree in esame sono caratterizzate dalla presenza di una piana alluvionale costituita da depositi con strutture sedimentarie diversificate e spesso non ben individuabili.

Sono presenti eteropie e strutture di *finig upgrading* e *coarse upgrading*, tipiche di ambienti alluvionali continentali nei quali le strutture sedimentarie e le variazioni sia laterali che verticali delle granulometrie sono conseguenza dell'energia di trasporto, e quindi delle condizioni climatiche e di piovosità, degli spostamenti del letto dei corsi d'acqua ed in epoca più recente anche dell'attività antropica.

La presenza di tale situazione e la natura puntuale delle indagini svolte, fatta eccezione per gli stendimenti geoelettrici che comunque non forniscono sufficienti garanzie per una interpretazione di natura puramente geotecnica dei terreni, in quanto misurano solo la resistività dei livelli attraversati, condiziona la modellizzazione geologica, imponendo di fatto un' integrazione dei dati stratigrafici e granulometrici con i dati geotecnici.

Ciò comporta che la stratigrafia risulti modellizzata raggruppando gli strati sia su base geologica e granulometrica, mediante l'interpretazione delle carote prelevate nei fori di sondaggio e delle analisi granulometriche fatte sui campioni prelevati (forni di sondaggio e prove proctor), sia sulla base dei valori dei parametri fisico-meccanici ottenuti mediante prove di laboratorio ed in situ (STP).

Sulla base di quanto espresso fin qui, in relazione anche ad una nomenclatura dei terreni pregressa, si è scelto di suddividere i terreni presenti nelle aree in esame in n.° 5 litotopi geologico-geotecnici; non si è inoltre ritenuto opportuno una ulteriore discriminazione su base cromatica poiché risulta piuttosto evidente che essa è conseguenza del livello della falda e quindi dello stato di ossido-riduzione dei metalli presenti nel terreno (principalmente Fe^{2+} e Fe^{3+}).

Di seguito si riportano le categorie utilizzate nella modellizzazione geologico-geotecnica proposta:

- *Sabbie limose, limi sabbiosi (sl) e terreni di riporto degli argini (tr)*
- *Argille limose e limi argillosi (al)*
- *Argille (arg)*
- *Sabbie e sabbie ghiaiose (sg)*
- *Ghiaie in matrice sabbioso limosa (gh)*

5.1 - MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

L'elaborazione dei dati acquisiti durante le campagne geognostiche ha permesso la modellizzazione geotecnica dell'area mediante l'individuazione di 5 litotopi caratteristici e la determinazione, per ogni litotopo, dei valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici così come previsto ai punti 6.2.1 e 6.2.2 del D.M. 14.01.2008 e ss.mm.ii..

Nel caso di compresenza di più determinazioni in uno stesso luogo, i parametri determinati su campioni indisturbati sono stati privilegiati rispetto a correlazioni desunte da prove penetrometriche o geofisiche.

Poiché l'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche viene fatta necessariamente impostando un terreno a comportamento o completamente coesivo o completamente incoerente, laddove il valore ottenuto tramite elaborazione sia risultato eccessivamente discordante in eccesso rispetto a quello ottenuto da prove di laboratorio su terreni simili, anche se riferito all'altra delle due aree in esame, si è preferito utilizzare il valore delle prove di laboratorio al fine di fornire un valore più cautelativo a favore della sicurezza.

Il modello geotecnico di seguito proposto è quindi la sintesi dell' elaborazione ed interpolazione di prove di laboratorio e di prove di campagna e dell' elaborazione statistica e ragionata dei dati ottenuti.

5.1.1 Area della "Gora delle Ferriere"

Di seguito si riporta il modello geotecnico proposto:

Sabbie Limose/Limi Sabbiosi (sl) e Terreni di riporto degli argini (tr)

φ_k = 35.2°
c'_k = 0.17 kg/cm^2
γ_k = 2.05 t/m^3
γsat_k = 2.5 t/m^3
Ed_k = 32.7 kg/cm^2 ($1 < \sigma_n < 2$)
Ey_k = 272.5 kg/cm^2
$K0_k$ = 6.83 kg/cm^3
Dr_k = 64.52 %

Argille limose/Limi argillosi (al)

φ_k = 26.2°
c'_k = 0.13 kg/cm^2
γ_k = 1.97 t/m^3
γsat_k = 2.65 t/m^3
Ed_k = 23.83 kg/cm^2 ($1 < \sigma_n < 2$)

Argille (arg)

φ_k = 19.6°
c'_k = 0.06 kg/cm^2
γ_k = 1.66 t/m^3
γsat_k = 1.91 t/m^3
Ed_k = 55.3 kg/cm^2
Ey_k = 80.0 kg/cm^2

Sabbie e sabbie ghiaiose (sg)

φ_k = 34.1°
γ_k = 1.92 t/m^3
Ed_k = 52.1 kg/cm^2
Dr_k = 49.04 %

Ghiaie in matrice sabbioso limosa (gh)

φ_k = 32.4°
γ_k = 1.95 t/m^3
γsat_k = 1.97 t/m^3
Ed_k = 118.28 kg/cm^2
Ey_k = 144 kg/cm^2
$K0_k$ = 3.69 kg/cm^2
Dr_k = 48.14 %

5.1.2 Area del "Fiume Pecora"

Di seguito si riporta il modello geotecnico proposto:

Sabbie Limose

φ_k = 31.4°
c'_k = 0.17 kg/cm^2
γ_k = 1.94 t/m^3
γsat_k = 2.64 t/m^3
Ed_k = 32.7 kg/cm^2 $(1 < \sigma_n < 2)$
Dr_k = 58.5 %

Argille limose e Limi argillosi (al)

φ_k = 22.17°
c'_k = 0.14 kg/cm^2
γ_k = 1.97 t/m^3
γsat_k = 2.65 t/m^3
Ed_k = 44.3 kg/cm^2 $(1 < \sigma_n < 2)$

Argille (arg)

φ_k = 17.97°
c'_k = 0.17 kg/cm^2
γ_k = 1.93 t/m^3
γsat_k = 2.63 t/m^3
Ed_k = 34.96 kg/cm^2 $(1 < \sigma_n < 2)$

Sabbie e sabbie ghiaiose (sg)

φ_k = 34.1°
γ_k = 2.06 t/m^3
γsat_k = 2.44 t/m^3

Ed_k = 147.3 kg/cm^2
Ey_k = 197.5 kg/cm^2
$K0_k$ = 4.76 kg/cm^3
Dr_k = 90.2 %

Ghiaie in matrice sabbioso limosa (gh)
φ_k = 32.67°
γ_k = 2 t/m^3
γsat_k = 2.27 t/m^3
Ed_k = 130.9 kg/cm^2
Ey_k = 179.16 kg/cm^2
$K0_k$ = 4.19 kg/cm^3
Dr_k = 78.8 %

5.2 - PERMEABILITA' DEI TERRENI

La permeabilità dei terreni è stata misurata sia direttamente in campagna mediante prove LeFranc eseguite nei fori di sondaggio, sia in maniera indiretta tramite prove Edometriche realizzate in laboratorio su campioni standardizzati ed a vari step di stress normali (σ_n).

Tali prove di permeabilità sono state realizzate sia nell' ambito della campagna geognostica eseguita nel 2007 dalla GEOFIELD s.r.l., sia nell' ambito della campagna geognostica eseguita nel 2012/2013 dalla Mappo Geognostica s.r.l.

I risultati delle prove LeFranc realizzate durante le due diverse campagne geognostiche hanno fornito valori di permeabilità confrontabili, così come le prove Edometriche

Se vengono analizzati i valori delle due tipologie di prove (LeFranc ed Edometrica) questi sembrano apparentemente in disaccordo poiché le prove LeFranc forniscono valori di permeabilità variabili tra $10^{-4} < k < 10^{-6}$ cm/sec, mentre le prove Edometriche forniscono valori variabili tra $10^{-7} < k < 10^{-9}$ cm/sec.

PERMABILITA' IN SITU MAPPO GEOGNOSTICA S.R.L. 2012/13

n.° prova	prof. inizio prova (m)	litotopi	k (cm/sec)
M1,1	3	sabbia ghiaiosa deb. addensata	5,28E-04
M2,1	3	argilla mediam. compatta	9,45E-06
M3,1	3	argilla con lenti sabbiose	1.42E-04
M4,1	3	argilla con lenti sabbiose	7,76E-06
M5,1	3,6	sabbie ghiaiose sciolte	2,79E-03
M6,1	1	sabbie limose/riporto argine	9,04E-06
M7,1	3	sabbie limose deb. addensata	6,27E-05
M8,1	4,5	limo argilloso	4,79E-05
M9,1	1,5	sabbie limose	1,83E-06
M10,1	4	sabbie limose	7,61E-06
M11,1	3	argilla con incluso ghiaietto	9,94E-05
M12,1	4	sabbia limosa	7,64E-05
M13,1	5	argilla con lenti sabbiose	8,85E-06

PERMABILITA' IN SITU GEOFIELD S.R.L. 2007 (corrette STALF 2013)

Sondaggio	**Tratto di prova**	**Descrizione terreno**	**Coefficiente di permeabilità**
S.1	da –-1,5 a –2,0 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 4,28 x 10^{-4} cm/sec
S.2	da –3,0 a –3,5 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 4,39 x 10^{-4} cm/sec
S.3	da –2,0 a –2,5 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con rari ciottoli	K = 1,32 x 10^{-4} cm/sec
S.4	da –1,8 a –2,3 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 2,40 x 10^{-6} cm/sec
S.5	da –3,0 a –3,5 m	Argille marrone chiaro variegate passante a grigio nerastra	K = 1,89 x 10^{-7} cm/sec
S.6	da –1,5 a –2,0 m	Alluvioni sabbio limose marrone chiaro	K = 1,70 x 10^{-5} cm/sec
S.7	da –1,5 a –2,0 m	Alluvioni limo argillose marrone chiaro	K = 2,65 x 10^{-7} cm/sec
S.8	da –2,0 a –2,5 m	Alluvioni limo argillose marrone chiaro	K = 1,00 x 10^{-5} cm/sec
S.9	da –1,5 a –2,0 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro con ciottoli	K = = 7,50 x 10^{-4} cm/sec
S.11	da –2,0 a –2,5 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 2,40 x 10^{-4} cm/sec

PERMABILITA' DA PROVE EDOMETRICHE MAPPO GEOGNOSTICA S.R.L. 2012/13

n.° campione	Descrizione terreno					k (cm/sec)	e	n
	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)	LIMO+ARGILLA (%)	$1 < \sigma_N < 2$ (kg/cmq)		
M2 C1	0,19	9,29	55,45	35,06		2,45E-08	0,96	0,49
M4 C1	0,13	1,63	53,77	44,47		8,75E-09	0,77	0,43
M5 C2	0,31	31,21	68,48			3,07E-09	0,727	0,421
M5 C3	0,22	3,2	28,95	67,63		1,11E-08	1,236	0,553
M6 C3	0,2	10,9	60,34	28,56		1,75E-08	0,617	0,382
M7 C1	2,2	67,63			30,17	6,96E-08	0,606	0,377
M8 C1	1,01	19	58,83	21,16		1,58E-07	0,822	0,451
M9 C1	argilla *(da stratigrafia sondaggio)*					8,65E-09	0,886	0,47
M11 C1	0,17	5,86	52,84	41,14		9,01E-09	1	0,5
M12 C1	1,96	14,39	57,96	25,68		1,85E-08	0,592	0,372

PERMABILITA' DA PROVE EDOMETRICHE GEOFIELD S.R.L. 2007

TABELLA RIASSUNTIVA PERMEABILITA' DA PROVE EDOMETRICHE SUI TERRENI ARGILLOSI (con $1,0 < \sigma_V < 2,0$ Kg/cmq)

Sondaggio	**Tratto di prova**	**Descrizione terreno**	**Coefficiente di permeabilità**
S.4	1,50 – 1,80 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 1,40 x 10^{-8} cm/sec
S.6	7,50 – 7,80 m	Argilla grigio nerastra mediamente consolidata	K = 1,43 x 10^{-8} cm/sec
S.7	1,50 – 1,80 m	Alluvioni sabbio limo argillose marrone chiaro	K = 7,71 x 10^{-9} cm/sec
S.11	7,30 – 7,70 m	Argilla marrone chiaro mediamente consolidata	K = 1,74 x 10^{-8} cm/sec

La differenza tra questi risultati va ricercata nella natura assolutamente variabile ed eterogenea delle successioni sedimentarie che costituiscono la pianura alluvionale del Fiume

Pecora e della Gora delle Ferriere; l'eterogeneità dei sedimenti anche all'interno di uno stesso livello stratigrafico è ulteriormente testimoniata dalle stratigrafie dei sondaggi e dalle SPT che nell'ambito di 30 cm forniscono valori completamente diversi.

La presenza all'interno degli strati argillosi o argillo-limosi di lenti centimetriche a granulometria maggiore (sabbie, ghiaietto), sebbene non rilevante dal punto di vista di una modellizzazione in litotopi simili su base geologico - geotecnica, risulta invece influente nel caso della determinazione della permeabilità *in situ*.

Come si evince anche dai risultati delle analisi granulometriche sui campioni prelevati e riportate nella Tabella soprastante, il litotopo argilloso contiene comunque percentuali variabili tra il 30 – 50 % di granuli riferibili alla classe del limo e circa il 5% di granuli delle dimensioni delle sabbie.

Le analisi granulometriche ovviamente rappresentano un indice puntuale di ciò che è lecito attendersi a più ampia scala nel terreno in posto, dove questa variabilità granulometrica è presente non solo a livello tessiturale, ma anche deposizionale con alternanza di livelli centimetrici e decimetrici di terreni coesivi ed incoerenti.

Non siamo dunque in presenza di depositi di argilla franca per i quali è lecito aspettarsi coefficienti di permeabilità dell'ordine di $k < 10^{-7}$ cm/sec, ma bensì di depositi di piana alluvionale e di colmata che, in conseguenza della alternanza di livelli a granulometrie diverse, presentano una permeabilità primaria, nel complesso, medio – bassa.

Questo vale sia per il litotopo argilloso quanto per i litotopi sabbioso – limosi che a loro volta contengono percentuali di argilla raramente inferiori al 20% (come si evince anche dalle analisi granulometriche riportate in Allegato C); conseguenza di ciò è il fatto che tutte le prove di permeabilità *in situ* realizzate su questi terreni forniscono valori del coefficiente di permeabilità dello stesso ordine di grandezza ($k = 10E^{-5}$ cm/s).

Considerazioni diverse devono invece essere fatte per quanto riguarda i coefficienti di permeabilità ottenuti indirettamente da prove Edometriche.

Le prove Edometriche infatti sono state realizzate su campioni di terreno argilloso effettivamente rappresentato dall'analisi granulometrica.

Inoltre per la sua natura tale prova misura il coefficiente di permeabilità verticale di un provino sottoposto ad un determinato stress verticale e dunque sottoposto ad un processo di consolidazione; il coefficiente di permeabilità ottenuto è quindi indicativo di una situazione con condizioni al contorno ben determinate e non trasferibile direttamente ad un ambiente estremamente variabile ed eterogeneo come quello dell'area in esame.

5.3 - PROVE DI COSTIPAMENTO PROCTOR

Le prove di costipamento sono state realizzate dal Laboratorio Sigma s.r.l. di Campi Bisenzio (FI), su 9 campioni di terra prelevati mediante escavatore; tale terreno è rappresentativo di quello che dovrà essere utilizzato per la realizzazione del nuovo argine della cassa di laminazione del Fiume Pecora in progetto.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con i risultati delle n. 9 prove PROCTOR eseguite e le profondità di campionamento

CAMPIONE	Contenuto d'acqua (*w* %)	Umidità ottima di costipamento (%)	Densità massima del secco (t/m^3)
A (1,5 m)	12.7 %	14.3 %	1.736 t/m^3
B (3,5 m)	11.9 %	16.3 %	1.762 t/m^3
C (5,0 m)	25.5 %	27.3 %	1.488 t/m^3
D (1,5 m)	21 %	17.4 %	1.645 t/m^3
E (1,0 m)	19.4 %	20.5 %	1.65 t/m^3
F (2,5 m)	20.2 %	23.1 %	1.55 t/m^3
G (4,0 m)	23.2 %	19 %	1.896 t/m^3
H (1,5 m)	21.5 %	22 %	1.618 t/m^3
I (1,0 m)	17.6 %	21.5 %	1.583 t/m^3

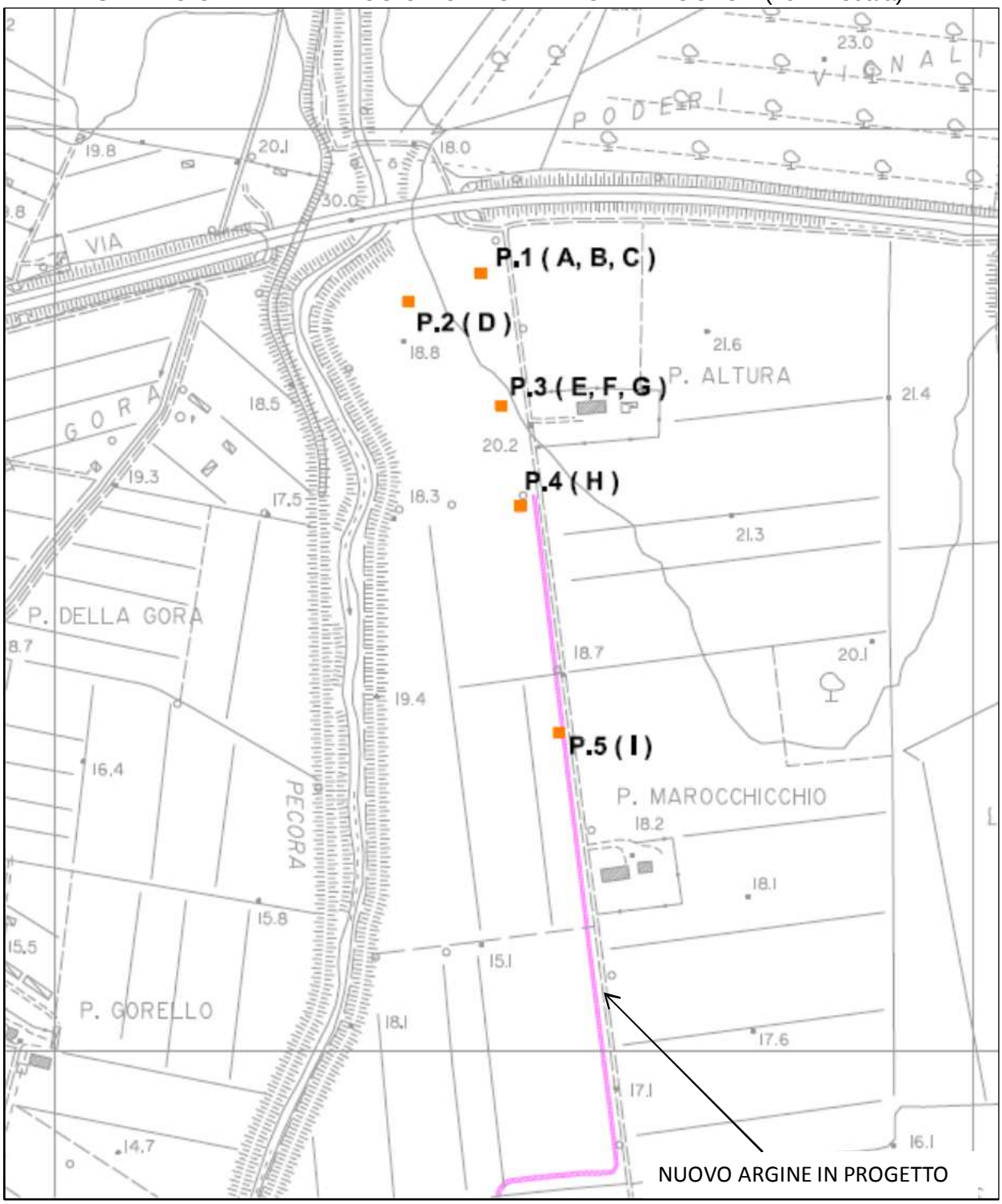
Il contenuto medio di acqua nei campioni prelevati è del 19.2 %.

In media con un'umidità ottima di costipamento del 20.1 % si ottiene una densità massima del secco di 1.659 t/m^3.

Nella pagina seguente si riporta uno stralcio planimetrico con l'ubicazione dei punti di campionamento

Tali valori dovranno essere considerati al momento dell'utilizzo delle terre per la realizzazione del corpo arginale.

STRALCIO PLANIMETRICO UBICAZIONE PROVE PROCTOR (non in scala)



5.4 - DENSITA' IN SITU

Le prove di densità in situ sono state realizzate in 6 siti ubicati sull'argine del Fiume Pecora che sarà oggetto di ringrosso e leggero rialzamento.

Nella pagina seguente si riporta una tabella con i risultati delle prove di densità in sito realizzate dalla Mappo Geognostica s.r.l. e dal Laboratorio Sigma s.r.l.

CAMPIONE	Umidità del prelievo (%)	Densità del secco in sito (t/m^3)
A	22.4 %	1.515 t/m^3
B	25.2 %	1.359 t/m^3
C	18.2 %	1.566 t/m^3
D	26.2 %	1.413 t/m^3
E	29.2 %	1.303 t/m^3
F	28.9 %	1.338 t/m^3

Il contenuto medio di umidità dei campioni utilizzati per le prove di densità in sito è del 25% circa.

Il valore medio di densità del secco è di 1.415 t/m^3

Una corografia 1:10.000 con l'ubicazione delle prove di densità *in situ* effettuate è riportata a pag 18.

I certificati delle prove PROCTOR e delle prove di Densità *in situ* sono riportati nell' Allegato C

6 - RISULTATI INDAGINE GEOFISICA

6.1 - SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE

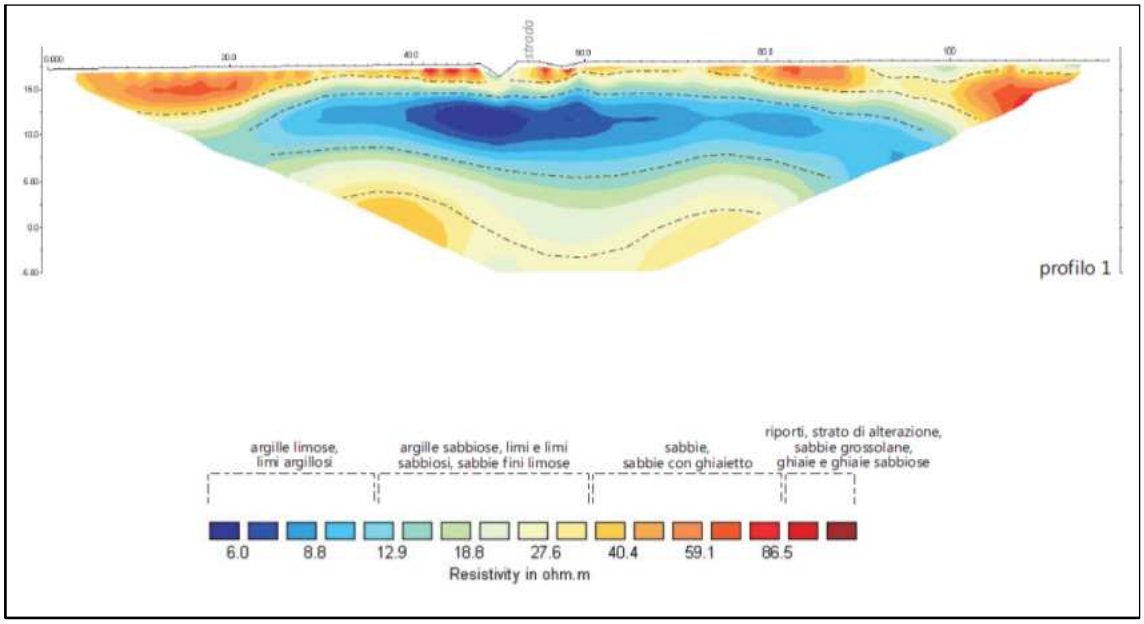
Le sezioni elettrostratigrafiche proposte dal Dr. Geol Andrea Casella, in seguito ad elaborazioni fatte su pseudosezioni geoelettriche di resistività, di fatto contribuiscono alla formazione e validazione del modello geotecnico proposto e con le sezioni geotecniche riportate in Tavola 3.

I litotipi più conduttivi sono costituiti da argille, argille limose e limi argillosi, mentre litotipi a media resistività sono rappresentati da sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi; questi litotipi risultano alternati in livelli con spessori variabili, così come risulta anche dalla modellizzazione geologico-geotecnica proposta.

Nell'area del Fiume Pecora è presente un livello conduttivo, con spessore abbastanza costante, alla profondità media di circa 7 m dal p.c. intervallato a livelli relativamente più resistivi; tale livello assimilabile ad argille è infatti presente anche in tutte le stratigrafie dei sondaggi realizzate e risulta ben individuabile anche dalle interpretazioni dei dati geotecnici di campagna e di laboratorio.

Tale livello argilloso è intercalato a livelli costituiti prevalentemente da sabbie limose sopra e sabbie ghiaiose e ghiaie in matrice sabbioso-limosa sotto, risultando quindi in completa concordanza con quanto rilevato nelle sezioni elettrostratigrafiche.

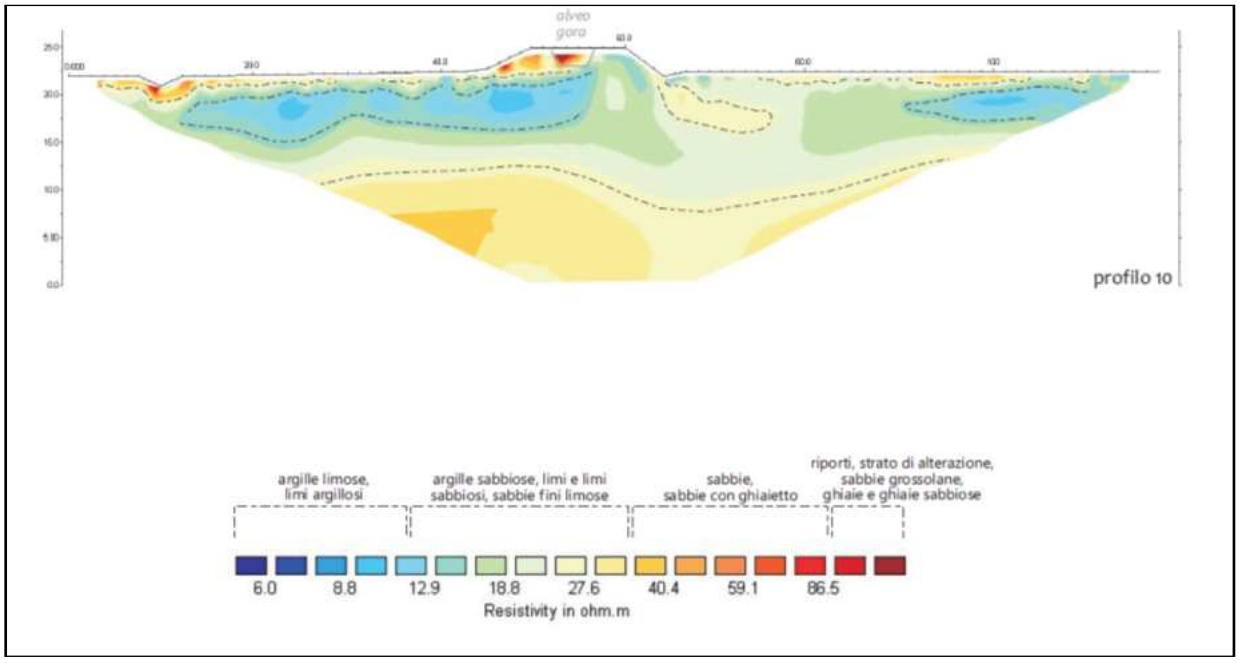
Di seguito si riporta la sezione elettrostratigrafica “profilo 1” rappresentativa/caratteristica dell’area del “Fiume Pecora”



Anche per quanto riguarda l’area della “Gora delle Ferriere” si ha una ottima corrispondenza tra le sezioni geotecniche proposte sulla base del modello geologico-geotecnico ipotizzato (Tavola 3) e le sezioni elettrostratigrafiche elaborate dal dr. Geol. Andrea Casella.

Non si evidenzia infatti il livello resistivo più superficiale, ma una ampia zona a resistività intermedia (costituita dallo strato di limi argillosi e argille limose), e nelle sezioni elettrostratigrafiche 10 e 12 un livello più resistivo a profondità maggiore, che si riscontra anche nelle sezioni geotecniche realizzate sulla “Gora delle Ferriere” e rappresentato dal livello di Ghiaie in matrice sabbioso limosa.

Di seguito si riporta la sezione elettrostratigrafica “profilo 10” rappresentativa/caratteristica dell’area della “Gora delle Ferriere”

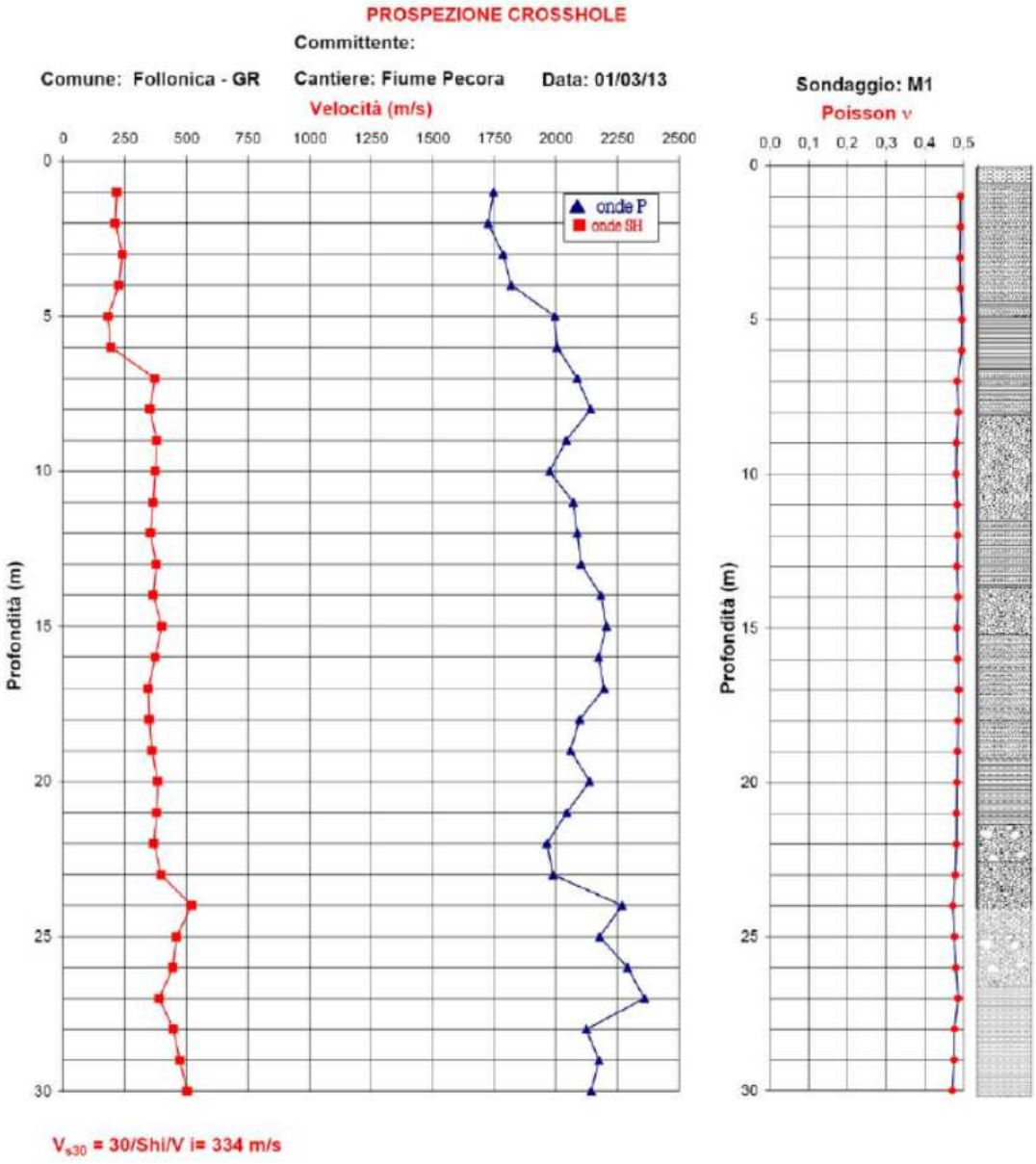


6.2 – CATEGORIA SISMICA DEL SUOLO MEDIANTE INDAGINE CROSS-HOLE

In base alla OPCM n° 3274/03 e s.m.i, IL Comune di Scarlino è inserito in classe 4 di sismicità, mentre il comune di Massa Marittima è inserito in classe 3 di sismicità. Tale classificazione è stata mantenuta anche nella "Deliberazione di Giunta Regionale n. 431 del 19 giugno 2006 - Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ord. P.C.M. 3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. dell'11.05.2006" e nella successiva DGRT n° 878 del 8.10.2012 (pubblicata su BURT Parte Seco nda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136).

Al fine di individuare la categoria sismica del suolo sulla base delle Vs_{30}, ovvero la velocità delle onde di taglio mediata per i primi 30 m di profondità, sono state realizzate n. 4 indagini simiche con prospezione *cross-hole* in altrettanti fori di sondaggio; l'indagine è stata effettuata dalla ditta Mappo Geognostica s.r.l. in collaborazione con il Dr. Donato Merola. Tale indagine ha consentito inoltre di validare ulteriormente la modellazione geotecnica incrociando i dati ELETOM con i sondaggi e con le caratteristiche sismiche degli strati incontrati.

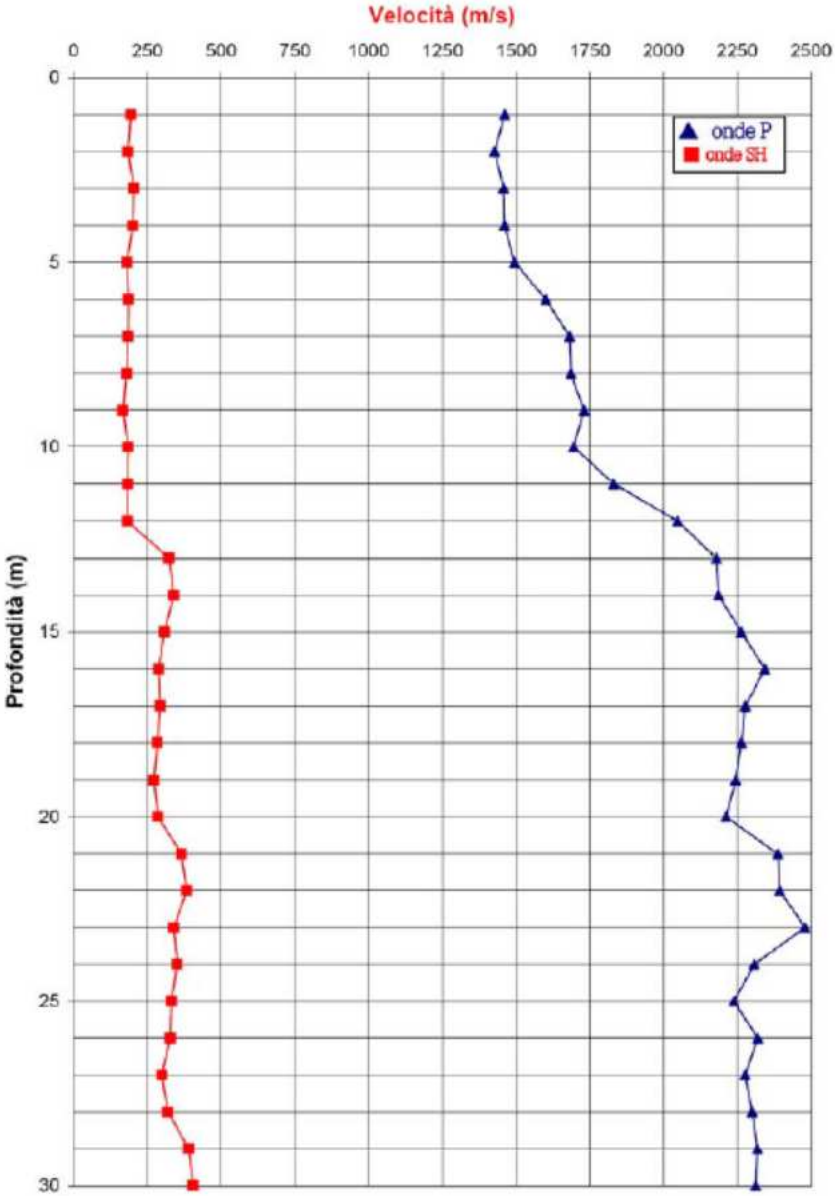
A pag 20 è riportata una corografia con l'ubicazione delle indagini sismiche *cross – hole* effettuate. Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalle 4 indagini sismiche eseguite:



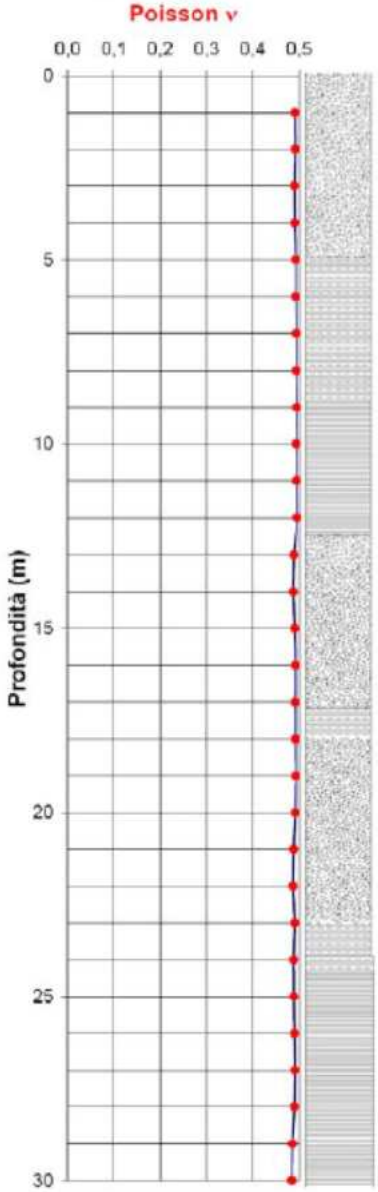
PROSPEZIONE CROSSHOLE

Committente:

Comune: Follonica - GR **Cantiere: Fiume Pecora** **Data: 01/03/13**



Sondaggio: M5

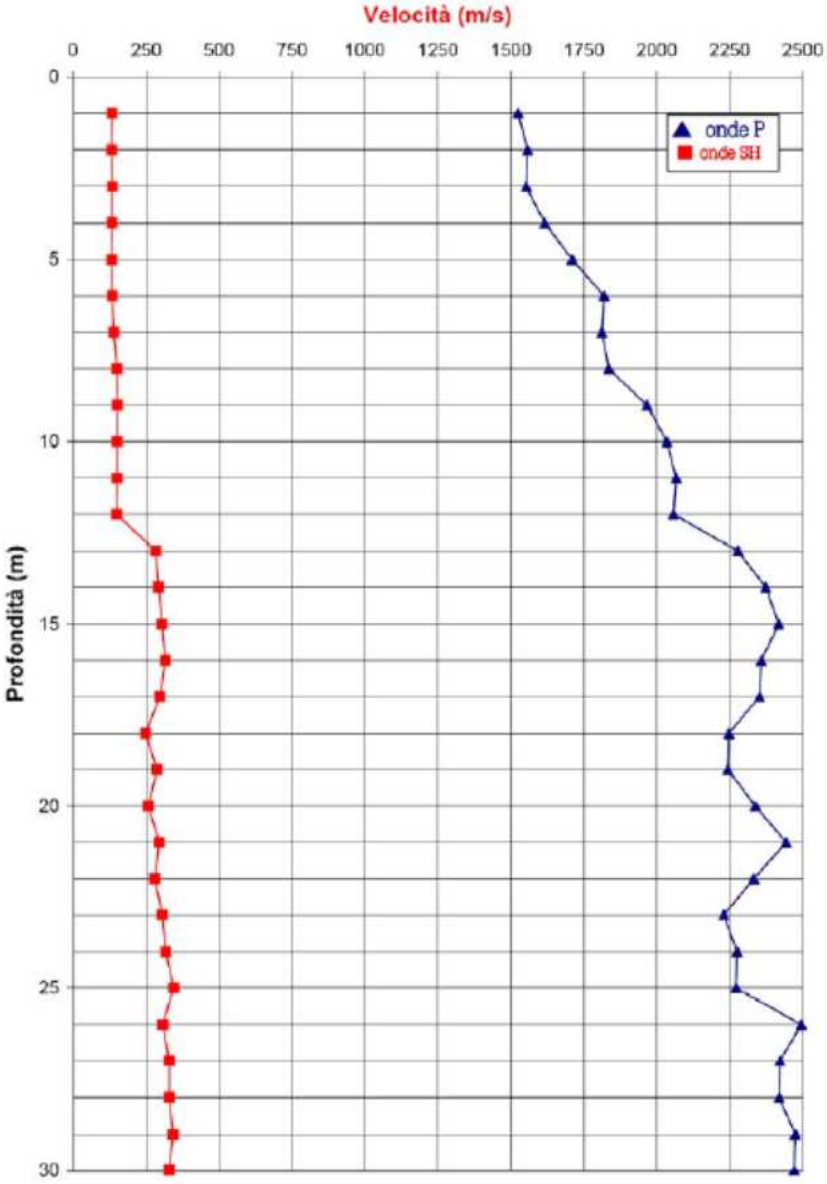


V_{s30} = 30/Shi/V i= 250 m/s

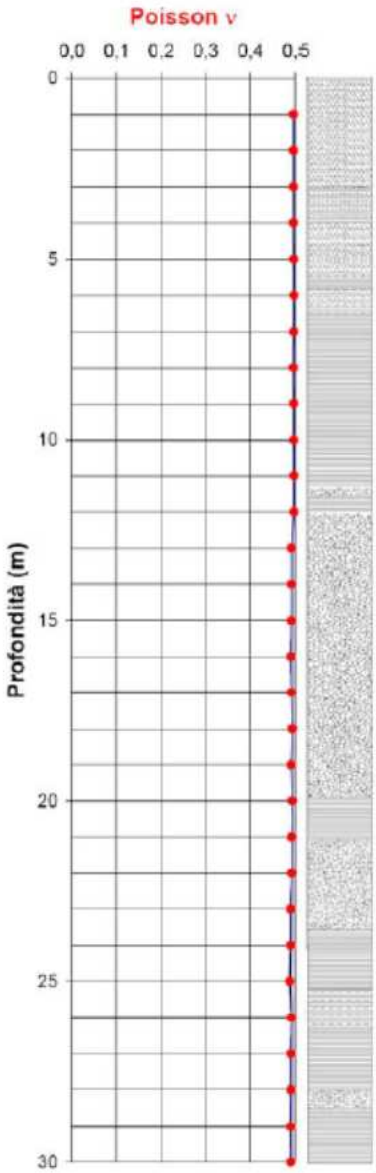
PROSPEZIONE CROSSHOLE

Committente:

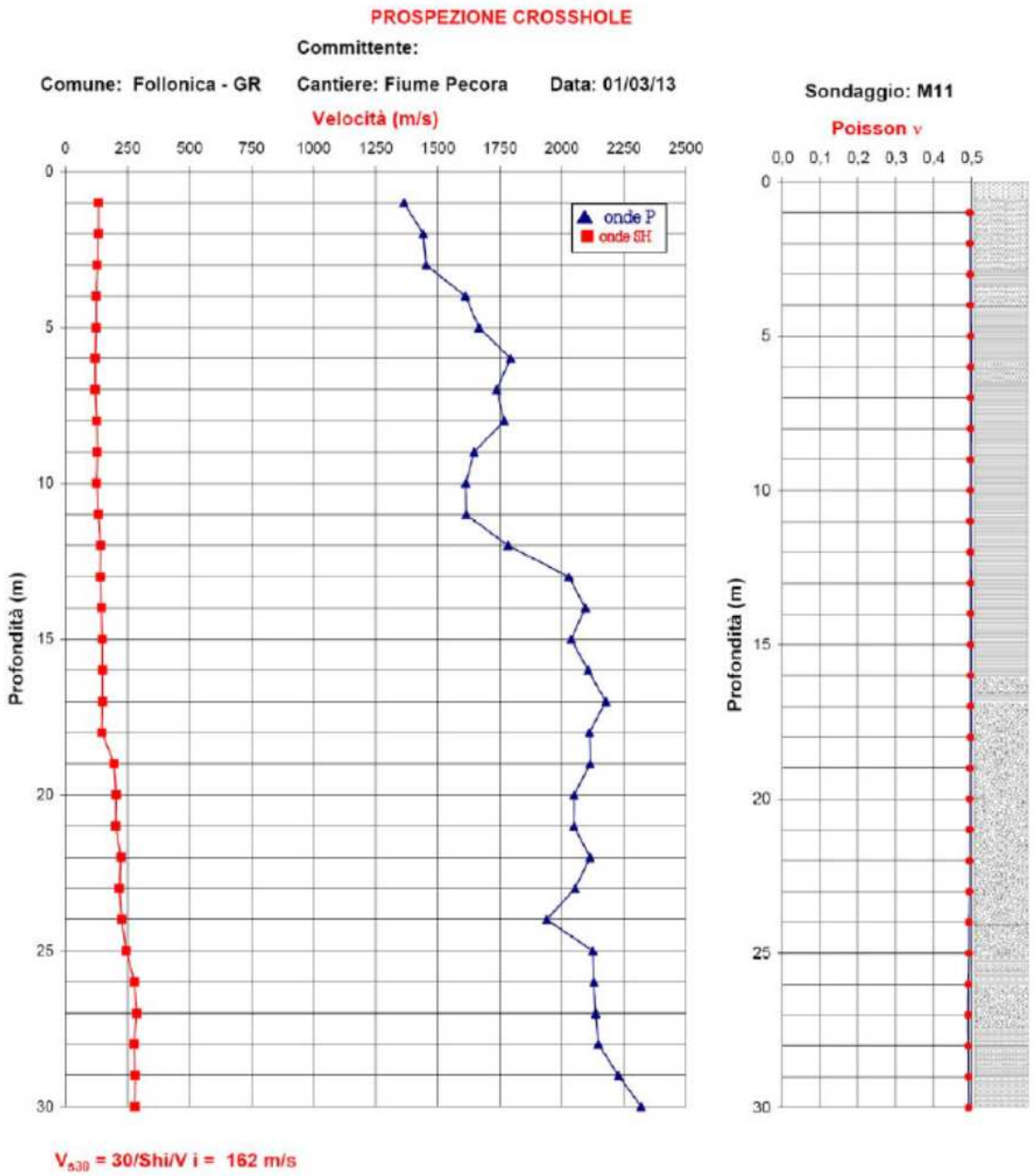
Comune: Follonica - GR **Cantiere: Fiume Pecora** **Data: 01/03/13**



Sondaggio: M6



V_{s30} = 30/Shi/V i= 207 m/s



L'elaborazione completa delle indagini simiche *cross-hole* eseguite dalla Mappo Geognostica s.r.l. in collaborazione con il Dr. Donato Merola è riportata in Allegato C.

Come per la modellizzazione geologico-geotecnica riportata precedentemente, si è scelto di fornire due categorie sismiche del suolo distinte per le due aree in esame:

- Area della "Gora delle Ferriere": si fa riferimento alle *cross-hole* eseguite nei fori dei sondaggi M5, M6 e M11. Poiché il valore delle Vs_{30} misurato nel sondaggio M11 risulta inferiore a 180 m/s, mentre quello misurato nel foro di sondaggio M6 di poco superiore (207 m/s), si ritiene che cautelativamente si debba assumere come tipo di suolo la categoria

D: *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di Vs_{30} < 180 m/s

- Area del “Fiume Pecora”: si fa riferimento alla cross-hole realizzata nel foro di sondaggio M1 ed a quella realizzata nel foro di sondaggio M5, che rappresenta una sorta di confine litotecnico tra l’area del “Fiume Pecora” e l’ area della “Gora delle Ferriere”. Il valore delle Vs_{30} misurato nelle due *cross-hole* è rispettivamente di 334 m/s e 250 m/s, e quindi è ragionevole e altrettanto cautelativo assumere per questo tipo di suolo la categoria

C: *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

7 - PIEZOMETRIA

Per la ricostruzione della superficie piezometrica sono state effettuate due campagne di misura, una nel dicembre 2012 considerando esclusivamente i pozzi al contorno dell’area, ed una nel febbraio 2013 considerando anche i piezometri M10, M7 ed M4 che nel frattempo erano stati realizzati.

Dicembre 2012

	Data	Pozzo	X	Y	Z	Misura dal boccapozzo	Boccapozzo	Piez. dal p.c.	Quota s.l.m.
			m	m	m	m	m	m	m
1	11/12/2012	S. Antonio e Lucia	1.647.564	4.756.497	13,9	4,16	1,28	2,88	11,02
2	11/12/2012	Pod. Marrucchicchio	1.647.627	4.757.175	17,3	5,32	0,94	4,38	12,92
3	11/12/2012	Pod. Altura	1.647.592	4.757.672	20,8	4,60	0,68	3,92	16,88
4	11/12/2012	Pod. Fornace	1.604.166	4.756.061	11,4	2,44	0,72	1,72	9,68
5	11/12/2012	Pod. S. Ilario	1.647.742	4.755.953	10,9	4,40	0,00	4,40	6,50
6	11/12/2012	Casetta - Enea	1.648.924	4.756.466	12,8	6,76	0,00	6,76	6,04
7	11/12/2012	Pod. La Sughera	1.648.059	4.758.228	26,0	12,13	0,69	11,44	14,56
8	12/12/2012	Pod. Viriato	1.648.737	4.757.659	21,9	7,13	0,13	7,00	14,90
9	12/12/2012	Pod. Cirene	1.646.692	4.756.024	11,8	7,10	0,00	7,10	4,70
10	12/12/2012	Pod. Gorello	1.646.950	4.757.002	14,9	2,85	0,93	1,92	12,98
11	12/12/2012	Valle dell'Orto	1.646.811	4.757.923	19,5	3,47	0,83	2,64	16,86
12	12/12/2012	Valle dell'Acqua	1.646.758	4.759.000	27,1	1,33	0,68	0,65	26,45
13	12/12/2012	Pod. La Casa	1.647.638	4.759.443	28,5	2,06	0,90	1,16	27,34
14	12/12/2012	Pod. S. Caterina	1.648.658	4.759.168	31,7	1,35	0,23	1,12	30,58

Febbraio 2013

	Data	Pozzo	X	Y	Z	Misura dal boccapozzo	Boccapozzo	Piez. dal p.c.	Quota s.l.m.
			m	m	m	m	m	m	m
1	05/02/2012	S. Antonio e Lucia	1.647.564	4.756.497	13,9	2,70	1,28	1,42	12,48
2	05/02/2012	Pod. Marrucchicchio	1.647.627	4.757.175	17,3	4,22	0,94	3,28	14,02
3	05/02/2012	Pod. Altura	1.647.592	4.757.672	20,8	2,70	0,68	2,02	18,78
4	05/02/2012	Pod. Fornace	1.604.166	4.756.061	11,4	1,99	0,72	1,27	10,13
5	05/02/2012	Pod. S. Ilario	1.647.742	4.755.953	10,9	2,87	0,00	2,87	8,03
6	05/02/2012	Casetta - Enea	1.648.924	4.756.466	12,8	5,80	0,00	5,80	7,00
7	05/02/2012	Pod. Viriato	1.648.737	4.757.659	21,9	5,34	0,13	5,21	16,69
8	05/02/2012	Pod. Cirene	1.646.692	4.756.024	11,8	6,63	0,00	6,63	5,17
9	05/02/2012	Pod. Gorello	1.646.950	4.757.002	14,9	0,65	0,65	0,00	14,90
10	05/02/2012	Valle dell'Orto	1.646.811	4.757.923	19,5	2,40	0,83	1,57	17,93
11	05/02/2012	Valle dell'Acqua	1.646.758	4.759.000	27,1	1,42	1,33	0,09	27,01
12	05/02/2012	Pod. La Casa	1.647.638	4.759.443	28,5	1,10	0,90	0,20	28,30
13	05/02/2012	Pod. S. Caterina	1.648.658	4.759.168	31,7	0,83	0,23	0,60	31,10
14	05/02/2012	M10	1.647.126	4.756.393	15,2	4,80	0,00	4,80	10,40
15	05/02/2012	M7	1.647.493	4.756.848	14,0	3,23	0,25	2,98	11,02
16	05/02/2012	Pod. La Pace	1.648.094	4.758.631	28,5	10,20	0,00	10,20	18,30
17	05/02/2012	M4	1.647.451	4.758.509	22,4	2,63	0,25	2,38	20,02

Particolare di campionamento mediante bayler

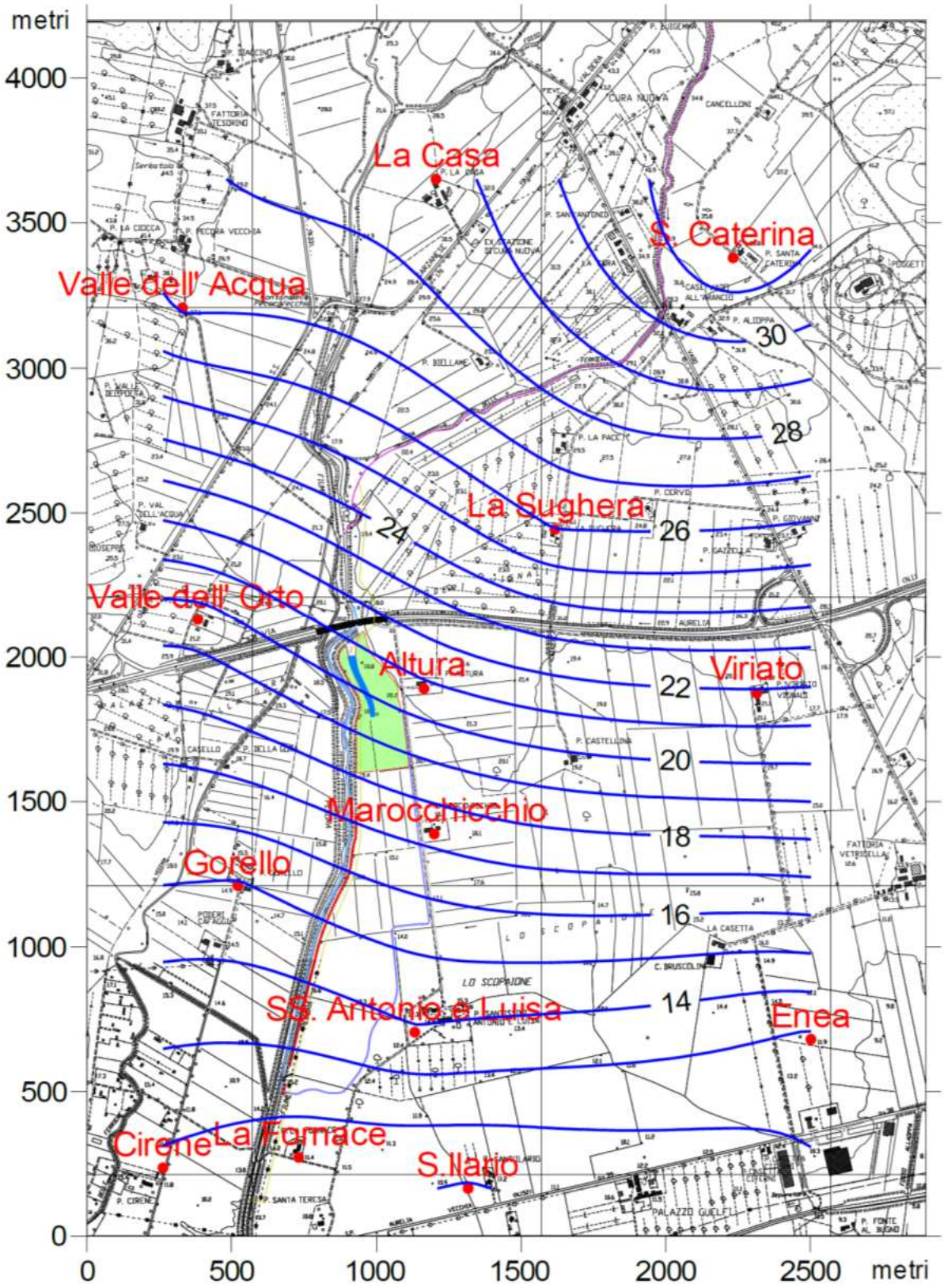
Particolare acquisizione parametri mediante sonda multiparametrica

Particolare misura piezometrica e temperatura acqua

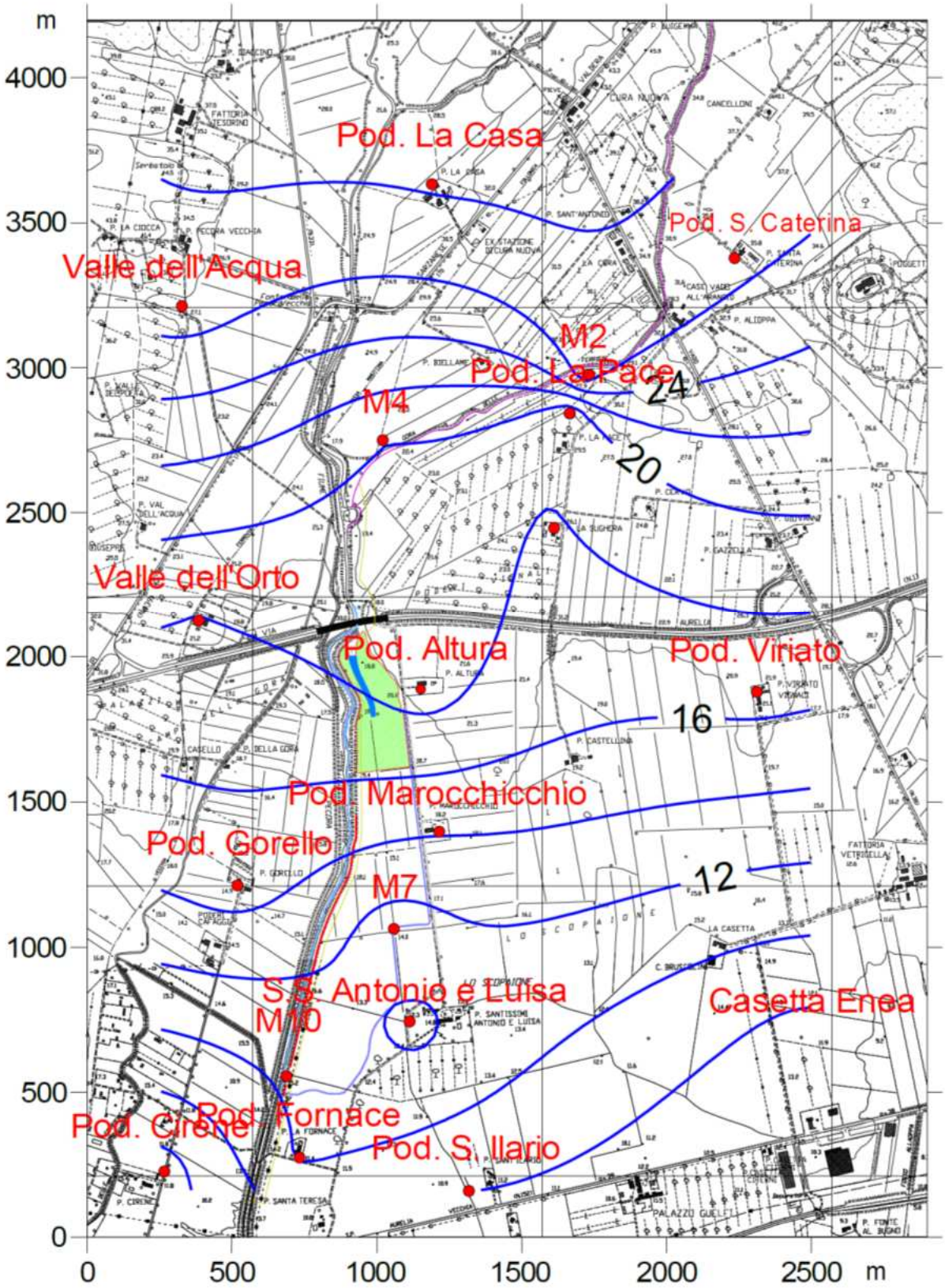
Per la ricostruzione della superficie piezometrica è stato utilizzato il metodo di Kriging implementato susoftware Surfer 11 della Goldend Software.

Di seguito si riportano le planimetrie a isopieze.

Dicembre 2012



Febbraio 2013



Si nota un abbassamento della piezometrica fra le due misure, ciò probabilmente imputabile ad uno schift importante fra l'infiltrazione efficace e la ricarica.

8 - GEOCHIMICA

8.1. ANALISI CHIMICHE E CHIMICO FISICHE.

Le indagini oggetto del presente studio hanno avuto come obiettivo quello di delineare le caratteristiche dell'acquifero direttamente coinvolto nelle opere in progetto e di quello delle aree ad esso immediatamente limitrofe.

L'area in esame è la bassa valle del fiume Pecora per la quale sono reperibili numerosi dati sperimentali relativi a studi pregressi (ARPAT 2000-2001; AMBIENTE 1999; NUOVA SOLMINE; UNIFI/ARPAT 2003/2008; Donati A., Biondi A. 2011).

I parametri chimico fisici che costituiscono il set di analiti per la caratterizzazione preliminare oggetto dell'indagine sono i seguenti: temperatura, pH, conducibilità, bicarbonati, cloruri, solfati, nitrati, calcio, magnesio, sodio, potassio, arsenico, ferro, manganese, mercurio, rame, piombo. Questi sono stati scelti sulla base delle "criticità" note per la zona ed in modo da fornire gli elementi necessari per una definizione preliminare delle caratteristiche chimico-ambientali dell'acquifero in esame. In fase di successivo monitoraggio, il set di analiti potrà subire variazioni in funzione di situazioni rilevanti evidenziate.

Nella sezione corrente verranno discusse le criticità relative alle concentrazioni determinate per gli elementi in traccia rimandando, per quanto riguarda invece le concentrazioni degli elementi maggiori, alla sezione "Idrogeochimica" del presente elaborato.
Nel corso dello studio sono stati analizzati sei campioni di acqua dei quali due prelevati dai piezometri denominati M7 e M10, quattro da pozzi privati utilizzati per scopi diversi (domestico, irriguo, ecc) (Tav. 2).

I campionamenti delle acque sono stati eseguiti secondo quanto raccomandato da APAT-IRSA-CNR 2003, Sezione 1030 "Metodi di Campionamento". In particolare il piano di campionamento è stato elaborato secondo il criterio "preferenziale o ragionato" ovvero il numero ed i siti di prelievo sono stati scelti in modo tale da fornire una descrizione dell'area il più completa possibile dal punto di vista chimico, geochimico ed idrogeochimico compatibilmente con le risorse disponibili e sulla base delle conoscenze tecniche pregresse.

Per ogni campione sono stati determinati direttamente in situ i seguenti parametri: temperatura (°C), conducibilità elettrica (µS/cm), pH (unità pH).

In corrispondenza di ogni sito sono stati prelevati n°2 campioni (in recipienti di polietilene da 1 L e 500 mL rispettivamente) dei quali uno posto in flacone non stabilizzato (per la successiva determinazione analitica della componente anionica) ed uno in flacone stabilizzato con 5 mL di acido nitrico HNO_3 concentrato (per la successiva determinazione dei metalli e dei cationi maggiori). I campioni prelevati non sono stati sottoposti a filtraggio in situ per motivi pratici; segue che, nella successiva interpretazione dei risultati analitici relativi alle concentrazioni determinate sperimentalmente, si è dovuto tenere conto del notevole apporto dell'eventuale (visibile o meno) materiale in sospensione presente nel campione al momento del prelievo.

D'altra parte è da tenere in considerazione il fatto che lo studio qui presentato è da intendersi come una "fase preliminare" e conoscitiva atta ad individuare le migliori procedure operative da impiegare per il successivo monitoraggio dell'area finalizzato all'affinamento dell'interpretazione dei dati sperimentali connessi con la fenomenologia ambientale caratterizzante l'area.

I campionamenti e le determinazioni chimico fisiche in situ sono state eseguite da personale specializzato in organico allo Studio Tecnico STALF di Follonica.

Tutte le analisi chimico fisiche sono state effettuate presso il laboratorio Studio Ambiente s.r.l di M.Gorelli, M. Calisti, R. Paolasso (via Topazio, 58100, Grosseto). Le determinazioni chimico fisiche in situ sono state effettuate mediante strumentazione personale dallo studio tecnico associato STALF.

Le tecniche analitiche utilizzate per la determinazione dei parametri chimico fisici in situ sono le seguenti:

- Temperatura (in ℃): la temperatura è stata misur ata mediante freatimetro in fase di determinazione del livello piezometrico; questa è stata successivamente sottoposta a verifica per mezzo di sonda multiparametrica temperatura/conducibilità;
- pH (misurato in unità pH): elettrodo pH DELTA OHM mod. HD2156.1, calibrato con soluzioni tampone a pH= 4.01, pH= 7.01, pH=10.02;
- Conducibilità elettrica (misurata in µS/cm): conduttivimetro DELTA OHM mod. HD2156.1.

In sintesi, le sezioni di riferimento dei "Metodi Analitici per le Acque" (APAT-IRSA-CNR 2003) per le metodiche analitiche utilizzate per la determinazione dei parametri in laboratorio, sono le seguenti:

- pH (APAT IRSA CNR 2003, sez. 2060)
- Conducibilità a 25℃ (APAT IRSA CNR 2003, sez. 20 30)
- Bicarbonati (APAT IRSA CNR 2003, sez. 2010)
- Cloruri (APAT IRSA CNR 2003, sez. 4090)
- Solfati (APAT IRSA CNR 2003, sez. 4140)
- Nitrati (APAT IRSA CNR 2003, sez. 4040)
- Calcio (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3130)
- Magnesio (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3180)
- Sodio (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3270)
- Potassio (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3240)
- Arsenico (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3080)
- Ferro (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3160)
- Manganese (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3190)
- Mercurio (APAT IRSA CNR 2003, sez. 3200)
- Piombo (Voltammetria Ciclica Di Stripping Anodico)
- Rame (Voltammetria Ciclica Di Stripping Anodico)

Nelle Tabelle a pagina seguente sono riportati i dati analitici ottenuti dalle determinazioni in situ e da quelle effettuate in laboratorio rispettivamente. La nomenclatura adottata per l'identificazione dei sei campioni di acqua analizzati è la seguente:

- M10 (piezometro)
- M7 (piezometro)
- Pod. S.Ilario (acqua di pozzo)
- Pod. Gorello (acqua di pozzo)
- Pod. Virato Vignali (acqua di pozzo)
- Pod. Valle dell'Orti (acqua di pozzo)

Le concentrazioni degli elementi maggiori sono espresse in mg/L, quelle degli elementi in traccia in µg/L.

Le temperature registrate direttamente in situ mediante immersione del freatimetro vanno dai 12.8℃ ai 16.8 ℃ (con una temperatura dell'ari a esterna al momento del campionamento di circa 10℃).

Le acque sono caratterizzate da valori di pH (misurati in situ) compresi fra un minimo di pH=6.84 e ed un massimo di pH=7.61 indicando un ambiente sostanzialmente neutro. Tali valori risultano globalmente confermati dalle analisi di verifica condotte in laboratorio.

Tabella: parametri chimico fisici determinati in situ

Denominazione	Data	Coord_X	Coord_Y	T(°C) aria	T(°C)acqua	pH	Conducibilità (µS/cm)
M10 pz.	5/02/2013	1647126	4756393	8	16	7.08	1334
M10 pz.	28/02/2013			10	16	6.84	1364
M7 pz.	5/02/2013	1647493	4756848	8	14.6	7.36	489
Pod. S.Ilario	5/02/2013	1647742	4755954	11	12.8	7.61	349
Pod. Gorello	5/02/2013	1646960	4757007	12	15.4	7.18	962
Pod. Valle dell'Orti	5/02/2013	1646811	4757921	12	14.7	6.92	861
Pod. Virato Vignali	5/02/2013	1648736	4757659	13	16.8	7.21	884

Tabella: parametri chimico fisici determinati presso il laboratorio di analisi Studio Ambiente s.r.l di M. Gorelli, M. Calisti, R.Paolasso.

Denom.	Data	pH	Cond. 25℃ (µS/cm)	HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	As (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)	Cu (µg/L)
M10 pz.	5/2/2013	6.98	1429	402.6	83.9	347.5	2.4	224.2	35.4	48	3.6	3695.7	4900	405	1.7	29.3	8
M10 pz.	28/02/2013											40.0 (*)	<20 (*)				
M10 pz.	28/02/2013											319,6(**)	1090,0(**)				
M7 pz.	5/2/2013	7.31	501	140.3	21	133.3	8.4	82.2	11.4	18	3.8	8.3	330	65	<0.1	<0.5	3
Pod. S. Ilario	5/2/2013	7.26	387	158.6	40.6	29.1	<2	57.7	8.5	13	4.4	1.1	450	45	<0,1	<0,5	5.1
Pod. Gorello	5/2/2013	7.05	1025	372.1	73.4	105.5	35.4	151.5	18	29	2.2	30.2	380	<5	<0,1	4.8	7.1
Pod. Valle dell'Orti	5/2/2013	6.95	950	378.2	104.8	28.3	13.5	130.1	14.2	45	2	1.5	50	86	<0,1	<0,5	6.7
Pod. Virato Vignali	5/2/2013	7.06	998	280.6	27.7	250	15.8	133.3	30.9	30.4	2.9	1.7	1110	125	<0,1	1.5	9.6
D.Lgs 31/2001	5/2/2013	6.5<p H<9.5	2500		250	250	50			200		10	200	50	1	10	1 (mg/L)

(*) Determinazione analitica eseguita sul campione filtrato su filtro Sartorius 0,45 µm.

(**) Determinazione analitica eseguita sul campione tal quale

I valori delle concentrazioni ottenuti sperimentalmente sono stati confrontati con quelli raccomandati nell'ambito della normativa vigente per la gestione e salvaguardia della risorsa idrica ed, in particolare, con i valori di riferimento fissati dal D.Lgs 31/2001 e ss.mm.ii per le acque destinate al consumo umano. Tali valori, per i parametri relativi agli elementi in traccia, sono riportati nell'ultima riga della tabella a pagina precedente.

La scelta di confrontare i valori sperimentali dei parametri chimico fisici ottenuti durante le indagini svolte sul campo ed in laboratorio, con quelli reperibili nelle disposizioni vigenti in materia di acque destinate al consumo umano, deriva dal fatto che nelle fonti bibliografiche relative ad indagini pregresse svolte nell'area, il confronto viene effettuato proprio con tali valori; in tal modo le interpretazioni eseguite in questa sede, trovano un paragone diretto con quelle reperibili in tali studi.

L'analisi della Tabella relativa ai parametri determinati in laboratorio mostra che, ad eccezione del Ferro, risultato al di sopra dei limiti imposti (200 µg/L) dal D.L per tutti i campioni analizzati tranne che per le acque del pozzo "Valle dell'Orti", i valori delle concentrazioni degli elementi in traccia sono al di sotto del limite nelle acque prelevate da:

a) M7 piezometro
b) S.Ilario (acqua di pozzo)
c) Podere Gorello (acqua di pozzo)
d) Virato Vignali (acqua di pozzo)
e) Valle dell'Orti (acqua di pozzo)

Tutti i campioni sopra citati sono stati sottoposti alle determinazioni analitiche con le medesime modalità di analisi che, per questa fase sperimentale preliminare, hanno previsto l' analisi degli elementi in traccia (metalli e metalloidi) sui campioni non filtrati in situ; le concentrazioni risentono quindi inevitabilmente del contributo imputabile al particolato che, in presenza dell'acido utilizzato per la stabilizzazione del campione, si è dissolto portando in soluzione metalli e metalloidi.

Se per i campioni a)-e) sopra citati, tale procedura non ha comunque comportato il superamento delle concentrazioni massime ammissibili, diversamente è stato riscontrato per le acque prelevate dal piezometro denominato M10 nel quale la prima determinazione analitica (eseguita sul campione tal quale non filtrato e stabilizzato con acido HNO_3), ha evidenziato il superamento di molti dei limiti imposti dal D.Lgs 31/2001 e ss.mm.ii.

In particolare, i parametri del pz. M10 per i quali si è riscontrato un superamento delle concentrazioni massime ammissibili, sono i seguenti: Solfati (347.5 mg/L) , Ferro (4900 µg/L), Arsenico (3695.7 µg/L), Manganese (405 µg/L), Mercurio (1.7 µg/L), Piombo (29.3 µg/L).

Mentre è possibile definire "di lieve entità" il superamento della concentrazione del Mercurio (1.7 µg/L nel campione analizzato) rispetto a quella imposta dal D.L (1 µg/L), la stessa considerazione non può essere fatta per le concentrazioni relative agli elementi in traccia Arsenico e Ferro: tali parametri risultano superiori rispettivamente di due ed un ordine di grandezza rispetto al valore tabellare imposto dal D.L.

La determinazione sulle acque del piezometro M10 è stata quindi ripetuta (in data 28/02/2013) per verificare se, cambiando modalità operative di preparazione del campione da sottoporre ad analisi, le concentrazioni dei due parametri sensibili Ferro ed Arsenico, rimanevano immutate.

I valori di pH e conducibilità, nuovamente sottoposti a determinazione analitica in situ, sono risultati sostanzialmente immutati e pari rispettivamente a 6.84 (unità pH) e 1364 µS/cm a fronte dei valori determinati in data 05/02/2013 pari rispettivamente a 7.08 (unità pH) e 1334 µS/cm: la

misura dei parametri in situ conferma quindi il carattere sostanzialmente “neutro” delle acque del pz. M10.

Le determinazioni analitiche di As ed Fe sulle acque del piezometro M10 sono state ripetute seguendo le seguenti modalità preparative:

a) analisi sul campione preventivamente filtrato (filtro Sartorius 0.45 µm) e non acidificato con HNO_3;
b) analisi sul campione tal quale non sottoposto a filtrazione con filtro Sartorius 0.45µm e non acidificato con HNO_3.

Seguendo le modalità operative di cui al punto a), le concentrazioni di Arsenico e Ferro sulle acque del campione M10 pz. sono risultate rispettivamente pari a: 40 µg/L (As), < 20 µg/L (Fe).

Sul campione preventivamente trattato come specificato nel punto b), le concentrazioni di Arsenico e Ferro sono risultate rispettivamente pari a 319.6 µg/L (As), e 1090 µg/L (Fe).

Tali dati sperimentali relativi al campione di acqua prelevato dal piezometro M10 suggeriscono che il contributo dei metalli e metalloidi adsorbiti sulla superficie del particolato sia piuttosto importante.

La filtrazione eseguita sul campione in fase preparativa (come specificato al punto a) determina infatti la separazione del materiale in sospensione con granulometria superiore a 0.45 µm; inoltre, l’esecuzione dell’analisi senza aver sottoposto il campione ad acidificazione, assicura che le concentrazioni di metalli e metalloidi determinate siano esclusivamente quelle naturalmente disciolte nella fase acquosa senza contributo alcuno del particolato.

La concentrazione ottenuta per il Fe (<20 µg/L), in seguito al trattamento come in a), è risultata inferiore al limite tabellare (200 µg/L) imposto dal D.Lgs 31/2001 e ss.mm.ii; diversamente, per l’Arsenico, presente con una concentrazione pari a 40 µg/L, risulta confermato il superamento del limite di 10 µg/L.

Le concentrazioni determinate secondo le modalità operative di cui al punto b) sia per il parametro Arsenico che per il parametro Ferro, risultano ampiamente superiori rispetto ai limiti di cui al D.L per le acque destinate al consumo umano.

Tuttavia i tenori riscontrati in tale caso sono inevitabilmente “affette” dal contributo derivante dai metalli e metalloidi adsorbiti sul particolato in sospensione in quanto (secondo le condizioni preparative di cui al punto b) il campione non è stato sottoposto a filtrazione preventiva.

Il netto abbassamento delle concentrazioni di Fe ed As nelle acque del pz. M10 in seguito a filtrazione preventiva su filtro Sartorius a 0.45 µm ed i dati ottenuti secondo la preparativa di cui al punto b), evidenziano e confermano un importante contributo dovuto al particolato sul quale risulta possibile ipotizzare, si “concentrano” frazioni importanti di metalli e metalloidi adsorbiti.

I tenori di As presenti esclusivamente nella fase acquosa, pur mantenendosi al di sopra del limite imposto per le acque destinate al consumo umano nell’ambito del D.Lgs 31/2001, risultano in linea con i dati sperimentali reperibili nei numerosi studi pregressi effettuati sulla zona della valle del Pecora e nella zona della Piana di Scarlino: tali aree sono infatti ormai ben note per una diffusa “contaminazione” da metalli e metalloidi, primo fra tutti l’Arsenico, oggetto di svariate indagini atte a definirne le cause che, allo stato attuale, risultano assimilabili alla sinergia di fenomeni naturali, industriali, paleogeografici ed agricoli e naturali.

Secondo NUOVA SOLMINE (1999) l’anomalia geochimica in Arsenico nei suoli della Piana di Scarlino e della Valle del Pecora è da associare a fenomeni “naturali” e “... la presenza di As

nella fascia centrale è da collegare ad un trasporto solido a carico delle acque dell'alveo o del paeloalveo del F.Pecora, particolarmente arricchito in sali di As insolubili e pertanto depositati ed inglobati nei sedimenti argilllosi".

Per maggiore dettaglio si riportano alcuni stralci tratti dallo studio di Tanelli et. al (2005) eseguito sulla Piana di Scarlino e sulla bassa Valle del fiume Pecora, nei quali si evidenzia in modo univoco la marcata problematica dell'anomalia in Arsenico:

"…si riportano le analisi chimiche per As, Fe, Cu, Pb, Zn nei campioni filtrati e non delle acque superficiali e di pozzo campionate in questo studio. Dalla tabella possiamo rilevare come per le acque superficiali i più marcati contenuti in arsenico, tra 62 e 84 µg/l, si ritrovino in due campioni WPE1 e WPE5 prelevati lungo il Pecora rispettivamente in prossimità de La Botte e nel medio corso…" (Tanelli, relazione finale; Scarlino-2005)

"…Le analisi confermano l'elevato grado di inquinamento (fino a 1725 µg/l di As) delle falda superficiale presente nella zona orientale del Casone. Lo stesso fatto si riscontra anche nelle analisi eseguite da Nuova Solmine, a prescindere dai valori assoluti nel contenuto in arsenico che nelle analisi della Società si attestano ad un valore massimo di 1070 µg/l (NUOVA SOLMINE)…" (Tanelli, relazione finale; Scarlino-2005)

I dati sperimentali ottenuti in questa fase preliminare sui sei campioni di acqua analizzati, concordano con quelli reperibili in letteratura anche per ciò che concerne, ad esempio, il Ferro ed il Manganese; si attesta infatti il superamento delle concentrazioni massime ammissibili del Ferro in tutti i campioni tranne che nel campione "Pod. Valle dell'Orti" ed il superamento della concentrazione del Manganese nei campioni "M7 pz.", "M10 pz.", "Pod. Valle dell'Orti" e "Pod. Virati Vignali". Tale evidenza è in linea con quanto riportato da Tanelli in "Relazione finale Scarlino 2005":

"…Nelle acque sotterrane analizzate nella presente convenzione oltre l'arsenico, tracce di inquinamento nei campioni filtrati si rilevano esclusivamente per il Ni (WPO2) e per il Mn (WPO8). Le recenti analisi delle acque dei pozzi piezometrici della zona industriale del Casone (ARPAT, Gennaio 2003) indicano per alcuni campioni tenori in B, Fe e Mn che superano i limiti normativi…"(Tanelli, Relazione finale; Scarlino-2005)

La "contaminazione" da metalli e metalloidi nella Piana di Scarlino e nella valle del fiume Pecora caratterizza anche i suoli: le indagini conoscitive svolte in tali zone da varie Società ed enti preposti alla tutela ambientale quali AMBIENTE (1998, 2001), NUOVA SOLMINE (1999) e ARPAT (2001), nonché, ancora, dal gruppo di lavoro del Prof. Tanelli (Università degli Studi di Firenze), confermano l'esistenza di una importante anomalia geochimica.

"…Concludendo, i dati acquisiti confermano come i terreni della Piana di Scarlino, in genere esplorati ed analizzati fino ad una profondità di 6 metri (11 metri nella zona del Casone) si caratterizzano per un contenuto in arsenico che varia da alcune centinaia di mg/kg nelle zone interne a 20-50 mg/kg nelle zone marginali della Piana. Al di là di questa macro-zonizzazione le concentrazioni in arsenico hanno, in particolare nelle zone interne non-industriali una distribuzione marcatamente irregolare. L'anomalia geochimica della Piana è imputabile sia a cause naturali che antropiche. In particolare, per quanto riguarda l'aliquota, non associabile alle attività industriali del Casone, indicativamente il suo limite superiore, applicando il principio dell'attualismo, è individuabile a circa 100 mg/kg, che corrisponde al tenore in arsenico dei sedimenti fluviali del Pecora allo sbocco nella Piana. Gli altri materiali, alluvioni dell'Allacciante e scorie ferrifere di P.gio Butelli, portatori certi di arsenico nella Piana non associabili alle attività del Casone, hanno contenuti di riferimento attorno a 50 mg/kg e 20 mg/kg inferiori a quelli delle alluvioni del Pecora.
Nelle condizioni chimico-fisiche medie dei suoli del bacino del Pecora, l'arsenico è caratterizzato da una bassa geodisponibilità e mobilità geochimica…"(Tanelli,relazione finale; Scarlino-2005).

Nella forma pentavalente, As risulta sostanzialmente “immobile” e, quindi, poco geodisponibile: sono conseguentemente molto ridotti i fenomeni di dissoluzione in acqua, attribuibili quasi esclusivamente alla forma trivalente (la più tossica) che si forma in ambienti acidi, riducenti ed in presenza di elevati tenori di materia organica.

Nell’ambito dello studio condotto da Tanelli (UNIFI/ARPAT 2005) sulle acque superficiali e profonde nella zona interessata dall’anomalia di As, il tenore medio del metalloide rilevato nelle acque superficiali risulta pari a 8,2 µg/l con concentrazioni che variano da un minimo inferiore al limite di rilevabilità strumentale (1 µg/l) ad un massimo di 57 µg/l. Per quanto riguarda le acque di pozzo, invece, i tenori di As si attestano quasi sempre al di sotto del limite di 10 µg/l a conferma del basso grado di geodisponibilità del metalloide ai processi di dissoluzione.

Le indagini condotte nella zona di Scarlino e della bassa valle del fiume Pecora portarono ad un innalzamento del valore di fondo naturale del metalloide nei suoli; per quanto riguarda le acque, diversamente, anche se gli studi condotti da UNIFI ed ARPAT (Scarlino II e Scarlino III-2005) indicano un tenore in Arsenico pari *“45 µg/l nelle acque superficiali, tale valore non è mai stato di fatto assunto come valore di fondo” (*Studio dei traccianti della contaminazione delle acque di falda della Piana di Scarlino- Biondi A., Donati A.-2011).

I principali fattori che determinano il diverso adsorbimento del metalloide sull’As sono la natura e la tessitura delle specie adsorbenti. Recenti studi condotti confrontando il comportamento del metalloide in presenza di ossidi ed idrossidi di Ferro, Manganese ed Alluminio hanno evidenziato come gli ioni arseniato sono adsorbiti con maggiore affinità sugli ossidi di manganese e ferro piuttosto che su quelli di alluminio, mentre gli ioni arsenito sono fortemente fissati sulle superfici di ossidi di ferro ma molto debolmente su ossidi di alluminio (Violante e Pigna, 2002; Violante et al, 2006, 2007).

Per quanto riguarda le frazioni tessiturali, quelle più piccole (argillosa, < 2 micrometri) contengono maggiori quantità di As (Lombi et al., 2000), poichè in essa sono tipicamente concentrati ossidi e idrossidi che di solito presentano dimensioni estremamente ridotte ed offrono quindi una superficie adsorbente elevata nonché, come noto, una elevata “predisposizione” (in termini di affinità) alla formazione di complessi stabili con il metalloide. Questo spiega la più alta tossicità dei suoli inquinati a tessitura fine rispetto a quelli a tessitura grossolana (Jacobs et al., 1970).

Tali evidenze risultano di particolare importanza in riferimento a quanto emerso nella presente indagine per le acque prelevate ed analizzate dal piezometro pz. M10.

I sondaggi geologici eseguiti in corrispondenza dell’attuale pz.M10 hanno rivelato infatti una composizione del suolo di tipo sabbioso-limoso-argillosa che, per le caratteristiche tessiturali, è predisposta all’adsorbimento di quantità elevate del metalloide. Tale frazione, in fase di stabilizzazione del campione con HNO_3 senza filtraggio, è interamente passata in soluzione liberando sia il metalloide stesso, sia il Ferro ed il Manganese degli ossidi che, come specificato sopra, trattengono forti quantità di As. Il filtraggio con filtro Sartorius 0.45 µm, trattenendo tutta la frazione limoso-argillosa che presenta elevata affinità per il metalloide, permette la sola determinazione dei metalli e metalloidi in soluzione.

In conclusione le evidenze sperimentali discusse nell’ambito della presente indagine evidenziano un contesto chimico fisico ed ambientale in linea con il contesto noto caratterizzante l’area in esame. In relazione a quanto emerso dallo studio si auspica che, in sede di successivo monitoraggio, la componente dei metalli e metalloidi sia determinata sui campioni sottoposti a filtraggio su filtro Sartorius 0,45 µm onde eliminare il contributo imputabile alla frazione dei costituenti inorganici adsorbiti sul particolato e sull’eventuale materiale in sospensione.

8.2. IDROGEOCHIMICA

Tutte le considerazioni idrogeochimiche effettuate nella presente indagine sono state effettuate sulla base delle analisi chimico fisiche eseguite presso il laboratorio Studio Ambiente s.r.l di M.Gorelli, M. Calisti, R.Paolasso. i rapporti di prova delle analisi sono riportati in allegato all'elaborato presente.

I valori analitici sono stati trattati con il programma Acquachem 2012 della Waterloo Ontario Canada e con il programma PrheeqcI del Servizio Geologico Americano.

Di seguito è presentata l'interpretazione geochimica sulla base dell'interpretazione dei rispettivi diagrammi.

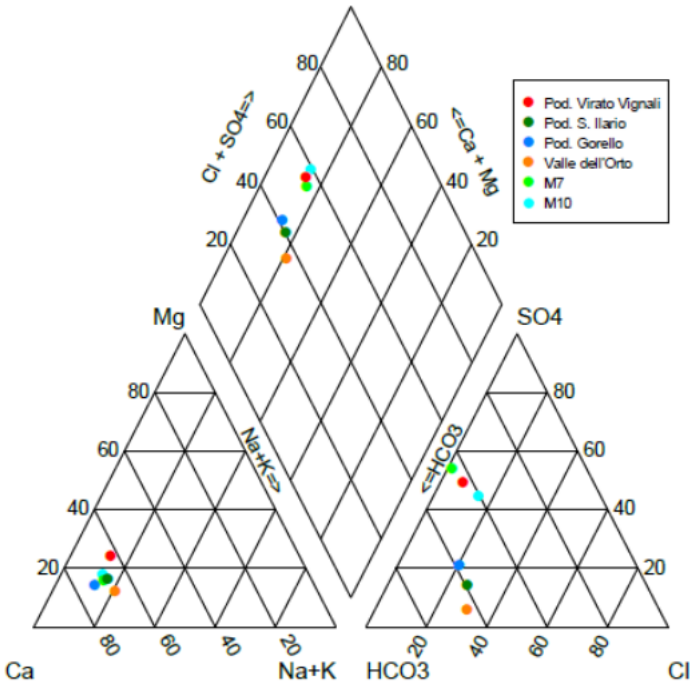
Famiglie chimiche delle acque

Le acque analizzate hanno la seguente facies chimica:

Campioni	Facies chimica
M10	SO_4 > HCO_3 > Cl – Ca > Mg > Na
M7	SO_4 > HCO_3 > Cl – Ca > Mg > Na
Pod. Gorello	HCO_3 > SO_4 > Cl – Ca > Mg > Na
Pod. S. Ilario	HCO_3 > Cl > SO_4 – Ca > Mg > Na
Pod. Viriato Vignali	SO_4 > HCO_3 > Cl – Ca > Mg > Na
Valle dell'Orto	HCO_3 > Cl > SO_4 – Ca > Mg > Na

Le acque M10, M7 e Pod. Viriato Vignali sono solfate alcalino terrose. Le acque Pod. Gorello sono bicarbonato alcalino terrose, mentre le acque Pod. S. Ilario e Valle dell'orto sono solfate alcalino terrose. Le acque Pod. Gorello sono bicarbonato alcalino terrose, mentre le acque Pod. S. Ilario e Valle dell'orto sono bicarbonato clorurate alcalino terrose.

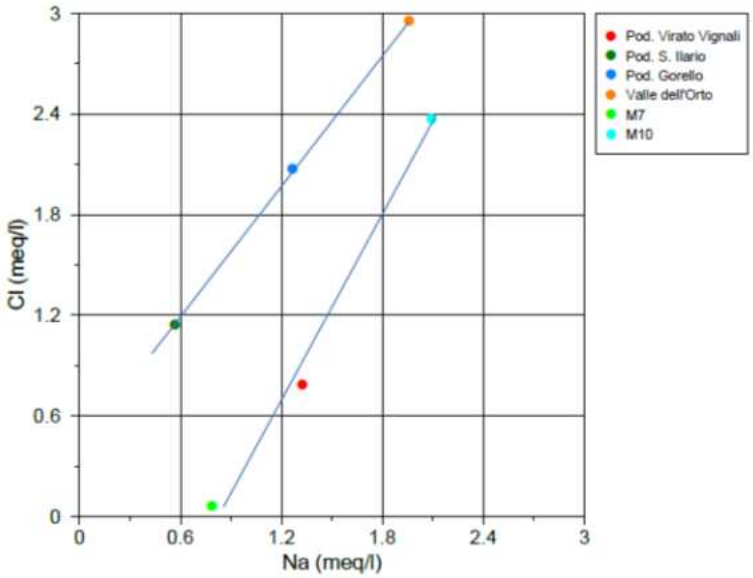
Diagramma di Piper



Il diagramma di Piper indica la presenza di due gruppi di acque: Pod. Viriato, M7 e M10 sono solfate, mentre le rimanenti tre sono bicarbonate. Il diagramma triangolare dei cationi indica che la concentrazione è paragonabile, mentre abbiamo raggruppamenti diversi di acque bicarbonate e di acque solfate.

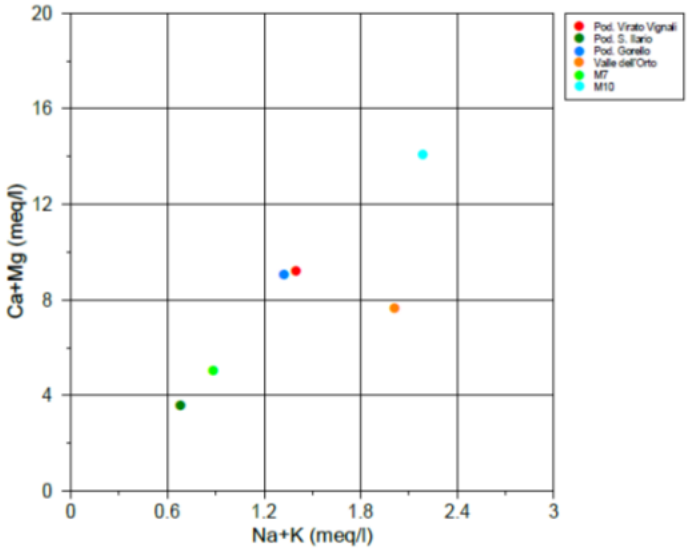
Possiamo ragionevolmente supporre che le acque di falda dell'area in esame siano solfate alcalino terrose e che a causa dell'infiltrazione meteorica acquisiscano bicarbonati in modo tale da far prevalere l' HCO_3 come anione principale.

Diagramma Na – Cl



Le acque sono allineate secondo due rette che comprendono le acque bicarbonatee Valle dell'Orto, Gorello, S. Ilario e le acque solfate M10, M7 e Virato.

Diagramma Na+K – Ca Mg

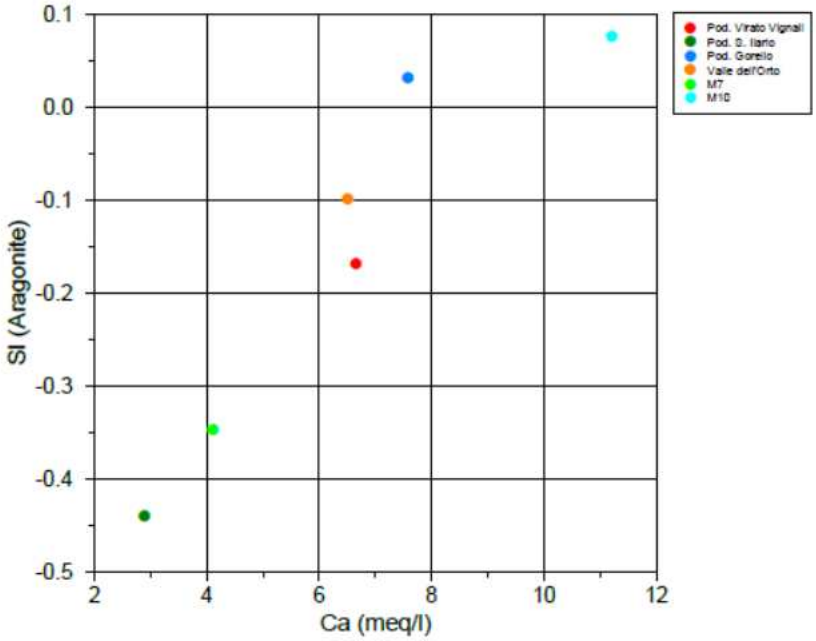


Le acque si allineano lungo una retta, tranne che per Valle dell'Orto con valore di elementi alcalini maggiori.

Indici di saturazione delle acque

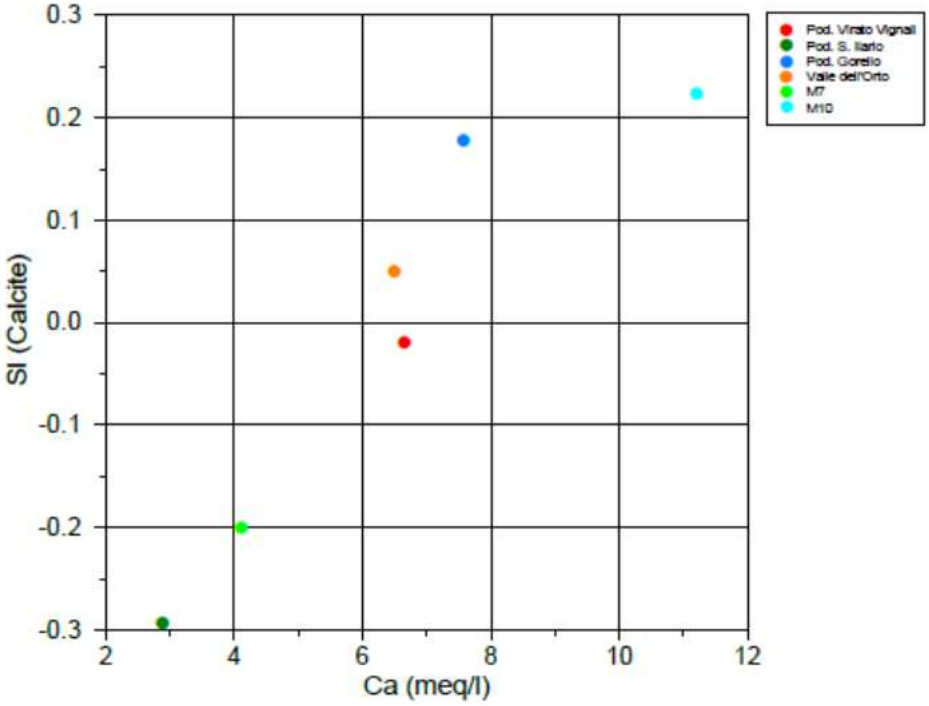
Le elaborazioni eseguite hanno evidenziato che le acque in esame sono sature nei seguenti minerali:

Indice di saturazione dell'Aragonite $CaCO_3$ (Rombica)



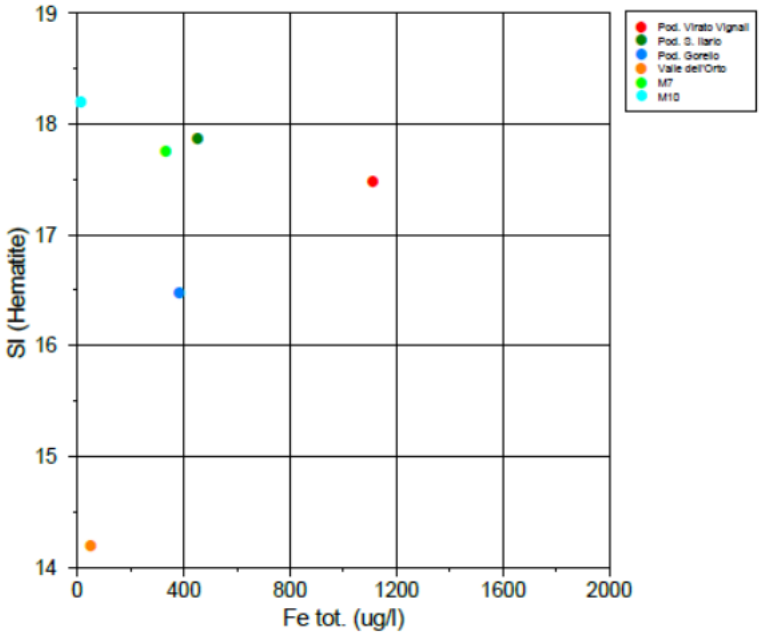
I campioni M10 e Pod. Gorello sono saturi in aragonite.

Indice di saturazione della Calcite $CaCO_3$ (Trigonale)



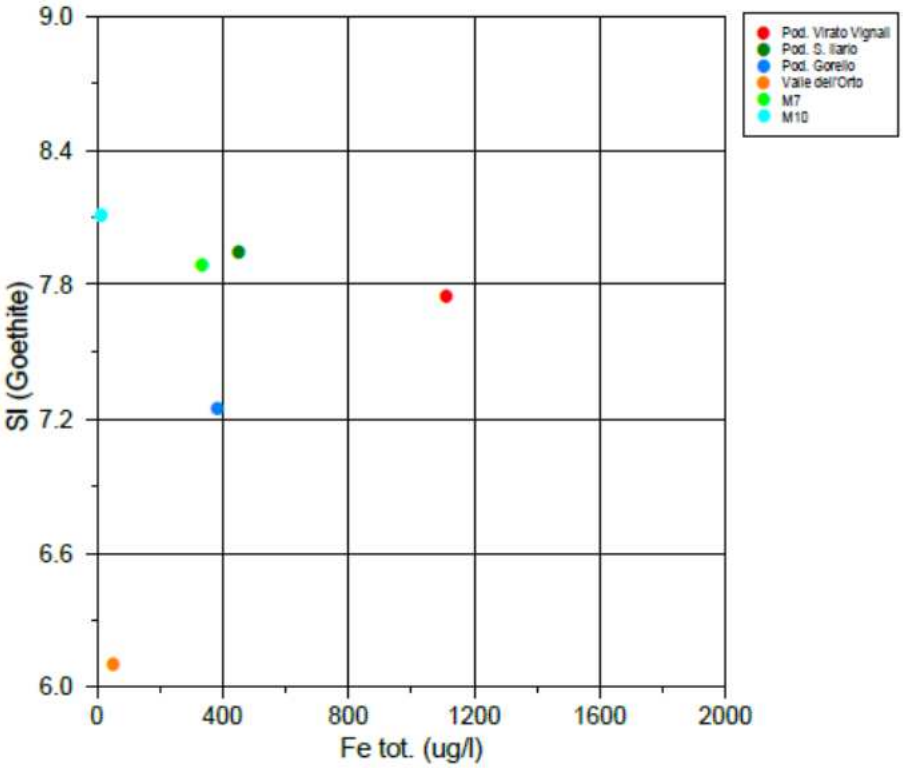
I campioni Valle dell'Orto, Pod. Gorello e M10 sono saturi in calcite.

Indice di saturazione dell' Ematite Fe_2O_3



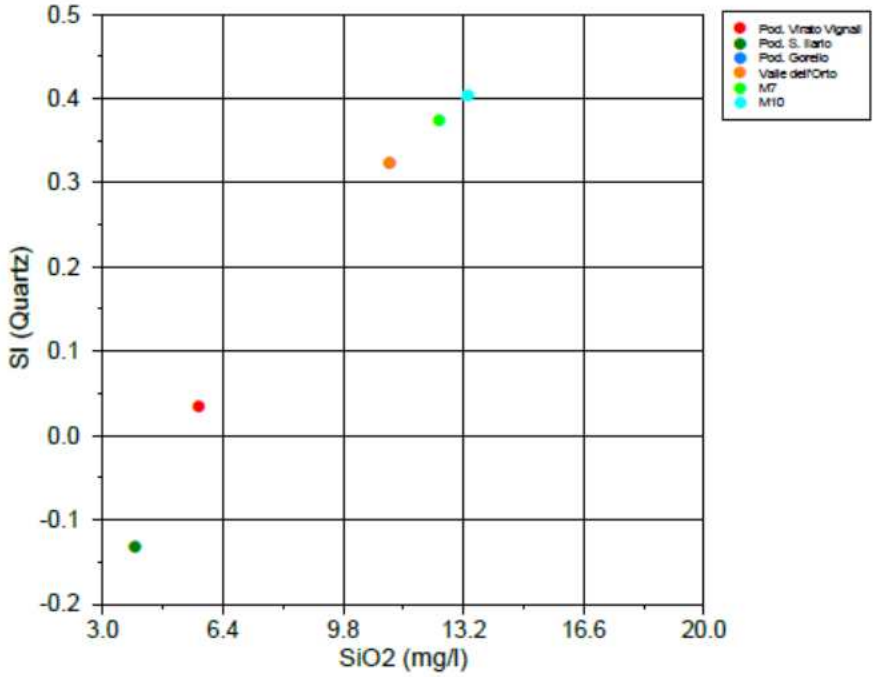
Tutti i campioni sono saturi in ematite.

Indice di saturazione della Goetite $Fe^{+3}O(OH)$



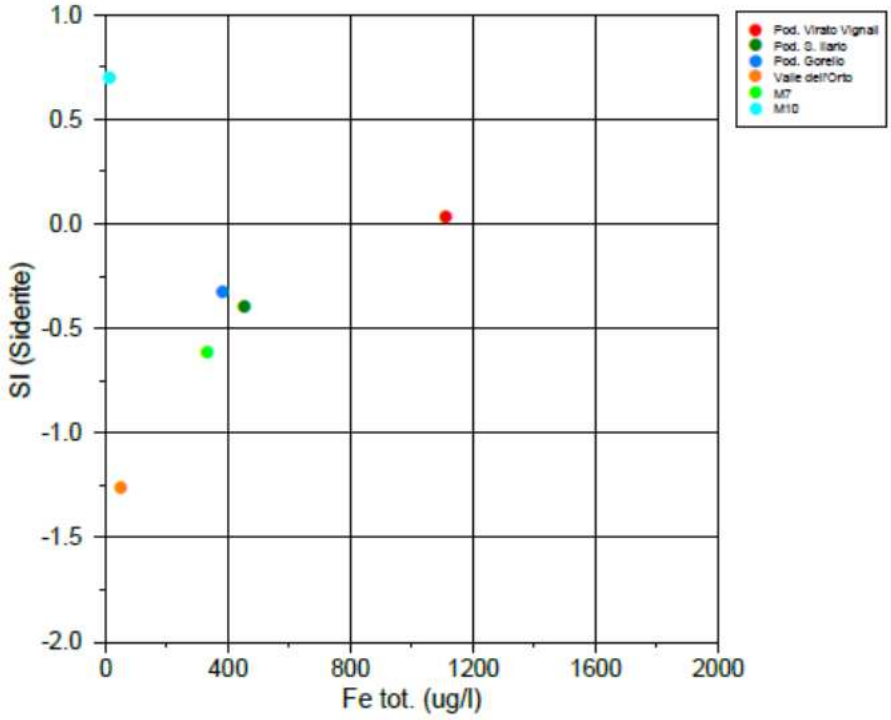
Tutti i campioni sono saturi in goetite.

Indice di saturazione del Quarzo SiO_2



Tutti i campioni sono saturi in quarzo tranne che il campione Pod. S. Ilario

Indice di saturazione della Siderite $FeCO_3$



I campioni M10 e pod. Viriato Vignali sono saturi in siderite.

Considerazioni idrogeochimiche

Le acque in esame sono solfate e bicarbonate. Molto probabilmente l'acqua originaria è solfata che passa a bicarbonata per apporto di acque meteoriche di infiltrazione.

L'origine solfata e quindi profonda delle acque è convalidata dagli indici di saturazione in ematite, goetite e quarzo che lasciano supporre azione di fluidi idrotermali associati a mineralizzazioni profonde.

9 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede essenzialmente le seguenti opere:

- realizzazione di un argine a doppia banca, con altezza di circa 6 m, per il contenimento delle acque di sfioro delle piene del F. Pecora. L'argine avrà altezza massima nella zona sud ed andrà a ridursi verso nord. Nella zona sud l'argine avrà anche un nucleo plastico che dovrà essere incastrato nello strato argilloso presente a profondità variabile dai 5 ai 7 m dal piano di campagna (vedi sondaggio M11.
- realizzazione di una depressione, da adibire successivamente a riserva idrica, dalla quale prelevare il terreno idoneo per la realizzazione dell'argine. La depressione avrà un dislivello massimo di circa 8 m nell'area nord est e di circa 4 m nell'area nord ovest
- realizzazione di uno sfioratore a nord dell'area adibita a vasca di laminazione
- realizzazione di un restitutore a sud dell'area a dibita a vasca di laminazione
- ringrosso/rinforzo arginale del F. Pecora
- ampliamento dell'aveo della Gora delle Ferriere dal ponte su s.p. Vado All'Arancio fino al sifone del F. Pecora.

Per le tavole progettuali e per i particolari costruttivi oltre che dimensionali, si rimanda agli elaborati grafici redatti dal Consorzio di Bonifica Alta Maremma.

10 - VERIFICHE

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità delle scarpate della vasca, la valutazione della resistenza a taglio dei terreni al di sotto del corpo arginale, la valutazione dei cedimenti e la verifica a liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.

10.1. VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sono state eseguite sia per le sponde della vasca che si genererà con il prelievo della terra che per le scarpate dell'argine a sud della vasca di laminazione che sarà realizzato con le stesse.

La verifica è stata effettuata considerando la classe sismica di competenza ed utilizzando la categoria di suolo determinata mediante le Cross Hole.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate mediante software SLOPE 2014 della Geostru.

10.1.1. Verifica di stabilita' delle sponde della vasca

Le verifiche di stabilità delle sponde della vasca in progetto sono state elaborate su due profili lungo la traccia della sezione geotecnica 1 – 1' in modo tale da avere una modellizzazione geotecnica del terreno che approssimasse il più possibile la reale stratigrafia desunta dal sondaggio M5 e dall'interpolazione con le prove penetrometriche CPT.

Nella pagina seguente è riportato uno stralcio planimetrico con l'ubicazione del perimetro della vasca in progetto e la traccia della sezione 1 -1'.

- LATO DESTRO

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di Bishop a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente: $F_{corretto} = f_O F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

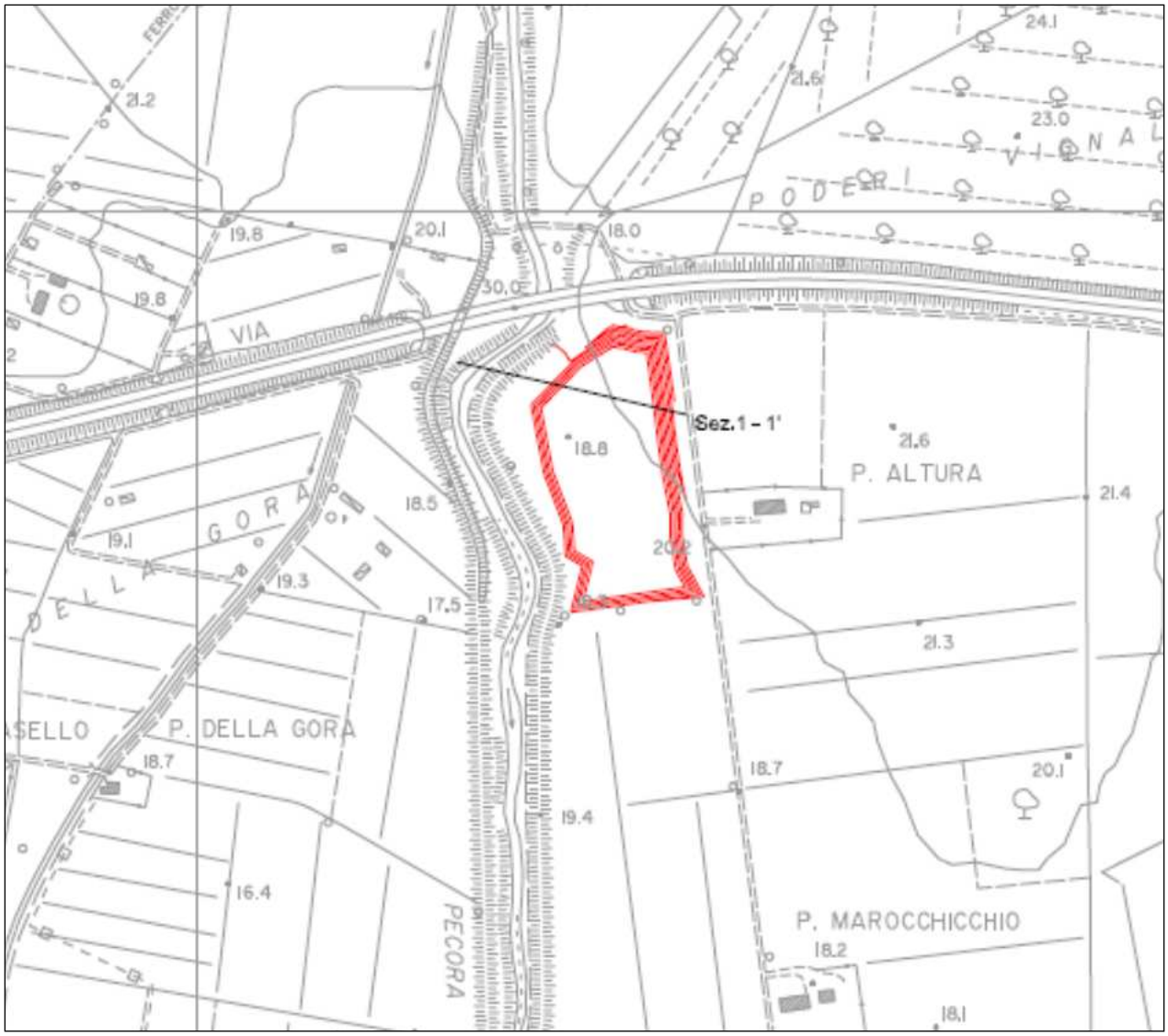
Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_O: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con
Bs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

TRACCIA DI SEZIONE PER LE VERIFICHE DI STABILITA'



Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita

nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m□n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

==========

Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	23,3 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	19,09 m
Ascissa vertice destro superiore xs	50,79 m
Ordinata vertice destro superiore ys	26,46 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

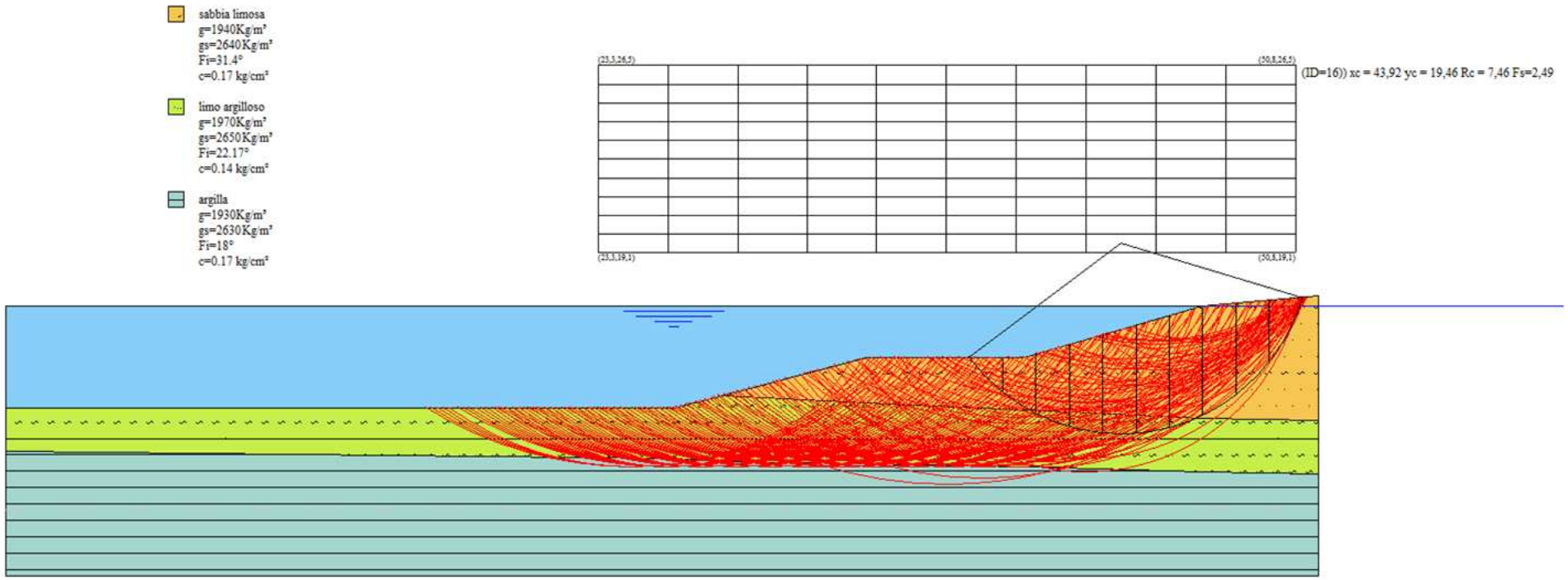
Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29


sabbia limosa
g=1940Kg/m³
gs=2640Kg/m³
Fi=31.4°
c=0.17 kg/cm²
limo argilloso
g=1970Kg/m³
gs=2650Kg/m³
Fi=22.17°
c=0.14 kg/cm²
argilla
g=1930Kg/m³
gs=2630Kg/m³
Fi=18°
c=0.17 kg/cm²
(23,3,26,5)
(50,8,26,5)
(ID=16)) xc = 43,92 yc = 19,46 Rc = 7,46 Fs=2,49
(23,3,19,1)
(50,8,19,1)

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0231
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	28,2	13,5
4	33,9	15,0
5	40,1	15,0
6	47,1	17,0
7	51,7	17,4
8	51,7	17, 4

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	17,0
2	26,3	17,0
3	28,2	17,0
4	33,9	17,0
5	40,1	17,0
6	47,1	17,0
7	51,7	17,0
8	61,7	17, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	26,3	13,0
4	28,2	13,5
5	33,9	13,2
6	40,1	12,9
7	47,1	12,6
8	51,7	12,5
9	51,7	12, 0

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	11,3
2	26,3	11,0
3	28,2	10,9
4	33,9	10,8
5	40,1	10,7
6	47,1	10,5
7	51,7	10,4
8	51,7	10,4

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0.17		31.4	1940	2640	0,00	sabbia limosa	
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	limo argilloso	
3	0.17		18	1930	2630	0,00	argilla	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2,49
Ascissa centro superficie	43,92 m
Ordinata centro superficie	19,46 m
Raggio superficie	7,46 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=16) xc = 43,919 yc = 19,46 Rc = 7,464 Fs=2,491

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,31	-46,0	1,89	1653,8	38,04	19,85	0,14	26,0	2767,3	4559,9	3027,3
2	1,31	-32,7	1,56	3950,4	90,86	47,4	0,14	26,0	3832,8	6137,2	2665,9
3	1,31	-21,3	1,41	6079,86	139,84	72,96	0,11	18,1	0,0	7195,7	1845,0
4	1,31	-10,7	1,34	7702,66	177,16	92,43	0,11	18,1	0,0	8185,7	1857,0
5	1,31	-0,5	1,31	8791,47	202,2	105,5	0,11	18,1	0,0	8809,9	1902,2
6	1,31	9,6	1,33	9374,47	215,61	112,49	0,11	18,1	0,0	9175,3	1991,6
7	1,28	20,0	1,36	9182,98	211,21	110,2	0,11	18,1	0,0	9058,4	2086,5
8	1,35	31,3	1,58	14152,19	325,5	169,83	0,14	26,0	3930,9	8659,3	3267,0
9	1,31	44,4	1,84	10530,67	242,21	126,37	0,14	26,0	2907,0	6880,9	3596,9
10	1,31	62,5	2,85	4922,92	113,23	59,07	0,14	26,0	1206,7	2813,2	4984,6

- LATO SINISTRO

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \frac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_O F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_O: Coefficiente sismico orizzontale

K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m□n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

==========

Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	21,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	26,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	70,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	37,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

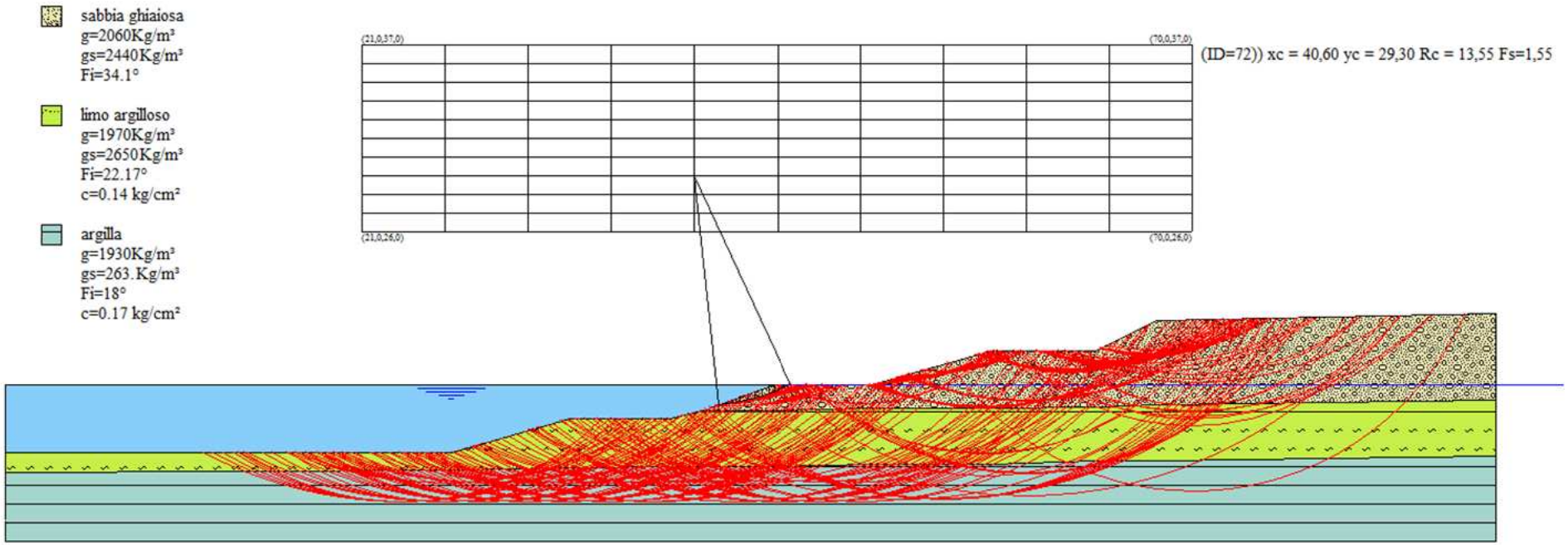
Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29


sabbia ghiaiosa
g=2060Kg/m³
gs=2440Kg/m³
Fi=34.1°
limo argilloso
g=1970Kg/m³
gs=2650Kg/m³
Fi=22.17°
c=0.14 kg/cm²
argilla
g=1930Kg/m³
gs=263.Kg/m³
Fi=18°
c=0.17 kg/cm²
(21,0,37,0)
(70,0,37,0)
(21,0,26,0)
(70,0,26,0)
(ID=72)) xc = 40,60 yc = 29,30 Rc = 13,55 Fs=1,55

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0231
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	33,3	15,0
4	39,1	15,0
5	41,1	15,5
6	45,3	17,0
7	51,1	17,0
8	58,1	19,0
9	64,3	19,0
10	67,9	20,8
11	87,9	21, 2

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	17,0
2	26,3	17,0
3	33,3	17,0
4	39,1	17,0
5	41,1	17,0
6	45,3	17,0
7	51,1	17,0
8	58,1	17,0
9	64,3	17,0
10	67,9	17,0
11	97,9	17, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	33,3	15,0
4	39,1	15,0
5	41,1	15,5
6	45,3	15,5
7	51,1	15,6
8	58,1	15,6
9	64,3	15,7
10	67,9	15,8
11	87,9	16, 1

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	11,8
2	26,3	12,0
3	33,3	12,1
4	39,1	12,2
5	41,1	12,2

6	45,3	12,2
7	51,1	12,3
8	58,1	12,3
9	64,3	12,5
10	67,9	12,5
11	87,9	12,77

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0		34.1	2060	2440	0,00	sabbia ghiaiosa	
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	limo argilloso	
3	0.17		18	1930	263.	0,00	argilla	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

==========

Fs minimo individuato	1,55
Ascissa centro superficie	40,6 m
Ordinata centro superficie	29,3 m
Raggio superficie	13,55 m

==========

(ID=72) xc = 40,60 yc = 29,30 Rc = 13,547 Fs=1,554

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,43	6,9	0,43	31,83	0,74	0,37	0,0	28,4	1148,0	30,7	11,7
2	0,43	8,7	0,43	89,2	2,06	1,03	0,0	28,4	1089,5	85,3	32,8
3	0,43	10,6	0,43	138,06	3,19	1,6	0,0	28,4	1017,1	131,1	50,7
4	0,43	12,4	0,44	178,28	4,12	2,07	0,0	28,4	930,6	168,5	65,6
5	0,43	14,2	0,44	209,69	4,84	2,43	0,0	28,4	829,8	197,3	77,4
6	0,43	16,1	0,44	232,1	5,36	2,69	0,0	28,4	714,2	217,7	86,1
7	0,43	18,0	0,45	245,23	5,66	2,84	0,0	28,4	583,6	229,5	91,7
8	0,3	19,6	0,32	176,13	4,07	2,04	0,0	28,4	459,8	164,7	66,5
9	0,55	21,6	0,59	402,6	9,3	4,67	0,0	28,4	299,8	222,1	90,8
10	0,43	23,8	0,47	99,77	2,3	1,16	0,0	28,4	96,0	55,1	22,9

10.1.2. Verifica di stabilita' delle scarpate argine cassa

La verifica di stabilità dell'argine è stata effettuata non considerando il setto plastico (a favore della sicurezza) e quindi in condizioni di totale saturazione del sistema.

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_O F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_O: Coefficiente sismico orizzontale

K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

***T1**(S_T = 1.0) **T2**(S_T = 1.20) **T3**(S_T =1.20) **T4**(S_T = 1.40).*

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R=-V_R/\ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m□n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20,92 m
Ascissa vertice destro superiore xs	16,43 m
Ordinata vertice destro superiore ys	25,69 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

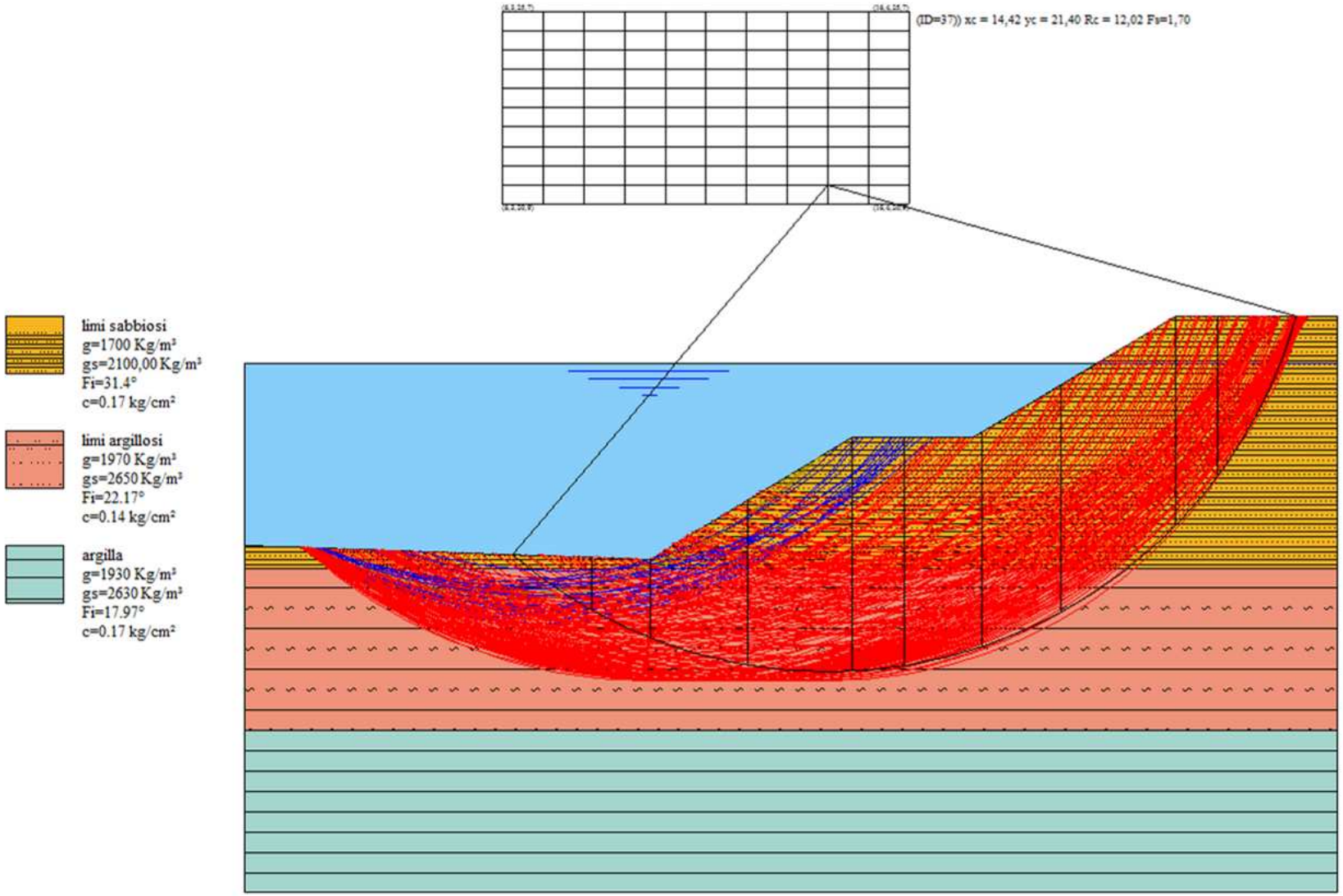
Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1


(ID=37)) xc = 14,42 yc = 21,40 Rc = 12,02 Fs=1,70
limi sabbiosi
g=1700 Kg/m³
gs=2100,00 Kg/m³
Fi=31.4°
c=0.17 kg/cm²
limi argillosi
g=1970 Kg/m³
gs=2650 Kg/m³
Fi=22.17°
c=0.14 kg/cm²
argilla
g=1930 Kg/m³
gs=2630 Kg/m³
Fi=17.97°
c=0.17 kg/cm²

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0231
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	12,47
2	10,0	12,15
3	15,0	15,15
4	18,0	15,15
5	23,0	18,15
6	27,0	18,1 5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	17,0
2	10,0	17,0
3	15,0	17,0
4	18,0	17,0
5	23,0	17,0
6	27,0	17, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	11,9
2	10,0	11,9
3	15,0	11,9
4	18,0	11,9
5	23,0	11,9
6	27,0	11, 9

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	7,9
2	10,0	7,9
3	15,0	7,9
4	18,0	7,9
5	23,0	7,9
6	27,0	7,9

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si
========== =

Stratigrafia
c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1700	2100,00	0,00	limi sabbiosi
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	limi argillosi
3	0.17		17.97	1930	2630	0,00	argilla

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]
==========
Fs minimo individuato 1,7
Ascissa centro superficie 14,42 m
Ordinata centro superficie 21,4 m
Raggio superficie 12,02 m
==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=37) xc = 14,416 yc = 21,398 Rc = 12,022 Fs=1,697

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,94	-34,9	2,36	1938,72	44,78	22,49	0,11	18,1	0,0	4155,1	3134,0
2	1,46	-25,4	1,61	3723,49	86,01	43,19	0,11	18,1	0,0	5188,1	2487,1
3	2,42	-15,5	2,51	10943,66	252,8	126,95	0,11	18,1	0,0	12597,0	4616,9
4	2,58	-3,4	2,58	17675,69	408,31	205,04	0,11	18,1	0,0	18039,7	5648,6
5	1,3	5,9	1,3	9909,83	228,92	114,95	0,11	18,1	0,0	9656,6	2978,1
6	1,94	13,8	2,0	13904,64	321,2	161,29	0,11	18,1	0,0	13282,1	4344,0
7	1,94	23,6	2,12	13360,51	308,63	154,98	0,11	18,1	0,0	12747,6	4574,9
8	2,82	37,1	3,54	32832,24	758,42	380,85	0,11	18,1	0,0	33869,1	12091,7
9	1,05	49,4	1,62	9668,78	223,35	112,16	0,14	26,0	0,0	9670,2	6838,5
10	1,94	63,8	4,39	8930,87	206,3	103,6	0,14	26,0	0,0	7589,1	14087,5

10.1.3. Verifica di stabilita' scarpata Gora delle Ferriere

La verifica di stabilità dell'argine della Gora delle Ferriere è stata effettuata in corrispondenza della sezione di maggior scavo in modo da ottenere una valutazione cautelativa.

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \frac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_O F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_O: Coefficiente sismico orizzontale

K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$\mathbf{a_{max}}$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m□n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,99 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,77 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,69 m
Ordinata vertice destro superiore ys	27,19 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

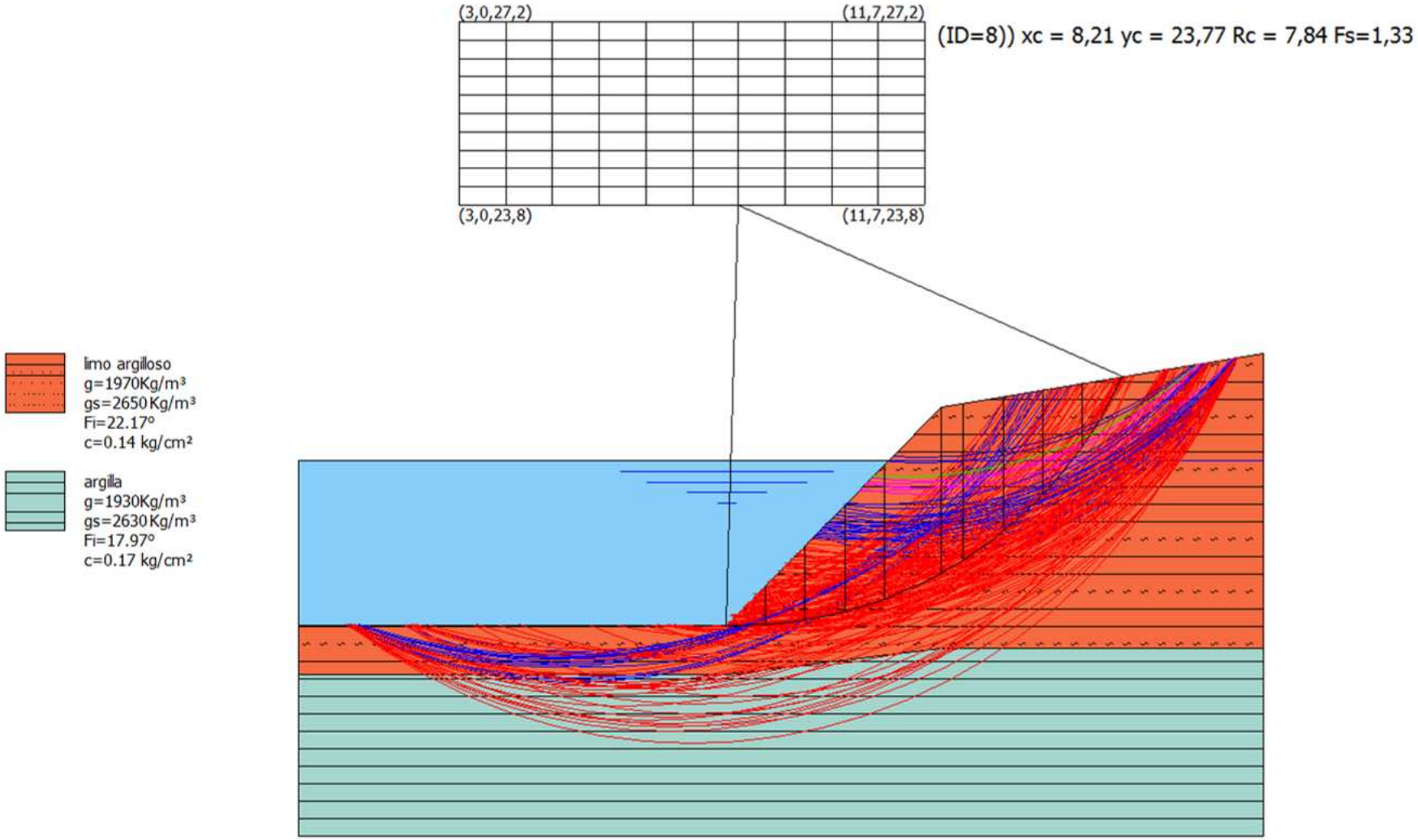
Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29


(3,0,27,2)
(11,7,27,2)
(ID=8)) xc = 8,21 yc = 23,77 Rc = 7,84 Fs=1,33
(3,0,23,8)
(11,7,23,8)
limo argilloso
g=1970Kg/m³
gs=2650Kg/m³
Fi=22.17°
c=0.14 kg/cm²
argilla
g=1930Kg/m³
gs=2630Kg/m³
Fi=17.97°
c=0.17 kg/cm²

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,023
Coefficiente azione sismica verticale 0,01 2

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	15,93
2	8,0	15,93
3	12,0	20,0
4	18,0	21, 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	19,0
2	8,0	19,0
3	12,0	19,0
4	18,0	19, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	15,0
2	8,0	15,0
3	12,0	15,5
4	18,0	15,5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
Coesione efficace 1,25
Coesione non drenata 1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.14		22.17	1970	2650	0,00	limo argilloso
2	0.17		17.97	1930	2630	0,00	argilla

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

==========

Fs minimo individuato 1,33
Ascissa centro superficie 8,21 m
Ordinata centro superficie 23,77 m
Raggio superficie 7,84 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=8) xc = 8,21 yc = 23,765 Rc = 7,839 Fs=1,327

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,74	1,0	0,74	432,35	9,94	5,19	0,11	18,1	0,0	418,6	792,0
2	0,74	6,4	0,74	1290,08	29,67	15,48	0,11	18,1	0,0	1185,6	1007,7
3	0,74	11,9	0,75	2061,17	47,41	24,73	0,11	18,1	0,0	1855,4	1217,6
4	0,74	17,5	0,77	2741,47	63,05	32,9	0,11	18,1	0,0	2443,6	1433,2
5	1,07	24,6	1,18	7656,78	176,11	91,88	0,11	18,1	0,0	7060,5	3269,2
6	0,41	30,7	0,48	2978,52	68,51	35,74	0,11	18,1	0,0	2764,3	1369,0
7	0,74	35,7	0,91	4784,8	110,05	57,42	0,11	18,1	0,0	4437,0	2494,5
8	0,74	42,7	1,01	3787,65	87,12	45,45	0,11	18,1	0,0	3448,5	2516,3
9	0,74	50,7	1,17	2441,03	56,14	29,29	0,11	18,1	0,0	1916,5	2501,0
10	0,74	60,4	1,5	960,85	22,1	11,53	0,11	18,1	0,0	-323,8	2609,4

10.1.4. Verifica di stabilita' ringrosso arginale sez. PE10

La verifica di stabilità dell'argine del Pecora è stata effettuata in corrispondenza della sezione di maggior ringrosso in modo da ottenere una valutazione cautelativa.

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_O F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_o: Coefficiente sismico orizzontale
K_v: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti Ko e Kv in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0{,}5 \times K_o$$

Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
$\mathbf{a_{max}}$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m□n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Zona	Scopaione
Lat./Long.	42.9577793593336/10.8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2.71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20.65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12.49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	23.99 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

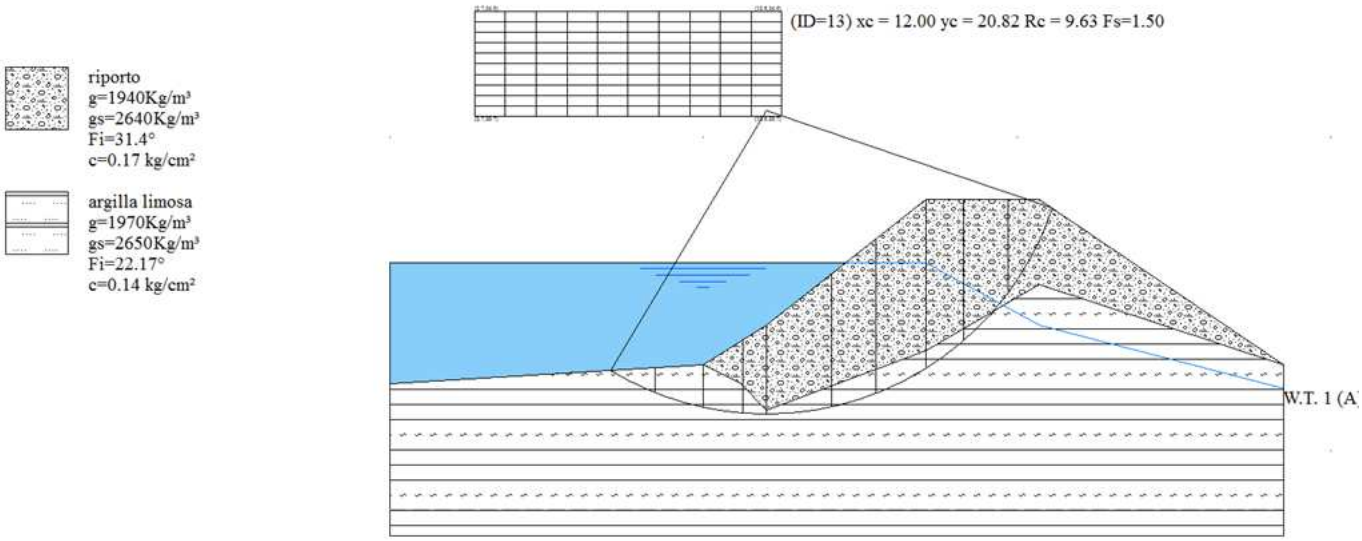
==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.27	2.61	0.19
S.L.D.	201.0	0.33	2.65	0.21
S.L.V.	1898.0	0.63	2.78	0.28
S.L.C.	2475.0	0.75	2.82	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.486	0.2	0.0099	0.005
S.L.D.	0.594	0.2	0.0121	0.0061
S.L.V.	1.134	0.2	0.0231	0.0116
S.L.C.	1.35	0.2	0.0275	0.0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0231
Coefficiente azione sismica verticale 0.011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	12.14
2	10.0	12.74
3	11.19	13.5
4	12.0	14.0
5	17.09	18.0
6	20.7	18.0
7	28.5	12.7 5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	16.0
2	10.0	16.0
3	11.19	16.0
4	12.0	16.0
5	17.09	16.0
6	20.7	14.0
7	28.5	12. 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	12.14
2	10.0	12.74
3	11.19	12.14
4	12.0	11.29
5	17.09	13.2
6	20.7	15.31
7	28.5	12.75

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25
Coesione efficace 1.25
Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1940	2640	0.00	riporto
2	0.14		22.17	1970	2650	0.00	argilla limosa

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

Fs minimo individuato 1.5
Ascissa centro superficie 12.0 m
Ordinata centro superficie 20.82 m
Raggio superficie 9.63 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=13) xc = 11.999 yc = 20.818 Rc = 9.631 Fs=1.499

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.41	-26.3	1.57	989.82	22.86	11.48	0.11	18.1	0.0	2067.3	2172.3
2	1.55	-16.8	1.62	2811.38	64.94	32.61	0.11	18.1	0.0	3664.9	2517.5
3	1.26	-8.2	1.28	3863.9	89.26	44.82	0.11	18.1	0.0	4226.6	2269.7
4	0.74	-2.2	0.74	3119.33	72.06	36.18	0.11	18.1	0.0	3178.6	1491.4
5	2.08	6.2	2.09	12189.46	281.58	141.4	0.11	18.1	0.0	11722.9	4962.3
6	1.41	16.9	1.47	16878.89	389.9	195.8	0.11	18.1	0.0	15974.4	5732.5
7	1.6	26.6	1.79	20379.88	470.78	236.41	0.11	18.1	0.0	19445.4	7469.5
8	1.21	36.4	1.51	13853.15	320.01	160.7	0.11	18.1	0.0	13599.6	6084.8
9	1.41	47.0	2.07	11066.97	255.65	128.38	0.11	18.1	0.0	11131.6	6977.8
10	1.41	62.2	3.02	5097.64	117.76	59.13	0.14	26.0	0.0	2697.3	9309.7

Le verifiche di stabilità effettuate, in condizioni sature, hanno fornito valori del coefficiente di sicurezza superiori ad 1.3 e quindi conforme a quanto previsto dalle vigenti disposizioni in materia.

10.2. VERIFICA CARICO A ROTTURA E CEDIMENTO ARGINE VASCA

L'argine sud viene di seguito verificato in relazione al carico di rottura che può essere indotto sul terreno di fondazione ed i relativi cedimenti in funzione della stratigrafia elaborata per le sezioni geotecniche.

Il carico indotto sul terreno di fondazione è stato stimato in 1.2 kg/cm², considerato che il peso di volume del terreno da mettere in posto è di circa 1.7 t/mc per un'altezza di m 6.

Ai fini del calcolo si considera una fondazione semirigida, incastrata in un terreno in posto che ha subito un costipamento importante e che quindi funziona da ripartitore di carichi.

Di seguito si riporta la relazione di calcolo.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2008
Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
Eurocodice 7
Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
Eurocodice 8
Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU TERRENI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il

quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

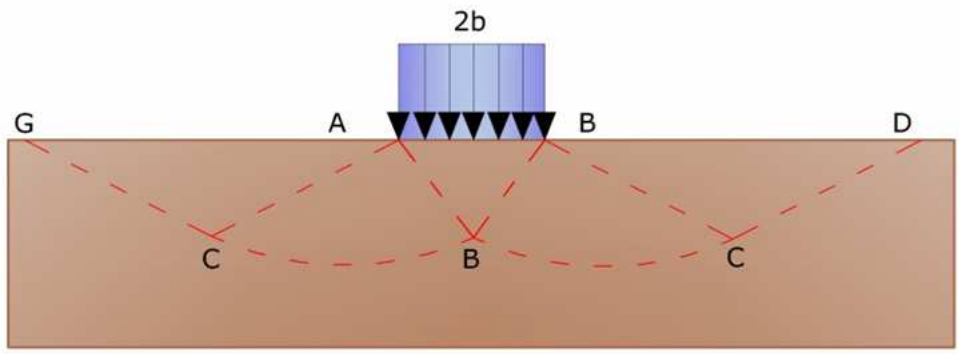
Prandtl ha studiato il problema della rottura di un semispazio elastico per effetto di un carico applicato sulla sua superficie con riferimento all'acciaio, caratterizzando la resistenza a rottura con una legge del tipo:
$\tau = c + \sigma \times tg\ \varphi$ *valida anche per i terreni.*

Le ipotesi e le condizioni introdotte dal Prandtl sono le seguenti:

- Materiale privo di peso e quindi $\gamma=0$
- Comportamento rigido - plastico
- Resistenza a rottura del materiale esprimibile con la relazione $\tau=c + \sigma \times tg\varphi$
- Carico uniforme, verticale ed applicato su una striscia di lunghezza infinita e di larghezza 2b (stato di deformazione piana)
- Tensioni tangenziali nulle al contatto fra la striscia di carico e la superficie limite del semispazio.

All'atto della rottura si verifica la plasticizzazione del materiale racchiuso fra la superficie limite del semispazio e la superficie *GFBCD.*

Nel triangolo *AEB* la rottura avviene secondo due famiglie di segmenti rettilinei ed inclinati di $45°+ \varphi/2$ rispetto all'orizzontale.
Nelle zone *ABF e EBC* la rottura si produce lungo due famiglie di linee, l'una costituita da segmenti rettilinei passanti rispettivamente per i punti *A* ed *E* e l'altra da archi di de famiglie di spirali logaritmiche.
I poli di queste sono i punti *A* ed *E*. Nei triangoli *AFG e ECD* la rottura avviene su segmenti inclinati di $\pm(45°+ \varphi/2)$ rispetto alla verticale.



Meccanismo di rottura di Prandl

Individuato così il volume di terreno portato a rottura dal carico limite, questo può essere calcolato scrivendo la condizione di equilibrio fra le forze agenti su qualsiasi volume di terreno delimitato in basso da una qualunque delle superfici di scorrimento.

Si arriva quindi ad una equazione q =B $\times$ c, dove il coefficiente B dipende soltanto dall'angolo di attrito φ del terreno.

$$B = \cot g\varphi\left[e^{\pi tg\varphi}\ tg^{2}(45° + \varphi/2) - 1\right]$$

Per φ =0 il coefficiente B risulta pari a 5.14, quindi q=5.14 $\times$ c.

Nell'altro caso particolare di terreno privo di coesione (c=0, $\gamma \neq 0$) risulta q=0, secondo la teoria di **Prandtl**, non sarebbe dunque possibile applicare nessun carico sulla superficie limite di un terreno incoerente.

Da questa teoria, anche se non applicabile praticamente, hanno preso le mosse tutte le ricerche ed i metodi di calcolo successivi.

Infatti ***Caquot*** si pose nelle stesse condizioni di Prandtl ad eccezione del fatto che la striscia di carico non è più applicata sulla superficie limite del semispazio, ma a una profondità h, con $h \leq 2b$; il terreno compreso tra la superficie e la profondità h ha le seguenti caratteristiche*: $\gamma \neq 0$, $\varphi = 0$, $c = 0$*
e cioè sia un mezzo dotato di peso ma privo di resistenza.

Risolvendo le equazioni di equilibrio si arriva all'espressione:

$$q = A \times \gamma 1 + B \times c$$

che è sicuramente è un passo avanti rispetto a Prandtl, ma che ancora non rispecchia la realtà.

Metodo di Terzaghi (1955)
Terzaghi, proseguendo lo studio di Caquot, ha apportato alcune modifiche per tenere conto delle effettive caratteristiche dell'insieme opera di fondazione-terreno.

Sotto l'azione del carico trasmesso dalla fondazione il terreno che si trova a contatto con la fondazione stessa tende a sfuggire lateralmente, ma ne è impedito dalle resistenze tangenziali che si sviluppano fra la fondazione ed il terreno. Ciò comporta una modifica dello stato tensionale nel terreno posto direttamente al di sotto della fondazione; per tenerne conto ***Terzaghi*** assegna ai lati AB ed EB del cuneo di Prandtl una inclinazione ψ rispetto all'orizzontale, scegliendo il valore di □ in funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno al contatto terreno-opera di fondazione.
L'ipotesi □2 =0 per il terreno sotto la fondazione viene così superata ammettendo che le superfici di rottura restino inalterate, l'espressione del carico limite è quindi:

$$q = A \times \gamma \times h + B \times c + C \times \gamma \times b$$

in cui C è un coefficiente che risulta funzione dell'angolo di attrito □ del terreno posto al di sotto del piano di posa e dell'angolo □ prima definito;
b è la semilarghezza della striscia.
Inoltre, basandosi su dati sperimentali, *Terzaghi* passa dal problema piano al problema spaziale introducendo dei fattori di forma.

Un ulteriore contributo è stato apportato da *Terzaghi* sull'effettivo comportamento del terreno.
Nel metodo di Prandtl si ipotizza un comportamento del terreno rigido-plastico, *Terzaghi* invece ammette questo comportamento nei terreni molto compatti.
In essi, infatti, la curva carichi-cedimenti presenta un primo tratto rettilineo, seguito da un breve tratto curvilineo (comportamento elasto-plastico); la rottura è istantanea ed il valore del carico limite risulta chiaramente individuato (rottura generale).
In un terreno molto sciolto invece la relazione carichi-cedimenti presenta un tratto curvilineo accentuato fin dai carichi più bassi per effetto di una rottura progressiva del terreno (rottura locale); di conseguenza l'individuazione del carico limite non è così chiara ed evidente come nel caso dei terreni compatti.

Per i terreni molto sciolti, Terzaghi consiglia di prendere in considerazione il carico limite il valore che si calcola con la formula precedente introducendo però dei valori ridotti delle caratteristiche meccaniche del terreno e precisamente:

$$tg\varphi rid = 2/3 \times tg\varphi \text{ e } crid = 2/3 \times c$$

Esplicitando i coefficienti della formula precedente, la formula di Terzaghi può essere scritta:

qult = c ×Nc ×sc + γ×D ×Nq + 0.5 × γ×B ×Nγ×sγ
dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2(45+\varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi-\varphi/2)\tan\varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\varphi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\varphi} - 1\right)$$

Formula di Meyerhof (1963)
Meyerhof propose una formula per il calcolo del carico limite simile a quella di *Terzaghi*.; le differenze consistono nell'introduzione di ulteriori coefficienti di forma.

Egli introdusse un coefficiente sq che moltiplica il fattore Nq, fattori di profondità di e di pendenza ii per il caso in cui il carico trasmesso alla fondazione è inclinato sulla verticale.

I valori dei coefficienti N furono ottenuti da Meyerhof ipotizzando vari archi di prova BF (v. meccanismo Prandtl) , mentre il taglio lungo i piani AF aveva dei valori approssimati.
I fattori di forma tratti da Meyerhof sono di seguito riportati, insieme all'espressione della formula.

Carico verticale	*qult = c ×Nc×sc ×dc+ γ×D ×Nq×sq×dq+ 0.5×γ×B×Nγ×sγ×dγ*
Carico inclinato	*qul t=c ×Nc ×ic ×dc+ γ×D ×Nq ×iq ×dq + 0.5 ×γ×B ×Nγ×iγ×dγ*

$$N_q = e^{\pi\tan\varphi}\tan^2(45+\varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1.4\varphi)$$

fattore di forma:

$$s_c = 1 + 0.2k_p\frac{B}{L} \qquad \text{per } \varphi > 10$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1k_p\frac{B}{L} \qquad \text{per } \varphi = 0$$

fattore di profondità:

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{k_p}\,\frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{k_p}\,\frac{D}{B} \qquad \text{per } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \qquad \text{per } \varphi = 0$$

inclinazione:

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \qquad \text{per } \varphi > 0$$

$$\mathrm{i}_\gamma = 0 \qquad \text{per } \varphi = 0$$

dove :

Kp = tan2(45°+ φ/2)

θ = Inclinazione della risultante sulla verticale.

Formula di Hansen (1970)

E' una ulteriore estensione della formula di *Meyerhof*; le estensioni consistono nell'introduzione di bi che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore gi per terreno in pendenza.

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto *D/B*, quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)^2\,\frac{D}{B}$$

Per valori D/B>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)^2\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

Nel caso φ = 0

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*
d'c	*0*	*0.40*	*0.33*	*0.44*	*0.55*	*0.59*	*0.61*	*0.62*

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando φ=0.

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \qquad \text{per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \le 1$$

$$k = \tan^{-1}\frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

Fattori di inclinazione del carico

$$i'_c = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\tan\beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)

$$b_c' = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan\varphi)$$

$$b_q = \exp(-2.7\eta \tan\varphi)$$

Formula di Vesic (1975)

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen, con Nq ed Nc come per la formula di Meyerhof ed Nγ come sotto riportato:

Nγ=2(Nq+1)*tan(φ)

I fattori di forma e di profondità che compaiono nelle formule del calcolo della capacità portante sono uguali a quelli proposti da Hansen; alcune differenze sono invece riportate nei fattori di inclinazione del carico, del terreno (fondazione su pendio) e del piano di fondazione (base inclinata).

Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

Vd ≤ Rd

Dove Vd è il carico di progettto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali , tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Nella valutazione analitica del carico limite di progetto Rd si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

R/A' = (2 + π) cu sc ic +q

Dove:

A' = B' L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

cu Coesione non drenata.

q pressione litostatica totale sul piano di posa.

sc Fattore di forma

sc = 1 + 0,2 (B'/L') per fondazioni rettangolari

sc = 1,2 Per fondazioni quadrate o circolari.

ic Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 0{,}5\left(1 + \sqrt{1 - H / A' c_u}\right)$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

R/A' = c' Nc sc ic + q' Nq sq iq + 0,5 γ' B' Nγ sγ iγ

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \phi'/2\right)$$

$$N_c = \left(N_q - 1\right)\cot\phi'$$

$$N_\gamma = 1.5\left(N_q - 1\right)\tan\phi'$$

Fattori di forma

$s_q = 1 + (B'/L')\mathrm{sen}\phi'$ per forma rettangolare

$s_q = 1 + \text{sen}\phi'$ per forma quadrata o circolare
$s_\gamma = 1 - 0{,}3(B'/L')$ per forma rettangolare
$s_\gamma = 0{,}7$ per forma quadrata o circolare
$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a L'
iq = ig = 1- H / (V + A' c' cotf')
ic = (iq Nq -1) / (Nq – 1)

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'
$i_q = [1 - 0{,}7H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot\phi')]^3$
$i_\gamma = [1 - H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot\phi')]^3$
$i_c = (i_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$
Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Metodo di Richards et. Al.
Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio alla Newmark (cfr. Appendice H di "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" – Associazione Geotecnica Italiana). Glia autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite:

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

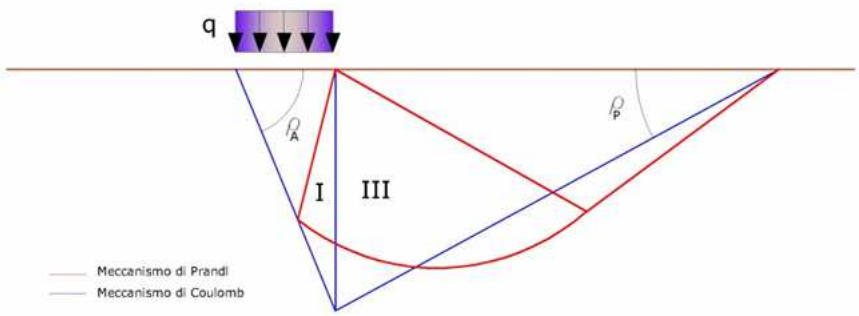
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1\right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Esaminando con un approccio da equilibrio limite, un meccanismo alla Coulomb e portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene riguardata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



Schema di calcolo del carico limite (qL)

Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli ρA e ρP che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva KA e KP in funzione dell'angolo di attrito interno f del terreno e dell'angolo di attrito d terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi)\cdot(\tan(\varphi)\cdot\cot(\varphi))\cdot(1+\tan(\delta)\cdot\cot(\varphi))} - \tan(\varphi)}{1+\tan(\delta)\cdot(\tan(\varphi)+\cot(\varphi))} \right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi)\cdot(\tan(\varphi)\cdot\cot(\varphi))\cdot(1+\tan(\delta)\cdot\cot(\varphi))} + \tan(\varphi)}{1+\tan(\delta)\cdot(\tan(\varphi)+\cot(\varphi))} \right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta)\left\{1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi)}{\cos(\delta)}}\right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta)\left\{1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi)}{\cos(\delta)}}\right\}^2}$$

E' comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo ϕ=0.5δ, conduce a valore dei coefficienti di carico limite molto prossimi a quelli basati su un analisi alla Prandtl. Richards et. Al. hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni kh g e kv g, agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a kh γ e kv γ. Sono state così ottenute le estensioni delle espressioni di ρa e ρp, nonché di KA e KP, rispettivamente indicate come ρAE e ρPE e come KAE e KPE per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi-\vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1+\tan^2(\varphi-\vartheta))\cdot[1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot\cot(\varphi-\vartheta)]} - \tan(\varphi-\vartheta)}{1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot(\tan(\varphi-\vartheta)+\cot(\varphi-\vartheta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi-\vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1+\tan^2(\varphi-\vartheta))\cdot[1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot\cot(\varphi-\vartheta)]} - \tan(\varphi-\vartheta)}{1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot(\tan(\varphi-\vartheta)+\cot(\varphi-\vartheta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi-\vartheta)}{\cos(\vartheta)\cdot\cos(\delta+\vartheta)\left\{1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi-\vartheta)}{\cos(\delta+\vartheta)}}\right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi-\vartheta)}{\cos(\vartheta)\cdot\cos(\delta+\vartheta)\left\{1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi-\vartheta)}{\cos(\delta+\vartheta)}}\right\}^2}$$

I valori di Nq e Nγ sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli ρAE e ρPE e dei coefficienti KAE e KPE relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo θ definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1-k_v}$$

Nella tabella che segue sono mostrati i fattori di capacità portante calcolati per i seguenti valori dei parametri:

– ϕ = 30° δ = 15

Per diversi valori dei coefficienti di spinta sismica:

kh/(1-kv)	Nq	N□	Nc
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476
0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159

Tabella dei fattori di capacità portante per ϕ=30°

FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del qlim vengono introdotti i fattori correttivi z:

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{tg\phi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove Kh è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti Kh e Kv in dipendenza di vari fattori:

Kh = $\beta\times$(amax/g)

Kv=±0,5×Kh

β = coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;

amax = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

amax = SS ST ag

SS (effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendi.

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1 (*ST = 1.0*) T2 (*ST = 1.20*) T3(*ST =1.20*) T4(*ST = 1.40*).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

TR=-VR/ln(1-PVR)

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

Kh = agR · γI ·S / (g)

agR =: accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante

γI= fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).
ag = agR · γI
è la “design ground acceleration on type A ground”.
Il coefficiente sismico verticale Kv è definito in funzione di Kh, e vale:
Kv = ± 0.5 ·Kh

CEDIMENTI EDOMETRICI

Il calcolo dei cedimenti con l’approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita. Pertanto la stima effettuata con questo metodo va considerata come empirica, piuttosto che teorica.
Tuttavia la semplicità d’uso e la facilità di controllare l’influenza dei vari parametri che intervengono nel calcolo, ne fanno un metodo molto diffuso.
L’approccio edometrico nel calcolo dei cedimenti passa essenzialmente attraverso due fasi:

a) il calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità con l’applicazione della teoria dell’elasticità;
b) la valutazione dei parametri di compressibilità attraverso la prova edometrica.

In riferimento ai risultati della prova edometrica, il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

se si tratta di un terreno sovraconsolidato (OCR>1), ossia se l’incremento di tensione dovuto all’applicazione del carico non fa superare la pressione di preconsolidazione σ’p ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$ <σ’p).
Se invece il terreno è normalconsolidato (σ'_{v0} =σ’p) le deformazioni avvengono nel tratto di compressione e il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

dove:
RR Rapporto di ricompressione;
CR Rapporto di compressione;
H0 spessore iniziale dello strato;
σ’v0 tensione verticale efficace prima dell’applicazione del carico.
Δσv incremento di tensione verticale dovuto all’applicazione del carico.

In alternativa ai parametri *RR* e *CR* si fa riferimento al modulo edometrico M; in tal caso però occorre scegliere opportunamente il valore del modulo da utilizzare, tenendo conto dell’intervallo tensionale ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$) significativo per il problema in esame.
L’applicazione corretta di questo tipo di approccio richiede:

- la suddivisione degli strati compressibili in una serie di piccoli strati di modesto spessore (< 2.00 m);
- la stima del modulo edometrico nell’ambito di ciascuno strato;
- il calcolo del cedimento come somma dei contributi valutati per ogni piccolo strato in cui è stato suddiviso il banco compressibile.

Molti usano le espressioni sopra riportate per il calcolo del cedimento di consolidazione tanto per le argille quanto per le sabbie di granulometria da fina a media, perché il modulo di elasticità impiegato è ricavato direttamente da prove di consolidazione. Tuttavia, per terreni a grana più grossa le dimensioni dei provini edometrici sono poco significative del comportamento globale

dello strato e, per le sabbie, risulta preferibile impiegare prove penetrometriche statiche e dinamiche.

CEDIMENTI ELASTICI

I cedimenti di una fondazione rettangolare di dimensioni B×L posta sulla superficie di un semispazio elastico si possono calcolare in base aduna equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier (1951)):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S}\left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2\right) I_F \qquad (1)$$

dove:

q0 = *Intensità della pressione di contatto*

B' = *Minima dimensione dell'area reagente,*

E e μ *= Parametri elastici del terreno.*

Ii = *Coefficienti di influenza dipendenti da: L'/B', spessore dello strato H, coefficiente di Poisson* μ*, profondità del piano di posa D;*

I coefficienti *I1 e I2* si possono calcolare utilizzando le equazioni fornite da *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), in funzione del rapporto *L'/B'* ed H/B, utilizzando *B'=B/2* e *L'=L/2* per i coefficienti relativi al centro e *B'=B* e *L'=L* per i coefficienti relativi al bordo.

Il coefficiente di influenza IF deriva dalle equazioni di *Fox* (1948), che indicano il cedimento si riduce con la profondità in funzione del coefficiente di *Poisson* e del rapporto *L/B*.

In modo da semplificare l'equazione (1) si introduce il coefficiente IS:

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2$$

Il cedimento dello strato di spessore H vale:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S} I_S I_F$$

Per meglio approssimare i cedimenti si suddivide la base di appoggio in modo che il punto si trovi in corrispondenza di uno spigolo esterno comune a più rettangoli. In pratica si moltiplica per un fattore pari a 4 per il calcolo dei cedimenti al centro e per un fattore pari a 1 per i cedimenti al bordo.

Nel calcolo dei cedimenti si considera una profondità del bulbo delle tensioni pari a 5B, se il substrato roccioso si trova ad una profondità maggiore.
A tal proposito viene considerato substrato roccioso lo strato che ha un valore di E pari a 10 volte dello strato soprastante.
Il modulo elastico per terreni stratificati viene calcolato come media pesata dei moduli elastici degli strati interessati dal cedimento immediato.

DATI GENERALI

==========

Azione sismica	NTC 2008	
Larghezza fondazione	30.0	m
Lunghezza fondazione	50.0	m

Profondità piano di posa 1.0 m
Profondità falda 3.5
==========

SISMA
==========
Accelerazione massima (ag/g) 0.09
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale 0.0181
==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]
==========
Dati generali
Tipo opera: 3 - Grandi opere
Classe d'uso: Classe IV
Vita nominale: 100.0 [anni]
Vita di riferimento: 200.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.26	2.62	0.19
S.L.D.	201.0	0.31	2.66	0.21
S.L.V.	1898.0	0.59	2.8	0.28
S.L.C.	2475.0	0.7	2.84	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali
Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.39	0.2	0.008	0.004
S.L.D.	0.465	0.2	0.0095	0.0047
S.L.V.	0.885	0.2	0.0181	0.009
S.L.C.	1.05	0.2	0.0214	0.0107

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m³]	Gams [Kg/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [Kg/cm²]	c Corr. [Kg/cm²]	cu [Kg/cm²]	Ey [Kg/cm²]	Ed [Kg/cm²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
0.5	1692.73	2141.4	28.9	20.3	0.11	0.0737	0.0	0.0	27.53	0.0	0.0	0.0
3.5	2008.84	2702.25	22.17	15.27	0.14	0.0938	0.0	0.0	45.17	0.0	0.0	0.0
1.8	1968.05	2681.85	18.0	12.28	0.38	0.2546	0.0	0.0	35.65	0.0	0.0	0.0

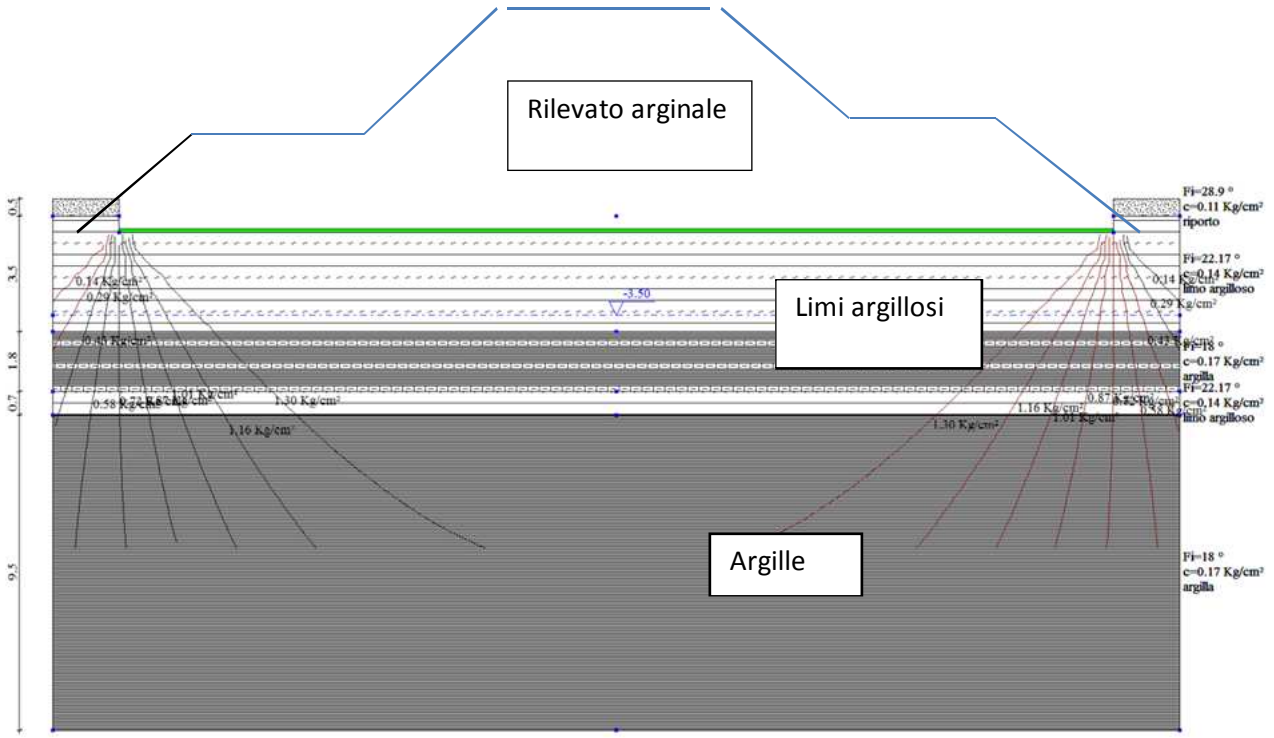
0.7	2008.84	2702.25	22.17	15.27	0.14	0.0938	0.0	0.0	45.17	0.0	0.0	0.0
9.5	1968.05	2681.85	18.0	12.28	0.38	0.2546	0.0	0.0	35.65	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A2+M2+R2	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
2	Si	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1



CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 2.66 Kg/cm²
Resistenza di progetto[Rd] 1.48 Kg/cm²
Tensione [Ed] 1.2 Kg/cm²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 2.22
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 1.07 Kg/cm³

A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.06
Fattore [Nc] 9.45
Fattore [Ng] 0.68
Fattore forma [Sc] 1.0
Fattore profondità [Dc] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.13
Fattore profondità [Dq] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.76
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0
==========
Carico limite 2.73 Kg/cm²
Resistenza di progetto 1.52 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.39
Fattore [Nc] 10.96
Fattore [Ng] 1.78
Fattore forma [Sc] 1.0
Fattore forma [Sg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0
==========
Carico limite 6.17 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.43 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.06
Fattore [Nc] 9.45

Fattore [Ng] 0.64
Fattore forma [Sc] 1.19
Fattore profondità [Dc] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.09
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore forma [Sg] 1.09
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0
==========
Carico limite 3.33 Kg/cm²
Resistenza di progetto 1.85 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.06
Fattore [Nc] 9.45
Fattore [Ng] 0.9
Fattore forma [Sc] 1.19
Fattore profondità [Dc] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.13
Fattore profondità [Dq] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.82
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0
==========
Carico limite 3.46 Kg/cm²
Resistenza di progetto 1.92 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.06

Fattore [Nc] 9.45
Fattore [Ng] 0.68
Fattore forma [Sc] 1.0
Fattore profondità [Dc] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.13
Fattore profondità [Dq] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.76
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.99
==========
Carico limite 2.66 Kg/cm²
Resistenza di progetto 1.48 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.39
Fattore [Nc] 10.96
Fattore [Ng] 1.78
Fattore forma [Sc] 1.0
Fattore forma [Sg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.99
==========
Carico limite 6.0 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.34 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.06
Fattore [Nc] 9.45
Fattore [Ng] 0.64
Fattore forma [Sc] 1.19
Fattore profondità [Dc] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.09
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore forma [Sg] 1.09

Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.99
==========
Carico limite 3.25 Kg/cm²
Resistenza di progetto 1.81 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)
==========
Fattore [Nq] 3.06
Fattore [Nc] 9.45
Fattore [Ng] 0.9
Fattore forma [Sc] 1.19
Fattore profondità [Dc] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.13
Fattore profondità [Dq] 1.01
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.82
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.99
==========
Carico limite 3.38 Kg/cm²
Resistenza di progetto 1.88 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

CEDIMENTI PER OGNI STRATO
***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 1.632 Kg/cm²
Cedimento dopo T anni 15.0
Cedimento totale 39.78 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws:Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm²)	Dp (Kg/cm²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	2.5	0.486	1.438	Edometrico	9.55	--	9.55
3	4.9	0.924	1.34	Edometrico	6.77	--	6.77
4	6.15	1.135	1.246	Edometrico	1.93	--	1.93
5	11.25	1.993	0.808	Edometrico	21.53	--	21.53

CEDIMENTI ELASTICI

==========

Pressione normale di progetto 1.2 Kg/cm²
Spessore strato 10.0 m
Profondità substrato roccioso 10.0 m
Modulo Elastico 70.0 Kg/cm²
Coefficiente di Poisson 0.25

==========

Coefficiente di influenza I1 0.07
Coefficiente di influenza I2 0.09
Coefficiente di influenza Is 0.13

==========

Cedimento al centro della fondazione 85.84 mm

==========

Coefficiente di influenza I1 0.02
Coefficiente di influenza I2 0.06
Coefficiente di influenza Is 0.06
Cedimento al bordo 20.26 mm

==========

I cedimenti teorici stimati sono dell'ordine dei 20 cm. Che si esauriranno in 15 anni.

10.2.1. Verifica cedimento rilevato arginale

Sono stati stimati anche i cedimenti teorici utilizzando l'opzione "rilevato" del software Load Cap della Geostru che, al contrario della simulazione di tipo fondazionale deformabile, è essenzialmente dedicato ai rilevati.

Di seguito si riporta il risultato di tale verifica effettuata in corrispondenza del sondaggio M11.

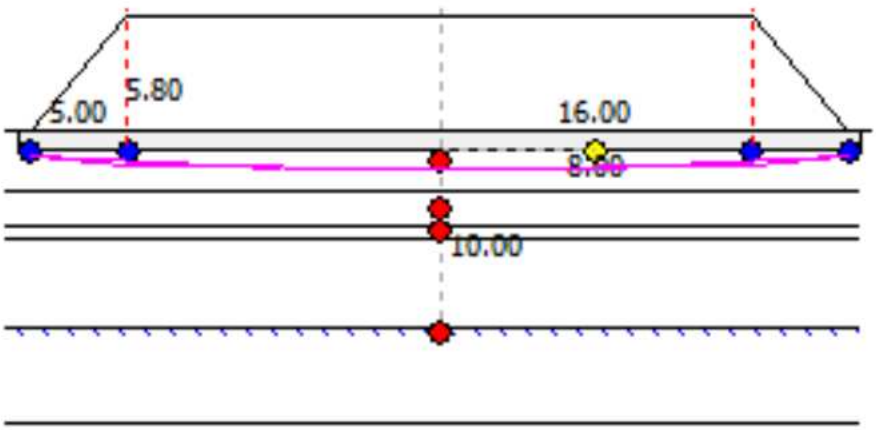
Riferimento zona	SEZIONE tipo	
Pressione imposta in sul rilevato	0	t/m²
1/2 Larghezza rettangolo	16	m
Larghezza base triangolo	5	m
Imposta piano di posa sbancamento	1	m
Peso unità volume sbancamento	1.9	t/m³
Incremento netto al piano di posa	8.6	t/m²
Distanza asse - IV punto a scelta	8	m
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO	10	m
Altezza rilevato	5.8	m
Peso unità volume rilevato	1.7	t/m³
Peso unità volume fondazione rilevato	1.8	t/m³

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato m	Modulo edometrico Kg/cm²	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	3	34	1	7.576	7.135	0.868	7.581
2	1.8	44	1	3.516	2.976	0.877	3.543
3	0.7	44	1	1.369	1.1	0.404	1.388
4	9.5	44	1	18.725	12.555	7.065	17.8

Cedimenti total

Asse	31.186	cm
Bordo	23.766	cm
Piede	9.214	cm
IV Punto	30.312	cm



I cedimenti stimati con tale metodo sono di circa 30 cm.

Al fine esaurire durante la realizzazione i cedimenti immediati e di limitare i cedimenti di consolidazione, si consiglia di effettuare un buon costipamento del terreno di fondazione del rilevato e di realizzare il rilevato stesso mediante la messa in opera di strati successivi di terreno di spessore di 50-70 cm costipato alla densità Proctor.

10.3. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Sono state effettuate 2 verifiche del potenziale di liquefazione dei terreni:
- in concomitanza dell'argine sud della cassa di espansione (sondaggio M9)
- in concomitanza dell'opera di sfioro a nord (CPT7)

Di seguito, precedute da una descrizione del metodo semplificato applicato, si riportano le risultanze di tali verifiche.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla

liquefazione

$$(1.0)\, F_S = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione normalmente adottati sono:

- *Metodo di Seed e Idriss (1982);*
- *Metodo di Iwasaki et al. (1978; 1984);*
- *Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1983);*
- *Metodo di Finn (1985);*
- *Metodo di Cortè (1985);*
- *Metodo di Robertson e Wride modificato (1997);*
- *Metodo di Andrus e Stokoe (1998);*
- *Metodi basati sull'Eurocodice 8 (ENV 1998-5);*
- *Metodo basato sull'NTC 2008.*

Seed e Idriss (1971b) per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma propongono una semplice procedura basata sull'ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza **z** si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

$$\tau_{max} = \frac{a_g}{g} \times \gamma z$$

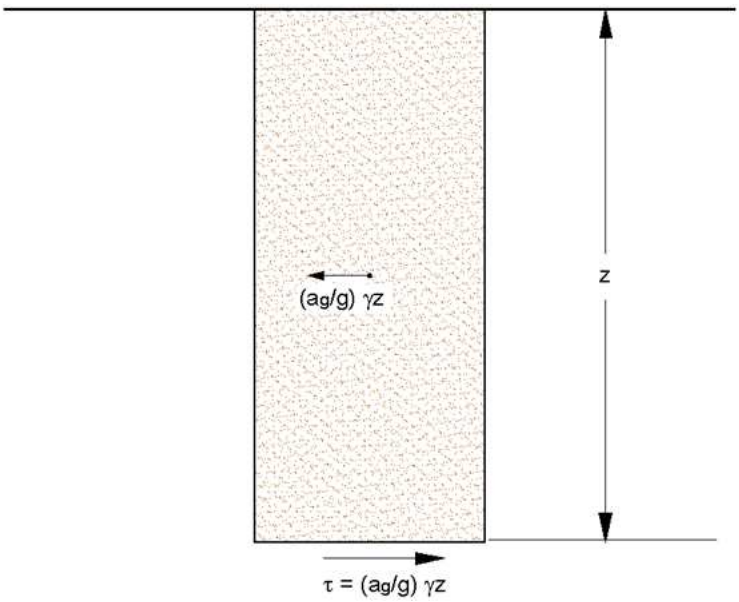
dove a_g è l'accelerazione massima in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

Poiché nella realtà il terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido e quindi bisogna introdurre un coefficiente riduttivo $\mathbf{r_d}$. Normalizzando con la pressione verticale effettiva e riferendosi ad un valore medio $\boldsymbol{\tau_{av}}$ anziché ad un valore massimo $\boldsymbol{\tau_{max}}$ si ottiene:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0{,}65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

espressione valida per sismi di magnitudo 7.5. Per magnitudo diverse bisogna dividere per il fattore correttivo **MSF** (Magnitudo Scaling Factor):

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$



Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Il 'metodo di Seed e Idriss' (1982) è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. Per determinare il valore del coefficiente riduttivo $\mathbf{r_d}$ viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$r_d = 1 - 0{,}015z$$

mentre per il fattore correttivo **MSF** si veda la Tabella 1 dove viene riportato il valore di questo fattore ottenuto da vari ricercatori, tra cui Seed H. B. e Idriss I. M (1982).

Tabella 1 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	***Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)***	***Ambraseys N. N. (1988)***	***NCEER (Seed R. B. et al.) (1997; 2003)***
5.5	1.43	2.86	2,21
6.0	1.32	2.20	1,77
6.5	1.19	1.69	1,44
7.0	1.08	1.30	1,19
7.5	1.00	1.00	1,00
8.0	0.94	0.67	0,84
8.5	0.89	0.44	0,73

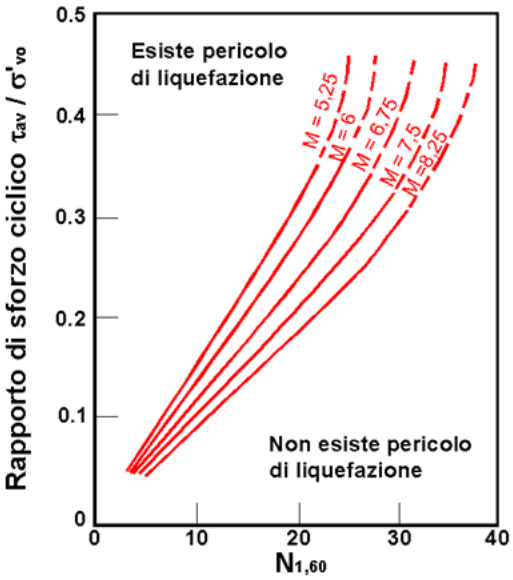
Il termine a numeratore della (1.0), cioè la resistenza alla liquefazione CRR, viene calcolato in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.
Si ottiene un grafico (Fig. 2) ottenuto selezionando i casi di terreni in cui si è avuta liquefazione e non liquefazione durante i terremoti.
Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_{1,60}) = C_N N_m$$

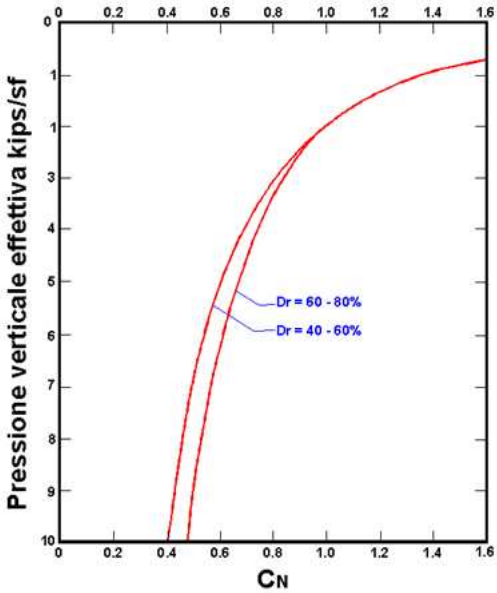
dove N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT e C_N un coefficiente correttivo che si calcola mediante la seguente espressione:

$$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

dove σ'_{vo} è la pressione verticale effettiva, Pa la pressione atmosferica espressa nelle stesse unità di σ'_{vo} ed n un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Fig. 3).



Correlazione fra CSR e $N_{1,60}$



Coefficiente correttivo C_N

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR è:

$$CRR \approx \frac{N_{1,60}}{90}$$

Si applica quindi la (1.0); se **F_S > 1,3** il deposito non è liquefacibile.

Gli Autori hanno precisato che questa procedura è valida per sabbie con D_{50} > 0,25 mm; per

sabbie limose e limi suggeriscono di correggere ulteriormente il valore di $N_{1,60}$:

$$(N_{1,60})_{cs} = N_{1,60} + 7,5$$

Il 'metodo di Iwasaki et al.' (1978, 1984) è stato proposto basandosi sulla osservazione che la severità dei danni prodotti dalla liquefazione ai manufatti è legata al volume di terreno liquefatto all'interno del deposito.
Il metodo si basa su due quantità: il **fattore di resistenza** (**F_S**) e l'**indice di liquefazione** (**I_L**). F_S si ottiene mediante la (1.0) e quando **$F_S \leq 1$** lo strato di terreno è liquefacibile; mentre I_L, indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, è ottenuto dalla espressione

$$I_L = \int_0^{20} F\, W(z)\, dz$$

dove
$F = 1 - F_S$ **per $F_S \leq 1$**
$F = 0$ **per $F_S > 1$**
$W(z) = 10 - 0,5z$

Per poter valutare la severità degli effetti viene proposta la scala della Tabella 2.
Il fattore correttivo **r_d** viene calcolato mediante la (1.4) e **MSF** come nel caso precedente.

Invece per la valutazione di CRR vengono proposte le seguenti espressioni ricavate da numerose prove di resistenza ciclica non drenata:

- per terreni con 0,04 mm $\leq D_{50} \leq$ 0,6

$$CRR = 0,0882\sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 0,7}} + 0,225\log_{10}\left(\frac{0,35}{D_{50}}\right)$$

- per terreni con 0,6 mm $\leq D_{50} \leq$ 1,5

$$CRR = 0,0882\sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 0,7}} - 0,05$$

dove D_{50} è il diametro dei granuli al 50% (in mm).

Tabella 2

Valori di I_L	***Rischio di liquefazione***
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

Il 'metodo di Tokimatsu e Yoshimi' (1983) per poter tener conto della magnitudo del terremoto, a differenza dei metodi precedenti, calcola il rapporto di sforzo ciclico con la seguente espressione:

$$CSR = 0,65\frac{a_g}{g}\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\, r_d\, r_n$$

dove viene introdotto un coefficiente correttivo **r_n** funzione della magnitudo **M**.

$$r_d = 0{,}1\,(M - 1)$$

Invece la resistenza alla liquefazione viene calcolata, confrontando risultati di prove triassali cicliche con dati di prove SPT, con la seguente espressione:

$$CRR = a\,C_r \left[\frac{16\sqrt{N_{1,60} + \Delta N_f}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_{1,60} + \Delta N_f}}{C_s} \right)^n \right]$$

dove
a = 0,45
C_r = 0,57
n = 14
ΔN_f = 0 per sabbie pulite e ΔN_f = 5 per sabbie limose
$N_{1,60} = [1{,}7 / (\sigma'_{vo} + 0{,}7)]\ N_m$
C_S è una costante empirica che dipende dall'ampiezza della deformazione di taglio.

Gli Autori, ai fini progettuali, suggeriscono di adottare un valore di **F_S > 1,5** per le sabbie medio-sciolte e **F_S > 1,3** per le sabbie medio-dense.
Questo metodo è raccomandato nella proposta di Norme Sismiche Italiane avanzata dal CNR nel 1984.

Correlazioni della resistenza alla liquefazione con la magnitudo vengono proposte da Finn (1985) e Cortè (1985). Il primo propone un'espressione di CRR in funzione della magnitudo **M** e del numero dei colpi corretto **$N_{1,60}$**:

$$CRR = \frac{N_{1,60}}{12{,}9\,M - 15{,}7}$$

Cortè invece propone di valutare CRR mediante le seguenti espressioni:

- per terreni con 0,04 mm ≤ D_{50} ≤ 0,6

$$CRR = A \left\{ \left[\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 70} \right]^{0,5} - 0{,}258 \log_{10} \left(\frac{D_{50}}{0{,}35} \right) \right\}$$

- per terreni con 0,6 mm ≤ D_{50} ≤ 1,5

$$CRR = A \left\{ \left[\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 70} \right]^{0,5} - 0{,}0567 \right\}$$

Il coefficiente **A** assume valori che variano fra 0,50 e 0,66, a seconda della magnitudo del sisma e quindi del **numero di cicli equivalenti** che variano a loro volta fra 5 e 20.

Il 'metodo di Robertson e Wride' utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo **I_C** che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3{,}47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1{,}22)^2 \right]^{0,5}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100$$

dove
q_C è la resistenza alla punta misurata
Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}
f_S è l'attrito del manicotto
n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume n = 1, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (2.8a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma dato che il suolo non è liquefacibile.
Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata e I_C deve essere ricalcolato nuovamente con la seguente formula:

$$Q = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

Si presume che il terreno sia granulare e si assume n = 0,5.
Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.
Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. I_C deve essere nuovamente ricalcolato con la (2.8a) ponendo n= 0,75.

Calcolato I_C, si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_C mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

dove n è lo stesso del calcolo di I_C.

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

se il metodo utilizzato è il Robertson e Wride classico:

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c \, q_{c1N}$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21.63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88$$

se il metodo utilizzato è il Robertson e Wride modificato:

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N}$$

dove K_C dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$K_C = 0$ per FC ≤ 5
$K_C = 0{,}0267(FC - 5)$ per 5 < FC ≤ 35
$K_C = 0{,}8$ per FC > 35

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC\,(\%) = 1{,}75\,(I_C)^{3{,}25} - 3{,}7$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**$CRR_{7,5}$**) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0{,}833\left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05$$

se $50 \le (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93\left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08$$

Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** si calcola con la (1.3) e **MSF** come raccomandato dal NCEER (vedi Tabella 1), mentre il coefficiente **r_d** è calcolato mediante la seguente procedura:
se z < 9,15 m

$$r_d = 1{,}0 - 0{,}00765\,z$$

se 9,15 ≤ z < 23 m

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}00267\,z$$

dove z è la profondità in metri

Si calcola il fattore di sicurezza alla liquefazione con la (1.0), mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono calcolati con il metodo di Iwasaki et alii.

Il 'metodo di Andrus e Stokoe' è basato su dati provenienti da prove sismiche a rifrazione (**V_S**).
La velocità delle onde di taglio viene corretta con la formula (Robertson et al., 1992):

$$V_{S1} = V_S\left(\frac{100}{\sigma'_{vo}}\right)^{0{,}25}$$

La resistenza alla liquefazione è valutata mediante la formula di Andrus e Stokoe (1998):

$$CRR = 0{,}03\left(\frac{V_{S1}}{100}\right)^2 + 0{,}9\left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}}\right]$$

dove la presenza di fini FC (%) è tenuta in conto mediante la seguente procedura:

$(V_{S1})_{CS} = 220$ per FC ≤ 5%
$220 < (V_{S1})_{CS} \le 200$ per 5% < FC ≤ 35%
$(V_{S1})_{CS} = 200$ per FC > 35%

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** viene valutato come raccomandato dal NCEER (Tabella 1), il fattore di sicurezza alla liquefazione con la (1.0), mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono valutati con il metodo di Iwasaki et alii.

Le indicazioni della normativa europea sono contenute al punto 4.1.3 a cui si aggiungono ulteriori indicazioni che si possono trovare nell'appendice B della parte 5 dell'**Eurocodice 8 (ENV 1998-5).** Secondo tale normativa si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando a_g < 0,15 e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10;
- contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60}$ > 20
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60}$ > 25

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati*.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$\mathrm{CSR} = 0{,}65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{\mathrm{MSF}}$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

\ Tabella 3

***Categoria* suolo**	***Spettri di Tipo 1* S (M > 5,5)**	***Spettri di Tipo 2* S (M ≤ 5,5)**
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys (Tabella 1).

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

$$(*)\,\mathrm{CRR} = \frac{0{,}04844 - 0{,}004721\left(N_{1,60}\right)_{cs} + 0{,}0006136\left[\left(N_{1,60}\right)_{cs}\right]^2 - 0{,}00001673\left[\left(N_{1,60}\right)_{cs}\right]^3}{1 - 0{,}1248\left(N_{1,60}\right)_{cs} + 0{,}009578\left[\left(N_{1,60}\right)_{cs}\right]^2 - 0{,}0003285\left[\left(N_{1,60}\right)_{cs}\right]^3 + 0{,}000003714\left[\left(N_{1,60}\right)_{cs}\right]^4}$$

dove $(N_{1,60})_{cs}$ viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$\left(N_{1,60}\right)_{cs} = \alpha + \beta\, N_{1,60}$$

dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N_m (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N \, C_E \, N_m$$

$$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (Tabella 4).

Tabella 4

Attrezzatura	C_E
Safety Hammer	0,7 – 1,2
Donut Hammer (USA)	0,5 – 1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1 – 1,4
Automatico-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8 – 1,4

I parametri α e β, invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$\alpha = 0$ per $FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$ per $5\% < FC \leq 35\%$
$\alpha = 5$ per $FC > 35\%$

$\beta = 1,0$ per $FC \leq 5\%$
$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$ per $5\% < FC \leq 35\%$
$\beta = 1,2$ per $FC > 35\%$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (**CPT**), i valori di resistenza alla punta misurati q_c devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa. Per poter tenere conto della eventuale presenza di fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride.
Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

come proposto dall'EC8, derivato $(N_{1,60})_{cs}$ dalla relazione precedente), si utilizza la (*) per il calcolo di CRR.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche di rifrazione, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la (3.7) e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe:

Rispetto alla normativa europea, la normativa italiana (NTC 2008) è meno accurata e non fornisce proposte di metodologie per valutare il potenziale di liquefazione.
La normativa richiede che il controllo della possibilità di liquefazione venga effettuato quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.
La normativa esclude il pericolo di liquefazione se il terreno saturo si trova ad una profondità

superiore a 15 m o se $\mathbf{a_g S}$ < 0,15g e, contemporaneamente, si verifica una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10;
- contenuto di limo superiore al 35% e resistenza $N_{1,60}$ > 20;
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60}$ > 25.

Come la normativa europea, quella italiana ritiene che *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati*.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0{,}65\, S \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF} \frac{1}{K_\sigma}$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Tabella 5

***Categoria* suolo**	**S**
A	1,00
B, C, E	1,25
D	1,35

Il coefficiente riduttivo $\mathbf{r_d}$ viene valutato secondo quanto proposto da Idriss (1999):

$$r_d = \exp\left[\alpha(z) + \beta(z)\, M\right]$$

$$\alpha(z) = -1{,}012 - 1{,}126\, \mathrm{sen}\left[\left(\frac{z}{11{,}73}\right) + 5{,}133\right]$$

$$\beta(z) = 0{,}106 + 0{,}118\, \mathrm{sen}\left[\left(\frac{z}{11{,}28}\right) + 5{,}142\right]$$

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** utilizzato dal programma è quello raccomandato dal NCEER (Tabella 1).
K_σ è un fattore di correzione della tensione litostatica compreso fra 1 e 1,5 (Olsen, 1984):

$K_\sigma = 1$ per $\sigma'_{vo} < 100$

$K_\sigma = (\sigma'vo/100)^{f-1}$ per $\sigma'_{vo} \geq 100$

dove f è un parametro funzione di $(N_{1,60})$ e σ'_{vo}.

La resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente espressione:

$$CRR = \frac{1}{\left[34 - (N_{1,60})_{cs}\right]} \frac{(N_{1,60})_{cs}}{135} + \frac{50}{\left[10\,(N_{1,60})_{cs} + 45\right]^2} - \frac{1}{200}$$

nella quale $N_{1,60}$ è valutato nel seguente modo:

$$N_{1,60} = C_N \, C_E \, C_R \, C_S \, C_B \, N_m$$

C_R è un fattore di correzione per la lunghezza L delle aste della prova pari a:

Tabella 6

L	C_R
≤ 3	0,75
3 < L ≤ 4	0,80
4 < L ≤ 6	0,85
6 < L ≤ 10	0,95
> 10	1,00

C_S è un fattore di correzione per il tipo di campionatore:
per campionatori di tipo standard C_S è sempre uguale a 1,0
per campionatori di tipo non-standard C_S è compreso fra 1,1 e 1,3

C_B è un fattore di correzione per il diametro del foro di sondaggio ed è pari a:

Tabella 7

Diametro foro	C_B
65 – 115 mm	1,00
115 – 150 mm	1,05
150 – 200 mm	1,15

Secondo le normative europea e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato liquefazione durante terremoti passati e quindi deve essere **F_S ≤ 1,25**.

La probabilità di liquefazione **P_L**, invece, è data dall'espressione di Juang et al. (2001):

$$P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_S}{0,72} \right)^{3,1}}$$

Nel panorama offerto dalla letteraura tecnica abbiamo deciso, considerata la disponibilità di dati, di confrontare due metodi, uno basato su risultanze di prova penetrometrica **(Metodo di Robertson e Wride (1997)** e l'altro basato sui parametri determinati mediante prove di laboratorio su campioni indisturbati **(EC8 (CPT -1998)**

10.3.1 – Potenziale liquefazione zona argine sud

I dati di input per la verifica sono quelli desunti dal sondaggio M9 e CPT10.

Dati generali

Numero di strati = 6
Profondità della falda = 3.5 m
Magnitudo del sisma = 5.5
Accelerazione massima al suolo = 0.05

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	Sabbia limosa	0	4.5	19	26	0	0	2690	170	0
2	Limo argilloso	4.5	9	19.3	26	0	0	1920	110	0
3	Argilla	9	10	20	24	0	0	840	40	0
4	Limo sabbioso	10	11.5	19.7	26	0	0	2400	90	0
5	Argilla	11.5	19	20	24	0	0	820	50	0
6	Sabbia ghiaiosa	19	20	20	22	0	0	5300	190	0

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Risultati
Correzione per la magnitudo (MSF) = 2.21

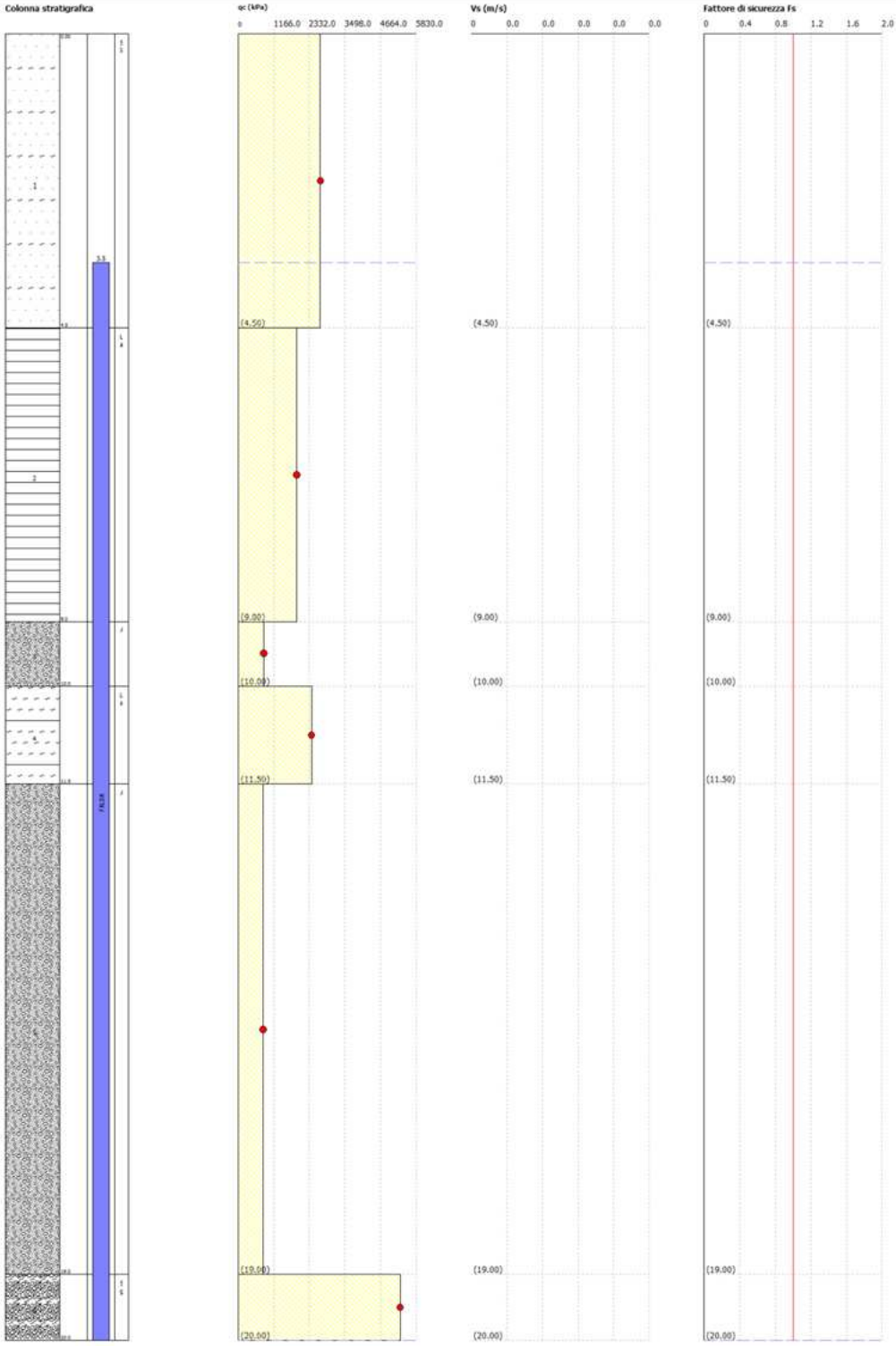
Verif. Nr.	Prof. da p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F (%)	Indice di comportamento Ic	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio di liquefazione
1	3.70	71.70	69.7387	37.5444	6.4928	2.7791	NL		
2	3.90	76.90	72.9773	35.807	6.5057	2.7938	NL		
3	4.10	82.10	76.216	34.2172	6.5187	2.808	NL		
4	4.30	87.30	79.4547	32.757	6.5317	2.8217	NL		
5	4.50	92.50	82.6934	31.4112	6.5448	2.835	NL		
6	4.70	97.70	85.932	21.2063	6.0363	2.9322	NL		
7	4.90	102.90	89.1707	20.3778	6.0536	2.9457	NL		
8	5.10	108.10	92.4094	19.6073	6.071	2.9589	NL		
9	5.30	113.30	95.648	18.8891	6.0884	2.9717	NL		
10	5.50	118.50	98.8867	18.2178	6.106	2.9841	NL		
11	5.70	123.70	102.1254	17.5892	6.1237	2.9963	NL		
12	5.90	128.90	105.364	16.9992	6.1415	3.0081	NL		
13	6.10	134.10	108.6027	16.4443	6.1594	3.0197	NL		
14	6.30	139.30	111.8414	15.9217	6.1773	3.031	NL		
15	6.50	144.50	115.08	15.4284	6.1954	3.0421	NL		
16	6.70	149.70	118.3187	14.9621	6.2136	3.053	NL		
17	6.90	154.90	121.5574	14.5207	6.2319	3.0636	NL		
18	7.10	160.10	124.7961	14.1022	6.2504	3.074	NL		
19	7.30	165.30	128.0347	13.7049	6.2689	3.0842	NL		
20	7.50	170.50	131.2734	13.3271	6.2875	3.0943	NL		
21	7.70	175.70	134.5121	12.9676	6.3063	3.1041	NL		

22	7.90	180.90	137.7507	12.625	6.3251	3.1138	NL		
23	8.10	186.10	140.9894	12.2981	6.3441	3.1233	NL		
24	8.30	191.30	144.2281	11.9859	6.3632	3.1327	NL		
25	8.50	196.50	147.4668	11.6874	6.3824	3.1419	NL		
26	8.70	201.70	150.7054	11.4017	6.4017	3.151	NL		
27	8.90	206.90	153.9441	11.1281	6.4211	3.1599	NL		
28	9.10	211.90	156.9828				NL	0	Molto basso
29	9.30	216.70	159.8214				NL	0	Molto basso
30	9.50	221.50	162.6601				NL	0	Molto basso
31	9.70	226.30	165.4988				NL	0	Molto basso
32	9.90	231.10	168.3374				NL	0	Molto basso
33	10.10	236.10	171.3761	12.6266	4.1592	2.9988	NL		
34	10.30	241.30	174.6148	12.3626	4.1692	3.0067	NL		
35	10.50	246.50	177.8535	12.1083	4.1792	3.0145	NL		
36	10.70	251.70	181.0921	11.863	4.1894	3.0221	NL		
37	10.90	256.90	184.3308	11.6264	4.1995	3.0297	NL		
38	11.10	262.10	187.5695	11.3979	4.2097	3.0372	NL		
39	11.30	267.30	190.8081	11.1772	4.22	3.0446	NL		
40	11.50	272.50	194.0468	10.9638	4.2303	3.0519	NL		
41	11.70	277.30	196.8855				NL	0	Molto basso
42	11.90	282.10	199.7241				NL	0	Molto basso
43	12.10	286.90	202.5628				NL	0	Molto basso
44	12.30	291.70	205.4015				NL	0	Molto basso
45	12.50	296.50	208.2401				NL	0	Molto basso
46	12.70	301.30	211.0788				NL	0	Molto basso
47	12.90	306.10	213.9175				NL	0	Molto basso
48	13.10	310.90	216.7562				NL	0	Molto basso
49	13.30	315.70	219.5948				NL	0	Molto basso
50	13.50	320.50	222.4335				NL	0	Molto basso
51	13.70	325.30	225.2722				NL	0	Molto basso
52	13.90	330.10	228.1108				NL	0	Molto basso
53	14.10	334.90	230.9495				NL	0	Molto basso
54	14.30	339.70	233.7882				NL	0	Molto basso
55	14.50	344.50	236.6268				NL	0	Molto basso
56	14.70	349.30	239.4655				NL	0	Molto basso
57	14.90	354.10	242.3042				NL	0	Molto basso
58	15.10	358.90	245.1429				NL	0	Molto basso
59	15.30	363.70	247.9815				NL	0	Molto basso
60	15.50	368.50	250.8202				NL	0	Molto basso
61	15.70	373.30	253.6589				NL	0	Molto basso
62	15.90	378.10	256.4975				NL	0	Molto basso
63	16.10	382.90	259.3362				NL	0	Molto basso
64	16.30	387.70	262.1749				NL	0	Molto basso
65	16.50	392.50	265.0135				NL	0	Molto basso
66	16.70	397.30	267.8522				NL	0	Molto basso
67	16.90	402.10	270.6909				NL	0	Molto basso
68	17.10	406.90	273.5296				NL	0	Molto basso
69	17.30	411.70	276.3682				NL	0	Molto basso
70	17.50	416.50	279.2069				NL	0	Molto basso
71	17.70	421.30	282.0456				NL	0	Molto basso
72	17.90	426.10	284.8842				NL	0	Molto basso
73	18.10	430.90	287.7229				NL	0	Molto basso
74	18.30	435.70	290.5616				NL	0	Molto basso
75	18.50	440.50	293.4003				NL	0	Molto basso
76	18.70	445.30	296.239				NL	0	Molto basso
77	18.90	450.10	299.0776				NL	0	Molto basso
78	19.10	454.70	301.7162	16.0591	3.9213	2.9009	NL		
79	19.30	459.10	304.1549	15.9159	3.9249	2.9042	NL		
80	19.50	463.50	306.5936	15.775	3.9285	2.9075	NL		
81	19.70	467.90	309.0323	15.6362	3.932	2.9107	NL		
82	19.90	472.30	311.4709	15.4997	3.9356	2.914	NL		

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: Robertson e Wride
Diagrammi: - qc - Vs - Fs

Committente:
Località:

Data:



EC8 (CPT) (1998)

Input dati

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	30	15	<= 10	D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
2	30	67	> 10	D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
3	24	7	<= 10	D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
4	55	25	> 10	D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
5	24	7	<= 10	D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
6	25	7	<= 10	C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 0

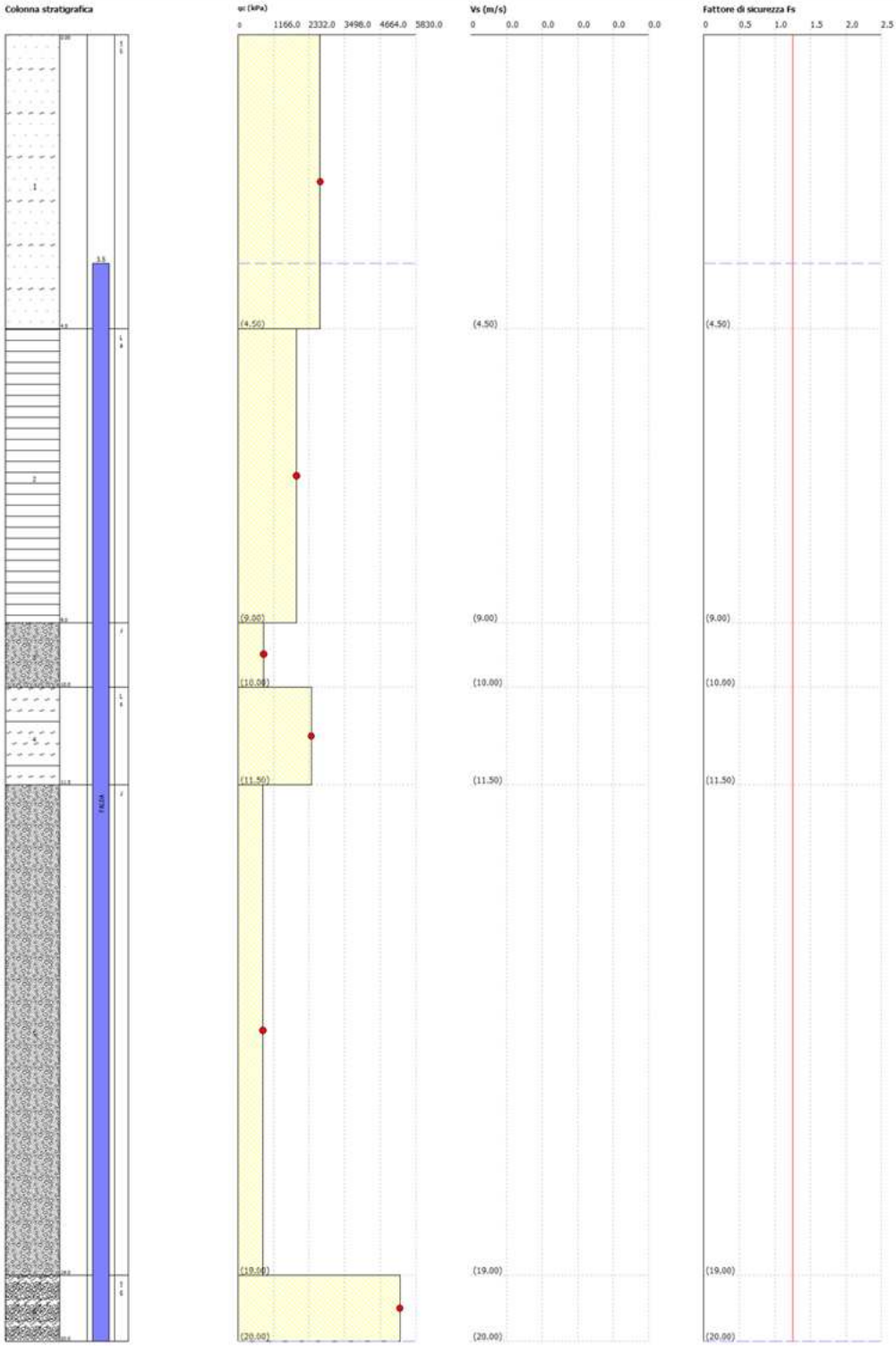
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Resistenza alla punta corretta qc1 (bar)	Coefficiente riduttivo (rd)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	3.70	71.70	69.7387	1.1975	161.0638	0.9717	NL	0.00
2	3.90	76.90	72.9773	1.1706	157.4457	0.9702	NL	0.00
3	4.10	82.10	76.216	1.1455	154.0698	0.9686	NL	0.00
4	4.30	87.30	79.4547	1.1219	150.8956	0.9671	NL	0.00
5	4.50	92.50	82.6934	1.0997	147.9097	0.9656	NL	0.00
6	4.70	97.70	85.932	1.0788			NL	0.00
7	4.90	102.90	89.1707	1.059			NL	0.00
8	5.10	108.10	92.4094	1.0403			NL	0.00
9	5.30	113.30	95.648	1.0225			NL	0.00
10	5.50	118.50	98.8867	1.0056			NL	0.00
11	5.70	123.70	102.1254	0.9895			NL	0.00
12	5.90	128.90	105.364	0.9742			NL	0.00
13	6.10	134.10	108.6027	0.9596			NL	0.00
14	6.30	139.30	111.8414	0.9456			NL	0.00
15	6.50	144.50	115.08	0.9322			NL	0.00
16	6.70	149.70	118.3187	0.9193			NL	0.00
17	6.90	154.90	121.5574	0.907			NL	0.00

18	7.10	160.10	124.7961	0.8952			NL	0.00
19	7.30	165.30	128.0347	0.8838			NL	0.00
20	7.50	170.50	131.2734	0.8728			NL	0.00
21	7.70	175.70	134.5121	0.8622			NL	0.00
22	7.90	180.90	137.7507	0.852			NL	0.00
23	8.10	186.10	140.9894	0.8422			NL	0.00
24	8.30	191.30	144.2281	0.8327			NL	0.00
25	8.50	196.50	147.4668	0.8235			NL	0.00
26	8.70	201.70	150.7054	0.8146			NL	0.00
27	8.90	206.90	153.9441	0.806			NL	0.00
28	9.10	211.90	156.9828	0.7981	21.923	0.9304	NL	0.00
29	9.30	216.70	159.8214	0.791	21.7279	1.1492	NL	0.00
30	9.50	221.50	162.6601	0.7841	21.5384	1.1486	NL	0.00
31	9.70	226.30	165.4988	0.7773	21.3516	1.1481	NL	0.00
32	9.90	231.10	168.3374	0.7707	21.1703	1.1476	NL	0.00
33	10.10	236.10	171.3761	0.7639	91.668	1.147	NL	0.00
34	10.30	241.30	174.6148	0.7568	90.816	1.1465	NL	0.00
35	10.50	246.50	177.8535	0.7498	89.976	1.146	NL	0.00
36	10.70	251.70	181.0921	0.7431	89.172	1.1454	NL	0.00
37	10.90	256.90	184.3308	0.7365	88.38	1.1449	NL	0.00
38	11.10	262.10	187.5695	0.7302	87.624	1.1444	NL	0.00
39	11.30	267.30	190.8081	0.7239	86.868	1.1438	NL	0.00
40	11.50	272.50	194.0468	0.7179	86.148	1.1433	NL	0.00
41	11.70	277.30	196.8855	0.7127	19.111	1.1428	NL	0.00
42	11.90	282.10	199.7241	0.7076	18.9742	1.1422	NL	0.00
43	12.10	286.90	202.5628	0.7026	18.8402	1.1417	NL	0.00
44	12.30	291.70	205.4015	0.6977	18.7088	1.1412	NL	0.00
45	12.50	296.50	208.2401	0.693	18.5827	1.1406	NL	0.00
46	12.70	301.30	211.0788	0.6883	18.4567	1.1401	NL	0.00
47	12.90	306.10	213.9175	0.6837	18.3334	1.1396	NL	0.00
48	13.10	310.90	216.7562	0.6792	18.2127	1.139	NL	0.00
49	13.30	315.70	219.5948	0.6748	18.0947	1.1385	NL	0.00
50	13.50	320.50	222.4335	0.6705	17.9794	1.138	NL	0.00
51	13.70	325.30	225.2722	0.6663	17.8668	1.1374	NL	0.00
52	13.90	330.10	228.1108	0.6621	17.7542	1.1369	NL	0.00
53	14.10	334.90	230.9495	0.658	17.6442	1.1364	NL	0.00
54	14.30	339.70	233.7882	0.654	17.537	1.1358	NL	0.00
55	14.50	344.50	236.6268	0.6501	17.4324	1.1353	NL	0.00
56	14.70	349.30	239.4655	0.6462	17.3278	1.1348	NL	0.00
57	14.90	354.10	242.3042	0.6424	17.2259	1.1342	NL	0.00
58	15.10	358.90	245.1429	0.6387	17.1267	1.1337	NL	0.00

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: EC8 (CPT)
Diagrammi: - qc - Vs - Fs

Committente:
Località:

Data:



10.3.2 –Potenziale liquefazione zona sfioratore

I dati di input per la verifica sono quelli desunti dal sondaggio M5 e CPT 7

Dati generali

Numero di strati = 4
Profondità della falda = 3 m
Magnitudo del sisma = 5.5
Accelerazione massima al suolo = 0.05

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	Sabbia limosa	0	6.6	17.7	19	0	0	4351	71	0
2	Limo argilloso	6.6	8.2	16.8	18.5	0	0	1625	25	0
3	Argilla	8.2	10.4	15	18	0	0	1318	517	0
4	Sabbia limosa	10.4	12.6	18.6	19.5	0	0	11354	295	0

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 2.21

Verifica Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Resistenxa alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F (%)	Indice di comportamento Ic	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio di liquefazione
1	3.20	56.90	54.9387	58.7016	1.6534	2.2279	NL	0	Molto basso
2	3.40	60.70	56.7773	57.7433	1.6549	2.2336	NL	0	Molto basso
3	3.60	64.50	58.616	56.8304	1.6564	2.2392	NL	0	Molto basso
4	3.80	68.30	60.4547	55.9595	1.6578	2.2445	NL	0	Molto basso
5	4.00	72.10	62.2934	55.1275	1.6593	2.2498	NL	0	Molto basso
6	4.20	75.90	64.132	54.3315	1.6608	2.2549	NL	0	Molto basso
7	4.40	79.70	65.9707	53.569	1.6623	2.2599	NL	0	Molto basso
8	4.60	83.50	67.8094	52.8377	1.6637	2.2647	NL	0	Molto basso
9	4.80	87.30	69.648	52.1356	1.6652	2.2694	NL	0	Molto basso
10	5.00	91.10	71.4867	51.4608	1.6667	2.2741	NL	0	Molto basso
11	5.20	94.90	73.3254	50.8115	1.6682	2.2786	NL	0	Molto basso
12	5.40	98.70	75.1641	50.1861	1.6697	2.283	NL	0	Molto basso
13	5.60	102.50	77.0027	49.5834	1.6712	2.2873	NL	0	Molto basso
14	5.80	106.30	78.8414	49.0018	1.6727	2.2915	NL	0	Molto basso
15	6.00	110.10	80.6801	48.4402	1.6742	2.2957	NL	0	Molto basso
16	6.20	113.90	82.5187	47.8975	1.6757	2.2997	NL	0	Molto basso
17	6.40	117.70	84.3574	47.3726	1.6772	2.3037	NL	0	Molto basso
18	6.60	121.50	86.1961	46.8646	1.6787	2.3076	NL	0	Molto basso
19	6.80	125.20	87.9347	17.0558	1.6669	2.6624	NL		
20	7.00	128.90	89.6734	16.6839	1.671	2.671	NL		
21	7.20	132.60	91.4121	16.3261	1.6752	2.6795	NL		
22	7.40	136.30	93.1507	15.9816	1.6793	2.6879	NL		
23	7.60	140.00	94.8894	15.6498	1.6835	2.6962	NL		

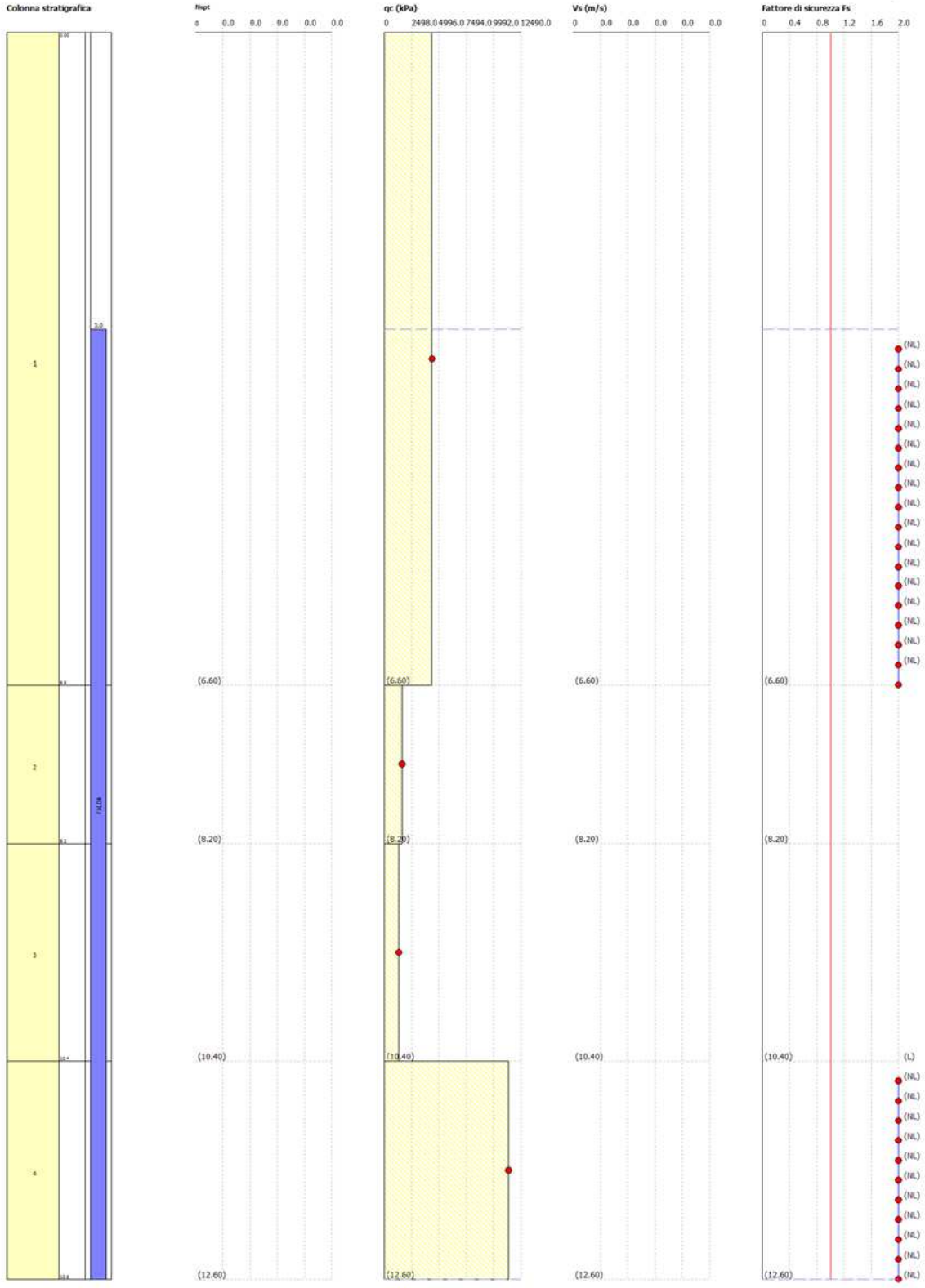
24	7.80	143.70	96.6281	15.3299	1.6877	2.7043	NL		
25	8.00	147.40	98.3668	15.0213	1.6919	2.7124	NL		
26	8.20	151.10	100.1054	14.7235	1.6962	2.7203	NL		
27	8.40	154.70	101.7441				NL	0	Molto basso
28	8.60	158.30	103.3828				NL	0	Molto basso
29	8.80	161.90	105.0214				NL	0	Molto basso
30	9.00	165.50	106.6601				NL	0	Molto basso
31	9.20	169.10	108.2988				NL	0	Molto basso
32	9.40	172.70	109.9374				NL	0	Molto basso
33	9.60	176.30	111.5761				NL	0	Molto basso
34	9.80	179.90	113.2148				NL	0	Molto basso
35	10.00	183.50	114.8534				NL	0	Molto basso
36	10.20	187.10	116.4921				NL	0	Molto basso
37	10.40	190.70	118.1308				NL	0	Molto basso
38	10.60	194.60	120.0695	103.6174	2.6435	2.1937	NL	0	Molto basso
39	10.80	198.50	122.0081	102.7909	2.6444	2.1962	NL	0	Molto basso
40	11.00	202.40	123.9468	101.9838	2.6454	2.1986	NL	0	Molto basso
41	11.20	206.30	125.8855	101.1955	2.6463	2.2009	NL	0	Molto basso
42	11.40	210.20	127.8241	100.4252	2.6472	2.2032	NL	0	Molto basso
43	11.60	214.10	129.7628	99.6721	2.6481	2.2055	NL	0	Molto basso
44	11.80	218.00	131.7015	98.9358	2.6491	2.2078	NL	0	Molto basso
45	12.00	221.90	133.6401	98.2156	2.65	2.21	NL	0	Molto basso
46	12.20	225.80	135.5788	97.5109	2.6509	2.2122	NL	0	Molto basso
47	12.40	229.70	137.5175	96.8211	2.6519	2.2144	NL	0	Molto basso
48	12.60	233.60	139.4561	96.1458	2.6528	2.2166	NL	0	Molto basso

geostru
www.geostru.com
geostru@geostru.com

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: Robertson e Wride
Diagrammi: Nspt - qc - Vs - Fs

Committente:
Località:

Data:



EC8 (CPT) (1998)

Input dati

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	14	8	> 10	C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza
2	50	40	> 10	C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza
3	29	68	> 10	C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza
4	30	15	<= 10	C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 0

Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Resistenza alla punta corretta qc1 (bar)	Coefficiente riduttivo (rd)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	3.20	56.90	54.9387	1.3492	107.4962	0.9755	NL	0.00
2	3.40	60.70	56.7773	1.3271	105.7354	0.974	NL	0.00
3	3.60	64.50	58.616	1.3061	104.0623	0.9725	NL	0.00
4	3.80	68.30	60.4547	1.2861	102.4688	0.9709	NL	0.00
5	4.00	72.10	62.2934	1.267	100.947	0.9694	NL	0.00
6	4.20	75.90	64.132	1.2487	99.489	0.9679	NL	0.00
7	4.40	79.70	65.9707	1.2312	98.0947	0.9663	NL	0.00
8	4.60	83.50	67.8094	1.2144	96.7562	0.9648	NL	0.00
9	4.80	87.30	69.648	1.1982	95.4654	0.9633	NL	0.00
10	5.00	91.10	71.4867	1.1827	94.2305	0.9618	NL	0.00
11	5.20	94.90	73.3254	1.1678	93.0434	0.9602	NL	0.00
12	5.40	98.70	75.1641	1.1534	91.8961	0.9587	NL	0.00
13	5.60	102.50	77.0027	1.1396	90.7966	0.9572	NL	0.00
14	5.80	106.30	78.8414	1.1262	89.7289	0.9556	NL	0.00
15	6.00	110.10	80.6801	1.1133	88.7011	0.9541	NL	0.00
16	6.20	113.90	82.5187	1.1008	87.7052	0.9526	NL	0.00
17	6.40	117.70	84.3574	1.0888	86.7491	0.951	NL	0.00
18	6.60	121.50	86.1961	1.0771	85.8169	0.9495	NL	0.00
19	6.80	125.20	87.9347	1.0664	86.645	0.948	NL	0.00
20	7.00	128.90	89.6734	1.056	85.80	0.9465	NL	0.00
21	7.20	132.60	91.4121	1.0459	84.9794	0.9449	NL	0.00
22	7.40	136.30	93.1507	1.0361	84.1831	0.9434	NL	0.00
23	7.60	140.00	94.8894	1.0266	83.4113	0.9419	NL	0.00
24	7.80	143.70	96.6281	1.0173	82.6556	0.9403	NL	0.00
25	8.00	147.40	98.3668	1.0083	81.9244	0.9388	NL	0.00
26	8.20	151.10	100.1054	0.9995	81.2094	0.9373	NL	0.00
27	8.40	154.70	101.7441	0.9914			NL	0.00
28	8.60	158.30	103.3828	0.9835			NL	0.00
29	8.80	161.90	105.0214	0.9758			NL	0.00
30	9.00	165.50	106.6601	0.9683			NL	0.00

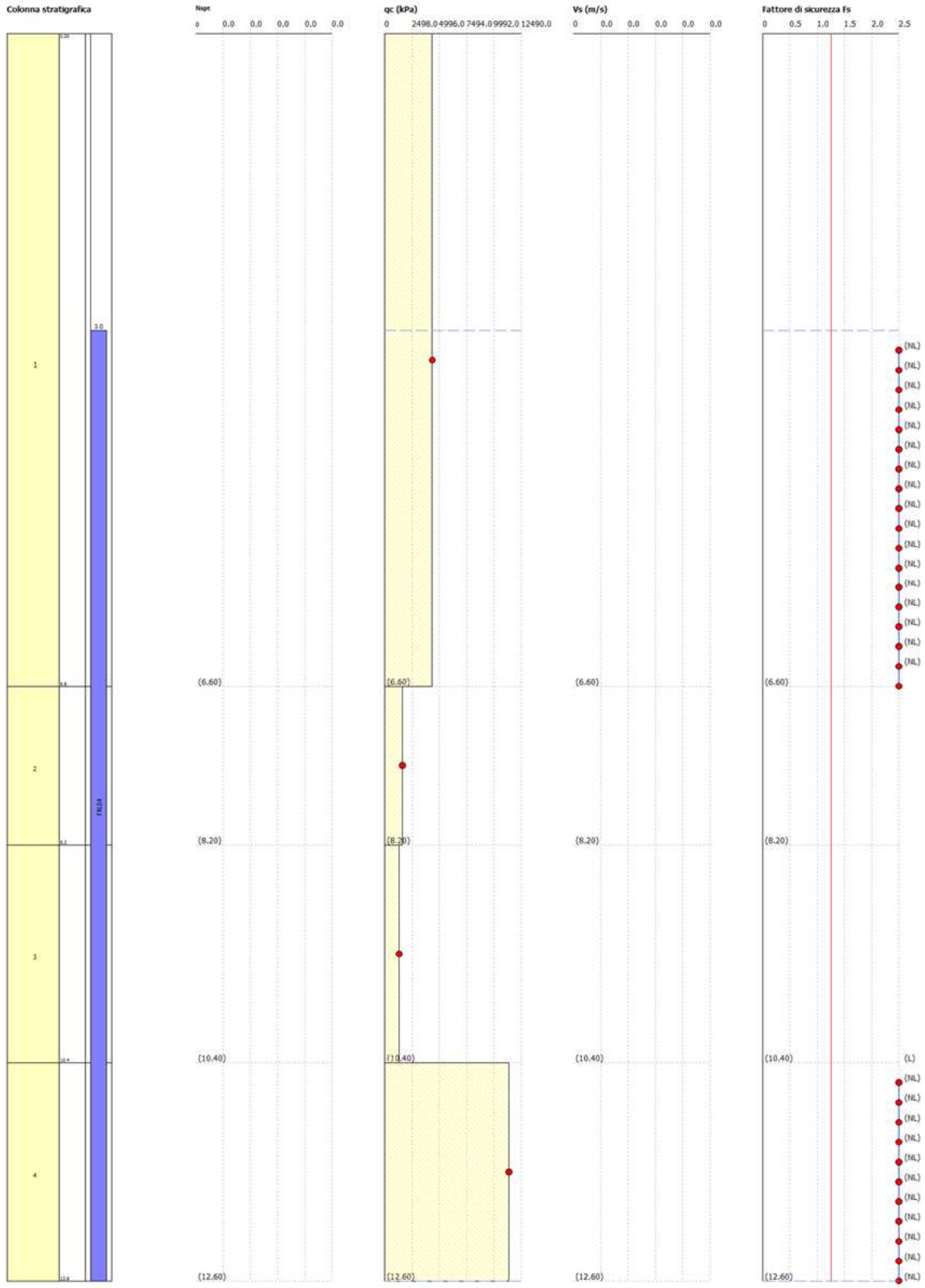
31	9.20	169.10	108.2988	0.9609			NL	0.00
32	9.40	172.70	109.9374	0.9537			NL	0.00
33	9.60	176.30	111.5761	0.9467			NL	0.00
34	9.80	179.90	113.2148	0.9398			NL	0.00
35	10.00	183.50	114.8534	0.9331			NL	0.00
36	10.20	187.10	116.4921	0.9265			NL	0.00
37	10.40	190.70	118.1308	0.9201			NL	0.00
38	10.60	194.60	120.0695	0.9126	518.083	1.1457	NL	0.00
39	10.80	198.50	122.0081	0.9053	513.9388	1.1452	NL	0.00
40	11.00	202.40	123.9468	0.8982	509.9081	1.1446	NL	0.00
41	11.20	206.30	125.8855	0.8913	505.991	1.1441	NL	0.00
42	11.40	210.20	127.8241	0.8845	502.1307	1.1436	NL	0.00
43	11.60	214.10	129.7628	0.8779	498.3838	1.143	NL	0.00
44	11.80	218.00	131.7015	0.8714	494.6938	1.1425	NL	0.00
45	12.00	221.90	133.6401	0.865	491.0605	1.142	NL	0.00
46	12.20	225.80	135.5788	0.8588	487.5408	1.1414	NL	0.00
47	12.40	229.70	137.5175	0.8527	484.0778	1.1409	NL	0.00
48	12.60	233.60	139.4561	0.8468	480.7284	1.1404	NL	0.00

geostru
www.geostru.com
geostru@geostru.com

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: EC8 (CPT)
Diagrammi: Nspt - qc - Vs - Fs

Committente:
Località:

Data:



11 - CONCLUSIONI

Le indagini di campagna sono state svolte secondo il programma dei lavori concordato fra la D.L. e la Committenza.

I sondaggi effettuati, come pure le indagini geofisiche, hanno evidenziato una discreta variabilità nella geometria deposizionale dei tipi litologici sia in senso orizzontale che verticale.

Le prove di permeabilità tipo LeFranc, effettuate nei fori di sondaggio, hanno fornito valori di k compresi fra 10^{-4} e < 10^{-6} cm/s. Solo nel caso di livelli ghiaiosi intercalati alle argille e/o limi sabbiosi o sabbie limosesi è riscontrato permeabilità dell'ordine di 10^{-3} cm/s.

Le elaborazioni dei parametri determinati in laboratorio geotecnico integrate con quelle derivanti dalle prove penetrometriche e dalle indagini elettriche (ELETOM) hanno consentito di proporre una modellizzazione geotecnica ed individuare i parametri caratteristici secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia.

Le indagini cross-hole hanno permesso di indivisuare due profili litologici ai fini sismici:

- suolo di tipo C nell'area della Gora delle Ferriere
- suolo di tipo D nell'area della vasca di laminazione

Tali indicazioni sono state utilizzate ai fini della modellizzazione geotecnica e delle verifiche condotte.

La modellizzazione geotecnica ha consentito anche di effettuare verifiche di stabilità degli argini della vasca e della sistemazione morfologica prevista nella zona nord della vasca di laminazione. Le verifiche hanno fornito coefficienti di sicurezza superiori ai minimi previsti dalle vigenti normative in materia.

Sono state valutate anche le condizioni di resistenza a rottura e cedimento del terreno di imposta dell'argine sud della cassa di laminazione. La verifica a rottura ha fornito coefficienti di sicurezza nel pieno rispetto della vigente normativa ion materia (anche in condizioni sismiche). Per ciò che concerne i cedimenti per consolidazione, nell'attuale situazione, vista la presenza di notevoli spessori di terreni neogenici, abbiamo ottenuto valori dell'ordine del 20 cm. Tale valore può essere notevolmente attenuato operando preliminarmente un costipamento del terreno di fondazione.

Il livello piezometrico, ricostruito mediante l'utilizzo delle misure freatimetriche eseguite nei fori di sondaggio e nei piezometri, mostra la presenza di una falda freatica, con deflusso verso il dreno presente (F. Pecora), la cui profondità è variabile dai 4 agli 8 m dal piano di campagna (periodo secco).

Le prove Proctor evidenziano che con un 20% di umidità (medio) si riesce ad ottenere una densità secca superiore all'80% del Maximum.

Il materiale per la realizzazione dell'argine verrà reperito dall'area in cui è prevista la realizzazione di una vasca nella zona nord della cassa di laminazione. In tale area, in corrispondenza del sondaggio M5 e del prelievo Proctor 1 è presente una copertura di circa 4 m di terreno sabbio ghiaioso in matrice limoso argillosa con permeabilità dell'ordine di 10^{-3} cm/s, mentre fino alla quota di fondo della vasca (-8 m dal p.c attuale) è presente un litotopo decisamente argilloso. La copertura sabbio ghiaiosa in matrice limoso argillosa tende ad assottigliarsi in direzione ovest ed in direzione sud, come riscontrato nel saggio per il prelievo Proctor 3.

Le analisi chimiche hanno consentito di caratterizzare l'acquifero presente nell'area di studio ed in un suo intorno significativo. Le acque in esame sono solfate e bicarbonate. Molto probabilmente l'acqua originaria è solfata che passa a bicarbonata per apporto di acque meteoriche di infiltrazione. L'origine solfata, quindi profonda, delle acque è convalidata dagli indici di saturazione in ematite, goetite e quarzo che lasciano supporre azione di fluidi idrotermali associati a mineralizzazioni profonde.

Considerato il livello piezometrico, la granulometria dei terreni e le loro caratteristiche fisico meccaniche, sono state effettuate due valutazioni del potenziale di liquefazione in caso di passaggio di treni d'onde. Le due verifiche sono state effettuate in corrispondenza dei manufatti più significativi: argine sude della vasca di laminazione e sfioratore. In entrambi i casi abbiamo ottenuto indici di potenziale liquefazione nulli.

In relazione alle risultanze delle indagini effettuate ed alle verifiche condotte, si forniscono le seguenti indicazioni ai fini della redazione del progetto esecutivo e/o esecuzione dei lavori:

- il setto impermeabile previsto per l'argine sud della vasca di laminazione dovrà raggiungere il livello di argille (arg) presente in maniera piuttosto continua alla profondità di 5-6 m.
- l'argine di valle della cassa di laminazione dovrà essere realizzato con un nucleo costituito dal materiale più argilloso adeguatamente costipato e proveniente dalla zona di scavo a nord; ai lati del nucleo dell'argine potrà essere utilizzato anche materiale più limo-sabbioso o sabbio-limoso. Il costipamento dei materiali dovrà evvenire in funzione di quanto determinato mediante le prove Proctor;
- il terreno che ospiterà la fondazione dell'argine dovrà essere costipato in maniera da minimizzare il cedimento di consolidazione; in alternativa potrebbe essere previsto un geotessuto con funzione di ripartitore di carichi;
- le scarpate della depressione che sarà creata a nord della vasca di laminazione non dovranno avere pendenze superiori a 20 – 22° in modo da garantirne la stabilità, anche in condizioni sismiche, a lungo termine e la loro morfologia dovrà essere di tipo gradonato;
- le scarpate della Gora delle Ferriere non dovranno avere pendenze superiori a 45° in modo da garantirne la stabilità, anche in condizioni sismiche, a lungo termine;
- il ringrosso arginale dovrà essere effettuato utilizzando terreno argilloso o limo sabbioso in modo da garantirne la impermeabilità;
- mantenere efficienti i piezometri per eventuali controlli ambientali;
- il ringrosso arginale degli argini del F. pecora dovrà avvenire con i terreni a bassa permeabilità (10^{-5} cm/s) riferibili ali limi argillosi e/o alle argille. Il materiale dovrà essere adeguatamente costipato in modo da garantire, oltre alle caratteristiche idrauliche, anche quelle fisico meccaniche.

Follonica Giugno 2013

consorzio di bonifica alta maremma

INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE, GEOFISICHE E CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DELLE ACQUE A SUPPORTO AL PROGETTO FINALIZZATO ALLA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL "FIUME PECORA" E DELLA "GORA DELLE FERRIERE" NEI COMUNI DI SCARLINO E MASSA MARITTIMA – PROVINCIA DI GROSSETO

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO
RELAZIONE INTEGRATIVA

Gruppo di lavoro: Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti — Coordinatore e D.L. per le indagini

Dr. Geol, Stefano Bianchi

Dr. Chim. Sara Fanciulletti

Dr. Geol. Jacopo Sabatini

Lugio 2013

STUDIO TECNICO ASSOCIATO
STALF
p.i. e c.f 01389340538

DR. F. FANCIULLETTI - GEOLOGO
DR. L. MACII - ARCHITETTO
Via A. Meucci, 4 - 58022 FOLLONICA (GR) Tel e fax 0566 090075
E-mail Geolfab@hotmail.it PEC
studiostalf@epap.sicurezzapostale.it
Cell. 338 6281063

La presente nota integrativa riguarda essenzialmente:

- Verifica di stabilità argine cassa in condizione di rapido svuotamento
- Verifica argine PECORA con battente idraulico a livello vecchio argine lato cassa e lato fiume
- Verifica capacità portante e cedimenti in concomitanza dell'argine est della cassa

1. INTEGRAZIONI ALLE VERIFICHE DI STABILITA'

1.1 Verifica di stabilità delle scarpate argine cassa - rapido svuotamento

La verifica di stabilità dell'argine è stata effettuata non considerando il setto plastico (a favore della sicurezza) e quindi in condizioni di totale saturazione del sistema.

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_o F$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_o: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \, S_T \, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	42.9577793593336/10.8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

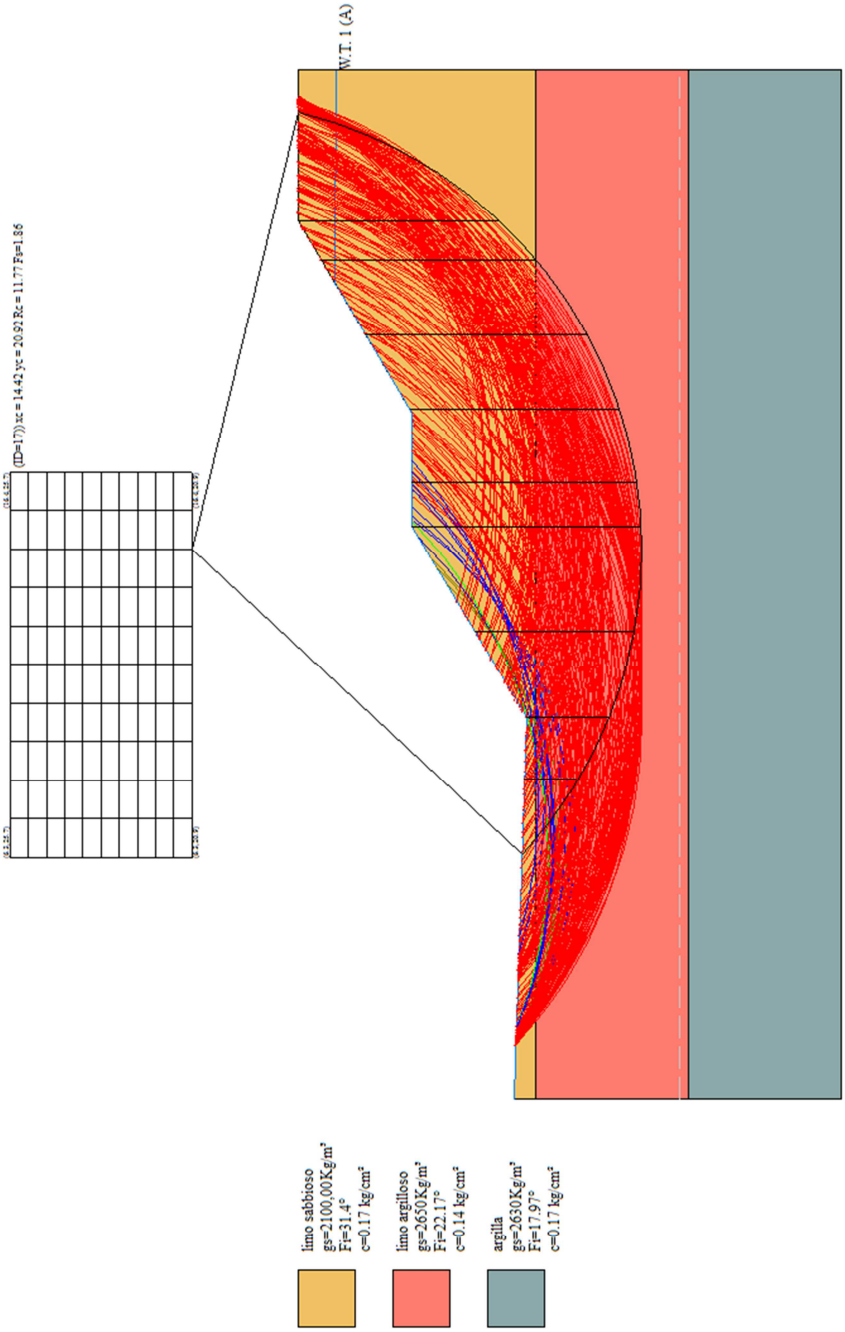
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6.35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20.92 m
Ascissa vertice destro superiore xs	16.43 m
Ordinata vertice destro superiore ys	25.69 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno[anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.27	2.61	0.19
S.L.D.	201.0	0.33	2.65	0.21
S.L.V.	1898.0	0.63	2.78	0.28
S.L.C.	2475.0	0.75	2.82	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.486	0.2	0.0099	0.005
S.L.D.	0.594	0.2	0.0121	0.0061
S.L.V.	1.134	0.2	0.0231	0.0116
S.L.C.	1.35	0.2	0.0275	0.0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.023
Coefficiente azione sismica verticale 0.01 2

Vertici profilo

N	X (m)	Y (m)
1	0.0	12.47
2	10.0	12.15
3	15.0	15.15
4	18.0	15.15
5	23.0	18.15
6	27.0	18.1 5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	12.47
2	10.0	12.15
3	15.0	15.15
4	18.0	15.15
5	21.29	17.11
6	21.29	17.11
7	21.37	17.16
8	27.0	17.1 5

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	11.9
2	10.0	11.9
3	15.0	11.9
4	18.0	11.9
5	23.0	11.9
6	27.0	11. 9

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	7.9
2	10.0	7.9
3	15.0	7.9
4	18.0	7.9
5	23.0	7.9
6	27.0	7.9

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25
Coesione efficace 1.25
Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

========== =

Stratigrafia
c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0.17		31.4	2100	2100,00	0.00	limo sabbioso	
2	0.14		22.17	2650	2650	0.00	limo argilloso	
3	0.17		17.97	2630	2630	0.00	argilla	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]
==========

Fs minimo individuato	1.86
Ascissa centro superficie	14.42 m
Ordinata centro superficie	20.92 m
Raggio superficie	11.77 m

==========

(ID=17) xc = 14.416 yc = 20.921 Rc = 11.771 Fs=1.858

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.94	-36.7	2.42	3615.02	83.15	43.38	0.11	18.1	0.0	6650.4	3575.3
2	1.62	-26.4	1.81	7487.21	172.21	89.85	0.11	18.1	0.0	9893.0	3440.4
3	2.26	-16.3	2.36	18119.95	416.76	217.44	0.11	18.1	0.0	20473.5	5695.6
4	2.74	-3.8	2.74	33699.96	775.1	404.4	0.11	18.1	0.0	34337.9	8389.7
5	1.15	5.7	1.15	16025.91	368.6	192.31	0.11	18.1	0.0	15731.2	3786.0
6	1.94	13.3	2.02	5782.71	593.0	309.39	0.11	18.1	0.0	25050.4	6272.5
7	1.94	23.3	2.11	25080.98	576.86	300.97	0.11	18.1	0.0	24679.3	6655.8
8	1.94	34.2	2.35	24377.05	560.67	292.52	0.11	18.1	0.0	25157.3	7686.4
9	1.03	43.4	1.41	11841.37	272.35	142.1	0.14	26.0	0.0	11981.8	6276.5
10	2.86	61.6	6.01	20503.89	471.59	246.05	0.14	26.0	0.0	22383.5	23566.7

1.2 Verifica di stabilità ringrosso arginale sez. PE10 in fase di piena del F. Pecora

La verifica di stabilità dell'argine del Pecora è stata effettuata in corrispondenza della sezione di maggior ringrosso in modo da ottenere una valutazione cautelativa.

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di Bishop a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_o F$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_o: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti Ko e Kv in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_o$$

Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
$\mathbf{a_{max}}$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \, S_T \, a_g$$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R/\ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le

superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m□n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Lato Cassa di laminazione

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Zona	Scopaione
Lat./Long.	42.9577793593336/10.8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

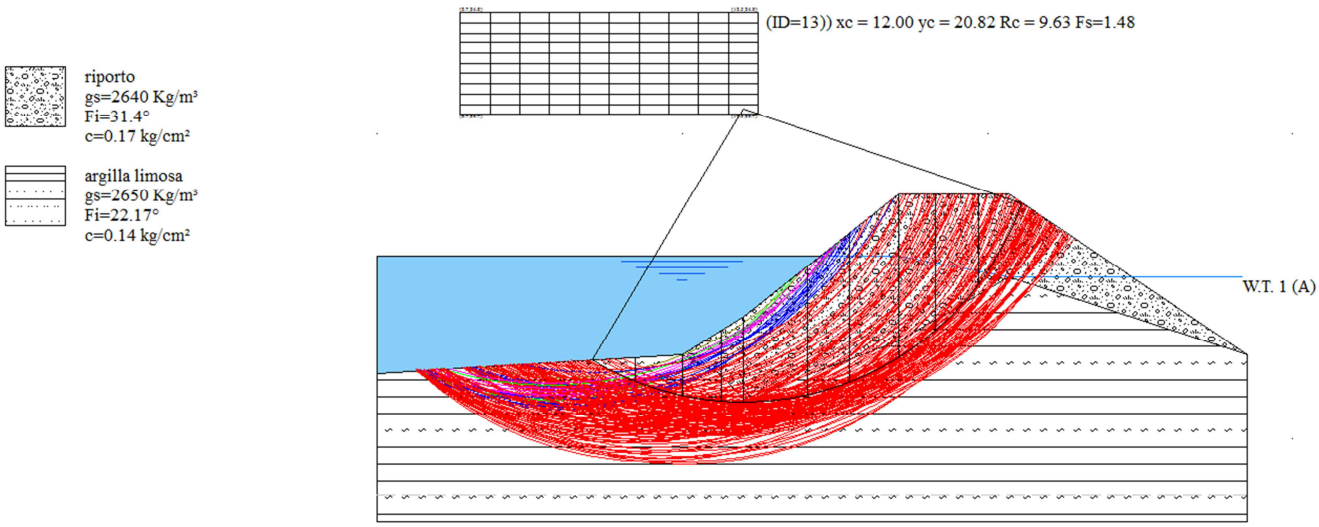
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2.71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20.65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12.49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	23.99 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.27	2.61	0.19
S.L.D.	201.0	0.33	2.65	0.21
S.L.V.	1898.0	0.63	2.78	0.28
S.L.C.	2475.0	0.75	2.82	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.486	0.2	0.0099	0.005
S.L.D.	0.594	0.2	0.0121	0.0061
S.L.V.	1.134	0.2	0.0231	0.0116
S.L.C.	1.35	0.2	0.0275	0.0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0231
Coefficiente azione sismica verticale 0.011 6

Vertici profilo

N	X (m)	Y (m)
1	0.0	12.14
2	10.0	12.74
3	11.19	13.5
4	12.0	14.0
5	17.09	18.0
6	20.7	18.0
7	28.5	12.7 5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	16.0
2	10.0	16.0
3	11.19	16.0
4	12.0	16.0
5	17.09	16.0
6	20.65	15.31
7	28.38	15.3 1

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	12.14
2	10.0	12.74
3	11.19	12.14
4	12.0	11.29
5	17.09	13.2
6	20.7	15.31
7	28.5	12.75

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25
Coesione efficace 1.25
Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

========== =

Stratigrafia
c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1940	2640	0.00	riporto
2	0.14		22.17	1970	2650	0.00	argilla limosa

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.48
Ascissa centro superficie	12.0 m
Ordinata centro superficie	20.82 m
Raggio superficie	9.63 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=13) xc = 11.999 yc = 20.818 Rc = 9.631 Fs=1.48

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.41	-26.3	1.57	989.82	22.86	11.48	0.11	18.1	0.0	2081.4	2204.2
2	1.55	-16.8	1.62	2811.38	64.94	32.61	0.11	18.1	0.0	3675.0	2552.3
3	1.26	-8.2	1.28	3863.9	89.26	44.82	0.11	18.1	0.0	4230.9	2299.7
4	0.74	-2.2	0.74	3119.33	72.06	36.18	0.11	18.1	0.0	3179.3	1510.6
5	2.08	6.2	2.09	12189.46	281.58	141.4	0.11	18.1	0.0	11716.2	5023.7
6	1.41	16.9	1.47	16878.89	389.9	195.8	0.11	18.1	0.0	15954.8	5800.0
7	1.6	26.6	1.79	20379.88	470.78	236.41	0.11	18.1	0.0	19407.8	7553.5
8	1.21	36.4	1.51	14038.29	324.28	162.84	0.11	18.1	0.0	13753.7	6212.8
9	1.41	47.0	2.07	11746.83	271.35	136.26	0.11	18.1	0.0	11858.0	7348.3
10	1.41	62.2	3.02	5097.64	117.76	59.13	0.14	26.0	0.0	2637.4	9377.4

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Zona	Scopaione
Lat./Long.	42.9577793593336/10.8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2.71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20.65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12.49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	23.99 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

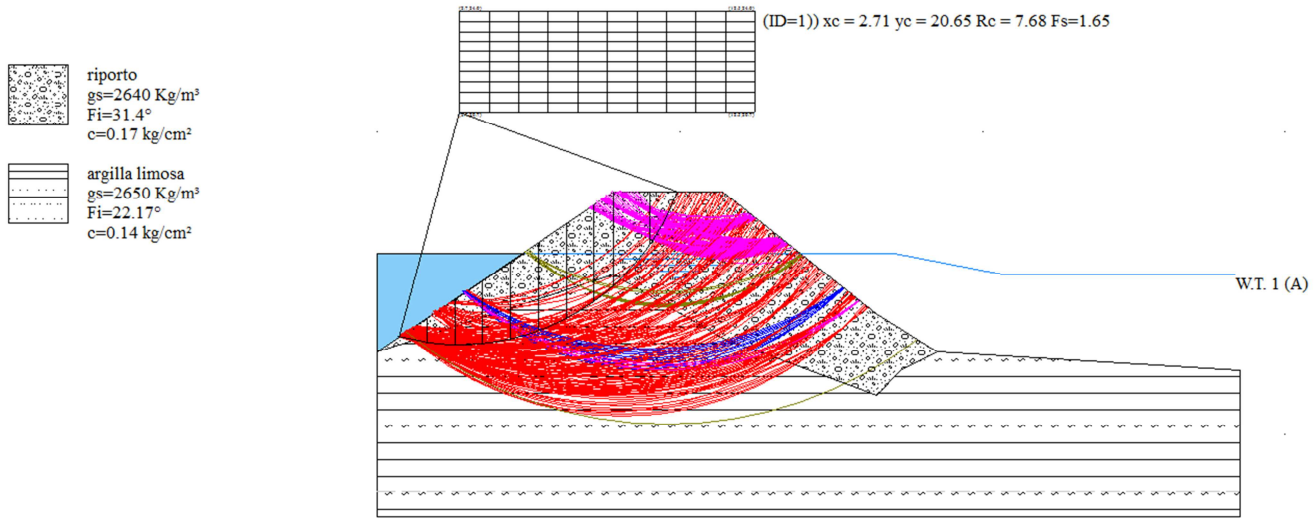
Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

Lato Fiume Pecora



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.27	2.61	0.19
S.L.D.	201.0	0.33	2.65	0.21
S.L.V.	1898.0	0.63	2.78	0.28
S.L.C.	2475.0	0.75	2.82	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.486	0.2	0.0099	0.005
S.L.D.	0.594	0.2	0.0121	0.0061
S.L.V.	1.134	0.2	0.0231	0.0116
S.L.C.	1.35	0.2	0.0275	0.0138

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0231
Coefficiente azione sismica verticale	0.011 6

Vertici profilo

N	X (m)	Y (m)
1	0.0	12.75

2	7.8	18.0
3	11.41	18.0
4	16.5	14.0
5	17.31	13.5
6	18.5	12.74
7	28.5	12.1 4

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	16.0
2	10.0	16.0
3	11.19	16.0
4	12.0	16.0
5	17.09	16.0
6	20.65	15.31
7	28.38	15.3 1

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	12.75
2	7.8	15.31
3	11.41	13.2
4	16.5	11.29
5	17.31	12.14
6	18.5	12.74
7	28.5	12.14

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1940	2640	0.00	riporto
2	0.14		22.17	1970	2650	0.00	argilla limosa

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

Fs minimo individuato	1.65
Ascissa centro superficie	2.71 m
Ordinata centro superficie	20.65 m
Raggio superficie	7.68 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=1) xc = 2.712 yc = 20.651 Rc = 7.677 Fs=1.652

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)

1	0.92	-11.5	0.94	629.82	14.55	7.31	0.11	18.1	0.0	838.6	981.3
2	0.92	-4.6	0.92	1762.16	40.71	20.44	0.11	18.1	0.0	1862.9	1194.8
3	0.92	2.3	0.92	2725.27	62.95	31.61	0.11	18.1	0.0	2671.7	1381.8
4	0.92	9.2	0.93	3520.35	81.32	40.84	0.11	18.1	0.0	3315.9	1562.6
5	0.92	16.3	0.96	6646.41	153.53	77.1	0.11	18.1	0.0	6263.6	2356.0
6	0.92	23.6	1.0	6942.05	160.36	80.53	0.11	18.1	0.0	6542.6	2580.5
7	0.92	31.4	1.08	6886.55	159.08	79.88	0.11	18.1	0.0	6581.8	2850.4
8	0.64	38.5	0.82	4536.5	104.79	52.62	0.11	18.1	0.0	4431.0	2189.8
9	1.2	48.2	1.8	6244.74	144.25	72.44	0.14	26.0	0.0	5287.9	5479.7
10	0.92	62.4	1.98	1810.14	41.81	21.0	0.14	26.0	0.0	96.9	4296.8

2. INTEGRAZIONE CALCOLO CEDIMENTI ARGINALI (argine est)

2.1 Verifica carico a rottura e cedimento

L'argine viene di seguito verificato in relazione al carico di rottura che può essere indotto sul terreno di fondazione ed i relativi cedimenti in funzione della stratigrafia elaborata per le sezioni geotecniche.

Il carico indotto sul terreno di fondazione è stato stimato in 0.3 kg/cm², considerato che il peso di volume del terreno da mettere in posto è di circa 1.7 t/mc per un'altezza di m 2.28.

Ai fini del calcolo si considera una fondazione semirigida, incastrata in un terreno in posto che ha subito un costipamento importante e che quindi funziona da ripartitore di carichi.

Di seguito si riporta la relazione di calcolo. Per la stratigrafia del terreno è stato preso come riferimento il sondaggio S8 eseguito dalla Geofield s.r.l. nel 2007

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2008
Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
Eurocodice 7
Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
Eurocodice 8
Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU TERRENI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

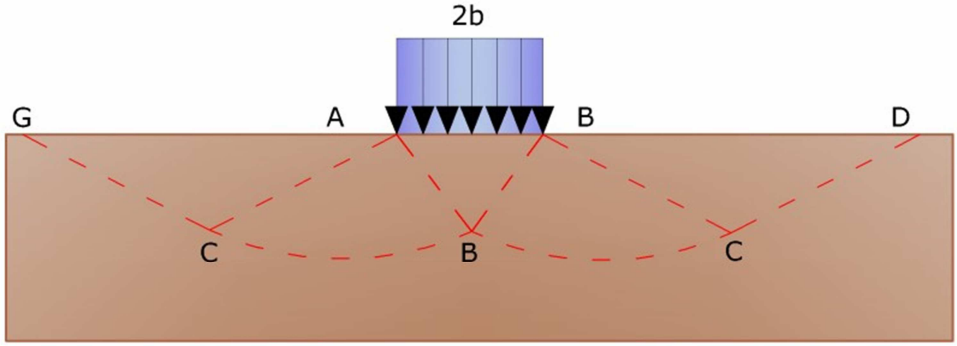
Prandtl ha studiato il problema della rottura di un semispazio elastico per effetto di un carico applicato sulla sua superficie con riferimento all'acciaio, caratterizzando la resistenza a rottura con una legge del tipo:
$\tau = c + \sigma \times tg\ \varphi$ *valida anche per i terreni.*

Le ipotesi e le condizioni introdotte dal Prandtl sono le seguenti:

- Materiale privo di peso e quindi $\gamma=0$
- Comportamento rigido - plastico
- Resistenza a rottura del materiale esprimibile con la relazione $\tau=c+\sigma\times tg\varphi$
- Carico uniforme, verticale ed applicato su una striscia di lunghezza infinita e di larghezza 2b (stato di deformazione piana)
- Tensioni tangenziali nulle al contatto fra la striscia di carico e la superficie limite del semispazio.

All'atto della rottura si verifica la plasticizzazione del materiale racchiuso fra la superficie limite del semispazio e la superficie *GFBCD.*

Nel triangolo *AEB* la rottura avviene secondo due famiglie di segmenti rettilinei ed inclinati di $45°+\varphi/2$ rispetto all'orizzontale.
Nelle zone *ABF e EBC* la rottura si produce lungo due famiglie di linee, l'una costituita da segmenti rettilinei passanti rispettivamente per i punti *A* ed *E* e l'altra da archi di de famiglie di spirali logaritmiche.
I poli di queste sono i punti *A* ed *E*. Nei triangoli *AFG e ECD* la rottura avviene su segmenti inclinati di $\pm(45°+\varphi/2)$ rispetto alla verticale.



Meccanismo di rottura di Prandl

Individuato così il volume di terreno portato a rottura dal carico limite, questo può essere calcolato scrivendo la condizione di equilibrio fra le forze agenti su qualsiasi volume di terreno delimitato in basso da una qualunque delle superfici di scorrimento.

Si arriva quindi ad una equazione q =B $\times$ c, dove il coefficiente B dipende soltanto dall'angolo di attrito φ del terreno.

$$B=\cot g\varphi\left[e^{\pi tg\varphi}\,tg^{2}(45°+\varphi/2)-1\right]$$

Per φ =0 il coefficiente B risulta pari a 5.14, quindi q=5.14 $\times$ c.

Nell'altro caso particolare di terreno privo di coesione (c=0, $\gamma\neq0$) risulta q=0, secondo la teoria di **Prandtl**, non sarebbe dunque possibile applicare nessun carico sulla superficie limite di un terreno incoerente.

Da questa teoria, anche se non applicabile praticamente, hanno preso le mosse tutte le ricerche ed i metodi di calcolo successivi.

Infatti ***Caquot*** si pose nelle stesse condizioni di Prandtl ad eccezione del fatto che la striscia di carico non è più applicata sulla superficie limite del semispazio, ma a una profondità h, con $h \leq 2b$; il terreno compreso tra la superficie e la profondità h ha le seguenti caratteristiche*: $\gamma \neq 0$, $\varphi = 0$, $c = 0$*
e cioè sia un mezzo dotato di peso ma privo di resistenza.

Risolvendo le equazioni di equilibrio si arriva all'espressione:

$$q = A \times \gamma 1 + B \times c$$

che è sicuramente è un passo avanti rispetto a Prandtl, ma che ancora non rispecchia la realtà.

Metodo di Terzaghi (1955)
Terzaghi, proseguendo lo studio di Caquot, ha apportato alcune modifiche per tenere conto delle effettive caratteristiche dell'insieme opera di fondazione-terreno.

Sotto l'azione del carico trasmesso dalla fondazione il terreno che si trova a contatto con la fondazione stessa tende a sfuggire lateralmente, ma ne è impedito dalle resistenze tangenziali che si sviluppano fra la fondazione ed il terreno. Ciò comporta una modifica dello stato tensionale nel terreno posto direttamente al di sotto della fondazione; per tenerne conto ***Terzaghi*** assegna ai lati AB ed EB del cuneo di Prandtl una inclinazione ψ rispetto all'orizzontale, scegliendo il valore di □ in funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno al contatto terreno-opera di fondazione.
L'ipotesi □2 =0 per il terreno sotto la fondazione viene così superata ammettendo che le superfici di rottura restino inalterate, l'espressione del carico limite è quindi:

$$q = A \times \gamma \times h + B \times c + C \times \gamma \times b$$

in cui C è un coefficiente che risulta funzione dell'angolo di attrito □ del terreno posto al di sotto del piano di posa e dell'angolo □ prima definito;
b è la semilarghezza della striscia.
Inoltre, basandosi su dati sperimentali, *Terzaghi* passa dal problema piano al problema spaziale introducendo dei fattori di forma.

Un ulteriore contributo è stato apportato da *Terzaghi* sull'effettivo comportamento del terreno.
Nel metodo di Prandtl si ipotizza un comportamento del terreno rigido-plastico, *Terzaghi* invece ammette questo comportamento nei terreni molto compatti.
In essi, infatti, la curva carichi-cedimenti presenta un primo tratto rettilineo, seguito da un breve tratto curvilineo (comportamento elasto-plastico); la rottura è istantanea ed il valore del carico limite risulta chiaramente individuato (rottura generale).
In un terreno molto sciolto invece la relazione carichi-cedimenti presenta un tratto curvilineo accentuato fin dai carichi più bassi per effetto di una rottura progressiva del terreno (rottura locale); di conseguenza l'individuazione del carico limite non è così chiara ed evidente come nel caso dei terreni compatti.

Per i terreni molto sciolti, Terzaghi consiglia di prendere in considerazione il carico limite il valore che si calcola con la formula precedente introducendo però dei valori ridotti delle caratteristiche meccaniche del terreno e precisamente:

$$tg\varphi rid = 2/3 \times tg\varphi \text{ e } crid = 2/3 \times c$$

Esplicitando i coefficienti della formula precedente, la formula di Terzaghi può essere scritta:

$$qult = c \times Nc \times sc + \gamma \times D \times Nq + 0.5 \times \gamma \times B \times N\gamma \times s\gamma$$
dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2(45+\varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi-\varphi/2)\tan\varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\varphi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\varphi} - 1\right)$$

Formula di Meyerhof (1963)

Meyerhof propose una formula per il calcolo del carico limite simile a quella di *Terzaghi*.; le differenze consistono nell'introduzione di ulteriori coefficienti di forma.

Egli introdusse un coefficiente sq che moltiplica il fattore Nq, fattori di profondità di e di pendenza ii per il caso in cui il carico trasmesso alla fondazione è inclinato sulla verticale.

I valori dei coefficienti N furono ottenuti da Meyerhof ipotizzando vari archi di prova BF (v. meccanismo Prandtl) , mentre il taglio lungo i piani AF aveva dei valori approssimati.
I fattori di forma tratti da Meyerhof sono di seguito riportati, insieme all'espressione della formula.

Carico verticale $q_{ult} = c \times N_c \times s_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$

Carico inclinato $q_{ult} = c \times N_c \times i_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times i_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times i_\gamma \times d_\gamma$

$$N_q = e^{\pi\tan\varphi}\tan^2(45+\varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1.4\varphi)$$

fattore di forma:

$$s_c = 1 + 0.2k_p\frac{B}{L} \qquad \text{per } \varphi > 10$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1k_p\frac{B}{L} \qquad \text{per } \varphi = 0$$

fattore di profondità:

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{k_p}\frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{k_p}\frac{D}{B} \qquad \text{per } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \qquad \text{per } \varphi = 0$$

inclinazione:

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \qquad \text{per } \varphi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \qquad \text{per } \varphi = 0$$

dove :
Kp = *tan2(45°+φ/2)*
θ = *Inclinazione della risultante sulla verticale.*

Formula di Hansen (1970)
E' una ulteriore estensione della formula di *Meyerhof*; le estensioni consistono nell'introduzione di bi che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore gi per terreno in pendenza.
La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto *D/B*, quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Per valori D/B>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)^2 \tan^{-1}\frac{D}{B}$$

Nel caso φ = 0

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*
d'c	*0*	*0.40*	*0.33*	*0.44*	*0.55*	*0.59*	*0.61*	*0.62*

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando φ=0.

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \qquad \text{per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4k$$
$$d_c = 1 + 0.4k$$
$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi)k$$
$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \varphi$$
$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \le 1$$
$$k = \tan^{-1}\frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

Fattori di inclinazione del carico

$$i'_c = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$
$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$
$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5$$
$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$
$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$
$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$
$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\tan\beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$
$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$
$$b_q = \exp(-2\eta\tan\varphi)$$
$$b_q = \exp(-2.7\eta\tan\varphi)$$

Formula di Vesic (1975)

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen, con Nq ed Nc come per la formula di Meyerhof ed Nγ come sotto riportato:

Nγ=2(Nq+1)*tan(φ)

I fattori di forma e di profondità che compaiono nelle formule del calcolo della capacità portante sono uguali a quelli proposti da Hansen; alcune differenze sono invece riportate nei fattori di inclinazione del carico, del terreno (fondazione su pendio) e del piano di fondazione (base inclinata).

Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

Vd ≤ Rd

Dove Vd è il carico di progettto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali , tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Nella valutazione analitica del carico limite di progetto Rd si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

R/A' = (2 + π) cu sc ic +q

Dove:

A' = B' L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

cu Coesione non drenata.

q pressione litostatica totale sul piano di posa.

sc Fattore di forma

sc = 1 + 0,2 (B'/L') per fondazioni rettangolari

sc = 1,2 Per fondazioni quadrate o circolari.

ic Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 0{,}5\left(1+\sqrt{1-H/A'c_u}\right)$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

R/A' = c' Nc sc ic + q' Nq sq iq + 0,5 γ' B' Nγ sγ iγ

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45+\phi'/2\right)$$

$$N_c = \left(N_q - 1\right)\cot\phi'$$

$$N_\gamma = 1.5\left(N_q - 1\right)\tan\phi'$$

Fattori di forma

$s_q = 1+\left(B'/L'\right)\mathrm{sen}\phi'$ per forma rettangolare

$s_q = 1+\mathrm{sen}\phi'$ per forma quadrata o circolare

$s_\gamma = 1-0{,}3\left(B'/L'\right)$ per forma rettangolare

$s_\gamma = 0{,}7$ per forma quadrata o circolare

$s_c = \left(s_q \cdot N_q - 1\right)/\left(N_q - 1\right)$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a L'

iq = ig = 1- H / (V + A' c' cotf')

ic = (iq Nq -1) / (Nq – 1)

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left[1-0{,}7H/\left(V+A'\cdot c'\cdot\cot\phi'\right)\right]^3$$

$$i_\gamma = \left[1-H/\left(V+A'\cdot c'\cdot\cot\phi'\right)\right]^3$$

$$i_c = \left(i_q \cdot N_q - 1\right)/\left(N_q - 1\right)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Metodo di Richards et. Al.

Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio alla Newmark (cfr. Appendice H di "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" – Associazione Geotecnica Italiana). Glia autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite:

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

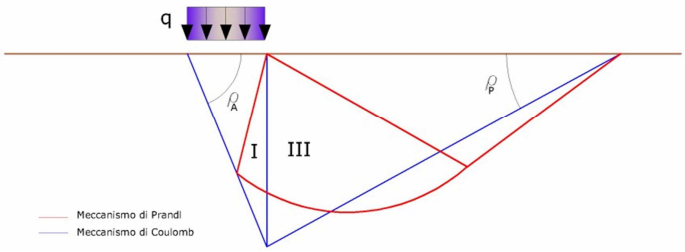
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Esaminando con un approccio da equilibrio limite, un meccanismo alla Coulomb e portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene riguardata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



Schema di calcolo del carico limite (qL)

Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli ρA e ρP che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva KA e KP in funzione dell'angolo di attrito interno f del terreno e dell'angolo di attrito d terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} - \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} + \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

E' comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo ϕ=0.5δ, conduce a valore dei coefficienti di carico limite molto prossimi a quelli basati su un analisi alla Prandtl. Richards et. Al. hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni kh g e kv g, agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a kh γ e kv γ. Sono state così ottenute le estensioni delle espressioni di ρa e ρp, nonché di KA e KP, rispettivamente indicate come ρAE e ρPE e come KAE e KPE per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\left(1+\tan^2(\varphi-\vartheta)\right)\cdot\left[1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot\cot(\varphi-\vartheta)\right]} - \tan(\varphi-\vartheta)}{1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot\left(\tan(\varphi-\vartheta)+\cot(\varphi-\vartheta)\right)} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\left(1+\tan^2(\varphi-\vartheta)\right)\cdot\left[1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot\cot(\varphi-\vartheta)\right]} - \tan(\varphi-\vartheta)}{1+\tan(\delta+\vartheta)\cdot\left(\tan(\varphi-\vartheta)+\cot(\varphi-\vartheta)\right)} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi-\vartheta)}{\cos(\vartheta)\cdot\cos(\delta+\vartheta)\left\{1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi-\vartheta)}{\cos(\delta+\vartheta)}}\right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi-\vartheta)}{\cos(\vartheta)\cdot\cos(\delta+\vartheta)\left\{1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi-\vartheta)}{\cos(\delta+\vartheta)}}\right\}^2}$$

I valori di Nq e Nγ sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli ρAE e ρPE e dei coefficienti KAE e KPE relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo θ definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1-k_v}$$

Nella tabella che segue sono mostrati i fattori di capacità portante calcolati per i seguenti valori dei parametri:

- ϕ = 30° δ = 15

Per diversi valori dei coefficienti di spinta sismica:

kh/(1-kv)	Nq	N□	Nc
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476
0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159

Tabella dei fattori di capacità portante per ϕ=30°

FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del qlim vengono introdotti i fattori correttivi z:

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{tg\phi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove Kh è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti Kh e Kv in dipendenza di vari fattori:

Kh = β×(amax/g)

Kv=±0,5×Kh

β = coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;

amax = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

amax = SS ST ag

SS (effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendi.

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1 (*ST = 1.0*) T2 (*ST = 1.20*) T3(*ST =1.20*) T4(*ST = 1.40*).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

TR=-VR/ln(1-PVR)

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

Kh = agR · γI ·S / (g)

agR =: accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante

γI= fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

ag = agR · γI

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale Kv è definito in funzione di Kh, e vale:

Kv = ± 0.5 ·Kh

CEDIMENTI EDOMETRICI

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita. Pertanto la stima effettuata con questo metodo va considerata come empirica, piuttosto che teorica.

Tuttavia la semplicità d'uso e la facilità di controllare l'influenza dei vari parametri che intervengono nel calcolo, ne fanno un metodo molto diffuso.

L'approccio edometrico nel calcolo dei cedimenti passa essenzialmente attraverso due fasi:

a) il calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità con l'applicazione della teoria dell'elasticità;
b) la valutazione dei parametri di compressibilità attraverso la prova edometrica.

In riferimento ai risultati della prova edometrica, il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

se si tratta di un terreno sovraconsolidato (OCR>1), ossia se l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico non fa superare la pressione di preconsolidazione σ'p ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$ <σ'p).

Se invece il terreno è normalconsolidato (σ'_{v0}=σ'p) le deformazioni avvengono nel tratto di compressione e il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

dove:
RR Rapporto di ricompressione;
CR Rapporto di compressione;
H0 spessore iniziale dello strato;
σ'v0 tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico.
Δσv incremento di tensione verticale dovuto all'applicazione del carico.

In alternativa ai parametri *RR* e *CR* si fa riferimento al modulo edometrico M; in tal caso però occorre scegliere opportunamente il valore del modulo da utilizzare, tenendo conto dell'intervallo tensionale ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$) significativo per il problema in esame.
L'applicazione corretta di questo tipo di approccio richiede:

- la suddivisione degli strati compressibili in una serie di piccoli strati di modesto spessore (< 2.00 m);
- la stima del modulo edometrico nell'ambito di ciascuno strato;
- il calcolo del cedimento come somma dei contributi valutati per ogni piccolo strato in cui è stato suddiviso il banco compressibile.

Molti usano le espressioni sopra riportate per il calcolo del cedimento di consolidazione tanto per le argille quanto per le sabbie di granulometria da fina a media, perché il modulo di elasticità impiegato è ricavato direttamente da prove di consolidazione. Tuttavia, per terreni a grana più grossa le dimensioni dei provini edometrici sono poco significative del comportamento globale dello strato e, per le sabbie, risulta preferibile impiegare prove penetrometriche statiche e dinamiche.

CEDIMENTI ELASTICI

I cedimenti di una fondazione rettangolare di dimensioni B×L posta sulla superficie di un semispazio elastico si possono calcolare in base aduna equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier (1951)):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S}\left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2\right) I_F \qquad (1)$$

dove:
q0 = *Intensità della pressione di contatto*
B' = *Minima dimensione dell'area reagente,*
E e μ = Parametri elastici del terreno.
Ii = *Coefficienti di influenza dipendenti da: L'/B', spessore dello strato H, coefficiente di Poisson μ, profondità del piano di posa D;*

I coefficienti *I1 e I2* si possono calcolare utilizzando le equazioni fornite da *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), in funzione del rapporto *L'/B'* ed H/B, utilizzando *B'=B/2* e *L'=L/2* per i coefficienti relativi al centro e *B'=B* e *L'=L* per i coefficienti relativi al bordo.

Il coefficiente di influenza IF deriva dalle equazioni di *Fox* (1948), che indicano il cedimento si riduce con la profondità in funzione del coefficiente di *Poisson* e del rapporto *L/B*.

In modo da semplificare l'equazione (1) si introduce il coefficiente IS:

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2$$

Il cedimento dello strato di spessore H vale:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S} I_S I_F$$

Per meglio approssimare i cedimenti si suddivide la base di appoggio in modo che il punto si trovi in corrispondenza di uno spigolo esterno comune a più rettangoli. In pratica si moltiplica per un fattore pari a 4 per il calcolo dei cedimenti al centro e per un fattore pari a 1 per i cedimenti al bordo.

Nel calcolo dei cedimenti si considera una profondità del bulbo delle tensioni pari a 5B, se il substrato roccioso si trova ad una profondità maggiore.
A tal proposito viene considerato substrato roccioso lo strato che ha un valore di E pari a 10 volte dello strato soprastante.
Il modulo elastico per terreni stratificati viene calcolato come media pesata dei moduli elastici degli strati interessati dal cedimento immediato.

DATI GENERALI

==========

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	10.8 m
Lunghezza fondazione	50.0 m
Profondità piano di posa	1.0 m
Profondità falda	2.85

==========

SISMA

==========

Accelerazione massima (ag/g)	0.09
Effetto sismico secondo	Paolucci e Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.0181

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

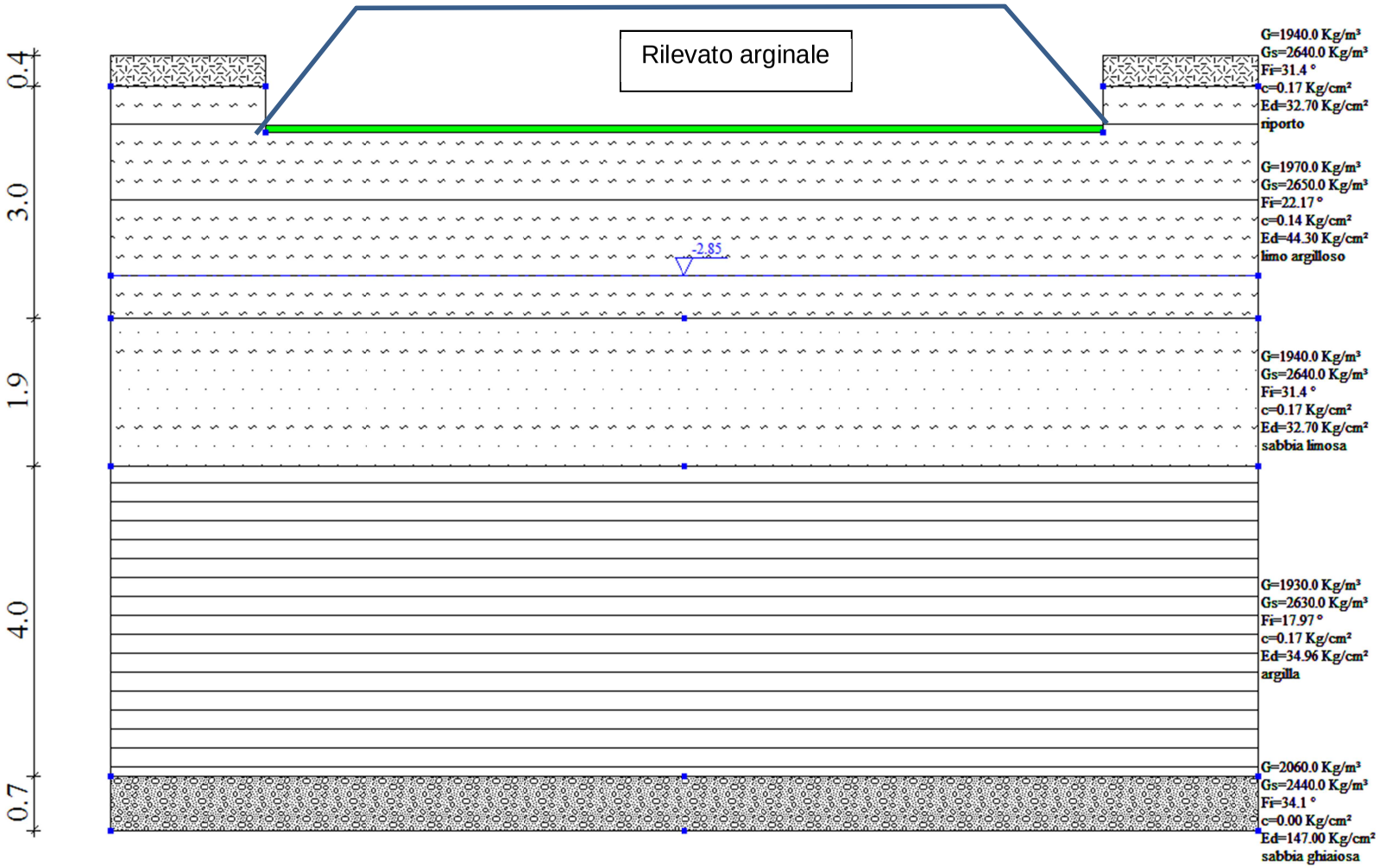
Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.26	2.62	0.19
S.L.D.	201.0	0.31	2.66	0.21
S.L.V.	1898.0	0.59	2.8	0.28
S.L.C.	2475.0	0.7	2.84	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.39	0.2	0.008	0.004
S.L.D.	0.465	0.2	0.0095	0.0047
S.L.V.	0.885	0.2	0.0181	0.009
S.L.C.	1.05	0.2	0.0214	0.0107


Rilevato arginale
0.4
3.0
1.9
4.0
0.7
-2.85
G=1940.0 Kg/m³
Gs=2640.0 Kg/m³
Fi=31.4 °
c=0.17 Kg/cm²
Ed=32.70 Kg/cm²
riporto
G=1970.0 Kg/m³
Gs=2650.0 Kg/m³
Fi=22.17 °
c=0.14 Kg/cm²
Ed=44.30 Kg/cm²
limo argilloso
G=1940.0 Kg/m³
Gs=2640.0 Kg/m³
Fi=31.4 °
c=0.17 Kg/cm²
Ed=32.70 Kg/cm²
sabbia limosa
G=1930.0 Kg/m³
Gs=2630.0 Kg/m³
Fi=17.97 °
c=0.17 Kg/cm²
Ed=34.96 Kg/cm²
argilla
G=2060.0 Kg/m³
Gs=2440.0 Kg/m³
Fi=34.1 °
c=0.00 Kg/cm²
Ed=147.00 Kg/cm²
sabbia ghiaiosa

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m³]	Gams [Kg/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [Kg/cm²]	c Corr. [Kg/cm²]	cu [Kg/cm²]	Ey [Kg/cm²]	Ed [Kg/cm²]	Ni
0.4	1940.0	2640.0	31.4	22.24	0.17	0.1139	0.0	60.0	32.7	0.3
3.0	1970.0	2650.0	22.17	15.27	0.14	0.0938	0.0	45.0	44.3	0.3
1.9	1940.0	2640.0	31.4	22.24	0.17	0.1139	0.0	60.0	32.7	0.3
4.0	1930.0	2630.0	17.97	12.26	0.17	0.1139	0.0	35.0	34.96	0.35
0.7	2060.0	2440.0	34.1	24.4	0.0	0.0	0.0	197.5	147.0	0.3

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A2+M2+R2	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
2	Si	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma
Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	1.98 Kg/cm²
Resistenza di progetto[Rd]	1.1 Kg/cm²
Tensione [Ed]	0.3 Kg/cm²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	6.61
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 0.79 Kg/cm³

A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)
==========

Fattore [Nq]	3.06
Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	0.68
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0

Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.91
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	2.02 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.12 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

==========

Fattore [Nq]	3.39
Fattore [Nc]	10.96
Fattore [Ng]	1.78
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	3.2 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.78 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

==========

Fattore [Nq]	3.06
Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	0.64
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.03
Fattore profondità [Dg]	1.01
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	2.04 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.14 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

==========

Fattore [Nq]	3.06

Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	1.77
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.91
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	3.28 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.82 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

==========

Fattore [Nq]	3.06
Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	0.9
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	2.24 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.24 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

==========

Fattore [Nq]	3.06
Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	0.68
Fattore forma [Sc]	1.07

Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.91
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.99

==========

Carico limite	1.98 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.1 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

==========

Fattore [Nq]	3.39
Fattore [Nc]	10.96
Fattore [Ng]	1.78
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.99

==========

Carico limite	3.12 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.73 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

==========

Fattore [Nq]	3.06
Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	0.64
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.03
Fattore profondità [Dg]	1.01
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.99

==========

Carico limite	2.0 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.11 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.06
Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	1.77
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.91
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.99
Carico limite	3.21 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.78 Kg/cm²
Condzione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.06
Fattore [Nc]	9.45
Fattore [Ng]	0.9
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.99
Carico limite	2.19 Kg/cm²
Resistenza di progetto	1.22 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

CEDIMENTI PER OGNI STRATO
***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 1.63 Kg/cm²
Cedimento dopo T anni 15.0
Cedimento totale 17.74 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws:Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm²)	Dp (Kg/cm²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	2.2	0.432	1.072	Edometrico	5.81	--	5.81
3	4.35	0.807	0.805	Edometrico	4.68	--	4.68
4	7.3	1.289	0.612	Edometrico	7.01	--	7.01
5	9.65	1.665	0.499	Edometrico	0.24	--	0.24

CEDIMENTI ELASTICI
==========
Pressione normale di progetto 0.3 Kg/cm²
Spessore strato 10.0 m
Profondità substrato roccioso 10.0 m
Modulo Elastico 45.0 Kg/cm²
Coefficiente di Poisson 0.3
==========
Coefficiente di influenza I1 0.25
Coefficiente di influenza I2 0.13
Coefficiente di influenza Is 0.32
==========
Cedimento al centro della fondazione 12.88 mm
==========
Coefficiente di influenza I1 0.1
Coefficiente di influenza I2 0.12
Coefficiente di influenza Is 0.17
Cedimento al bordo 3.36 mm
==========

2.2 Verifica cedimento rilevato argine est

Sono stati stimati anche i cedimenti teorici utilizzando l'opzione "rilevato" del software Load Cap della Geostru che, al contrario della simulazione di tipo fondazionale deformabile, è essenzialmente dedicato ai rilevati.

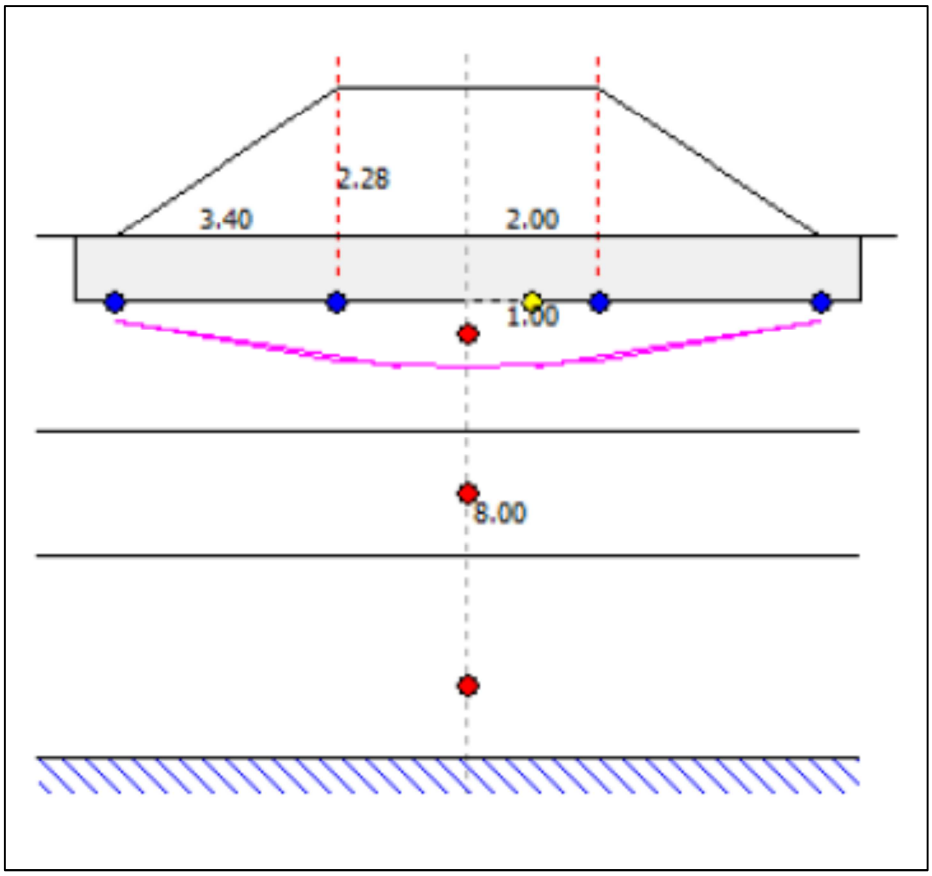
Riferimento zona SEZIONE tipo
Pressione imposta in sul rilevato 0 t/m²
1/2 Larghezza rettangolo 2 m
Larghezza base triangolo 3.4 m
Imposta piano di posa sbancamento 1 m
Peso unità volume sbancamento 1.9 t/m³
Incremento netto al piano di posa 2.6 t/m²
Distanza asse - IV punto a scelta 1 m
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO 8 m
Altezza rilevato 2.28 m
Peso unità volume rilevato 1.7 t/m³
Peso unità volume fondazione rilevato 1.8 t/m³

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato m	Modulo edometrico Kg/cm²	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	3	44.3	1	1.715	1.532	0.241	1.692
2	1.9	32.7	1	0.916	0.857	0.309	0.926
3	4	34.9	1	1.227	1.12	0.577	1.203
4	0.7	147	1	0.04	0.036	0.021	0.039

Cedimenti totali

Asse	3.898 cm
Bordo	3.545 cm
Piede	1.148 cm
IV Punto	3.86 cm



I cedimenti stimati con tale metodo sono di circa 3 - 4 cm.

Al fine esaurire durante la realizzazione i cedimenti immediati e di limitare i cedimenti di consolidazione, si consiglia di effettuare un buon costipamento del terreno di fondazione.

Follonica Luglio 2013

Il Coordinatore Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti

consorzio di bonifica alta maremma

INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE, GEOFISICHE E CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DELLE ACQUE A SUPPORTO AL PROGETTO FINALIZZATO ALLA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL "FIUME PECORA" E DELLA "GORA DELLE FERRIERE" NEI COMUNI DI SCARLINO E MASSA MARITTIMA – PROVINCIA DI GROSSETO

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

INTEGRAZIONE ALLE VERIFICHE DI STABILITA'

Gruppo di lavoro: Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti — Coordinatore e D.L. per le indagini

Dr. Geol, Stefano Bianchi

Dr. Chim. Sara Fanciulletti

Dr. Geol. Jacopo Sabatini

Febbraio 2014

STUDIO TECNICO ASSOCIATO

STALF

p.i. e c.f 01389340538

DR. F. FANCIULLETTI - GEOLOGO
DR. L. MACII - ARCHITETTO
Via A. Meucci, 4 - 58022 FOLLONICA (GR) Tel e fax 0566 090075
E-mail Geolfab@hotmail.it PEC
studiostalf@epap.sicurezzapostale.it
Cell. 338 6281063

A completamento delle verifiche di stabilità già presentate, di seguito si riportano le elaborazioni che riguardano essenzialmente:

- Verifica di stabilità della sponda interna dell'argine in sinistra idraulica del Pecora (a seguito del ringrosso arginale in progetto), in condizioni di rapido svuotamento del Fiume Pecora e massimo riempimento della Cassa di espansione;

- Verifica di stabilità della sponda esterna dell'argine in sinistra idraulica del Pecora (a seguito del ringrosso arginale in progetto), in condizioni di rapido svuotamento della Cassa di espansione e con battente idraulico del Fiume a livello dello sfioratore di monte;

- Verifica di stabilità della sponda interna dell'argine in sinistra idraulica del Pecora (a seguito del ringrosso arginale in progetto), in condizioni di rapido svuotamento della Cassa di espansione e con battente idraulico del Fiume a livello dello sfioratore di monte;

- Verifica di stabilità dell'argine della Gora delle Ferriere in condizioni di rapido abbassamento del battente idraulico del corso d'acqua al minimo livello; non si fa riferimento ad un rapido svuotamento completo in quanto la Sorgente Aronne garantisce alla Gora delle Ferriere un afflusso minimo di circa 800 l/sec costante in tutto l'arco dell'anno cui si sommano gli apporti degli affluenti lungo il corso della Gora stessa.

- Verifica di stabilità delle sponde destra e sinistra della vasca dalla quale saranno reperite le terre per la realizzazione dell'argine della cassa di espansione, nel caso di rapido svuotamento

1. INTEGRAZIONE DELLE VERIFICHE DI STABILITA' SUL RINGROSSO ARGINALE IN SINISTRA IDRAULICA DEL FIUME PECORA

1.1 - *Verifica di stabilità della sponda interna dell' argine in sinistra idraulica del Pecora (a seguito del ringrosso arginale in progetto), in condizioni di rapido svuotamento del Fiume Pecora e massimo riempimento della Cassa di espansione*

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_o F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.
Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_O: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \, S_T \, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:
$T_R = -V_R/\ln(1-PVR)$
Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le

superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Zona	Scopaione
Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20,65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12,49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	23,99 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0231
Coefficiente azione sismica verticale	0,011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	12,75
2	7,8	18,0
3	11,41	18,0
4	16,5	14,0
5	17,31	13,5
6	18,5	12,74
7	28,5	12,1 4

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	12,7
2	4,5	15,8
3	11,29	15,8
4	16,38	16,0
5	17,19	16,0
6	18,38	16,0
7	28,38	16, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	12,75
2	7,8	15,31
3	11,41	13,2
4	16,5	11,29
5	17,31	12,14
6	18,5	12,74
7	28,5	12,14

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1940	2640	0,00	riporto
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	argilla limosa

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

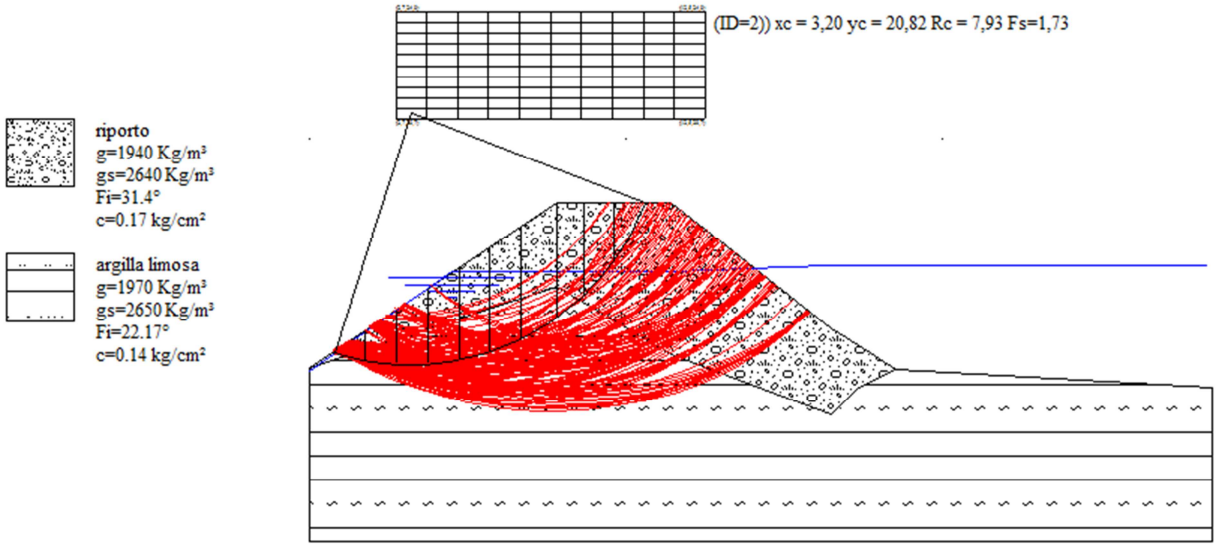
Fs minimo individuato	1,73
Ascissa centro superficie	3,2 m
Ordinata centro superficie	20,82 m
Raggio superficie	7,93 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=2) xc = 3,201 yc = 20,818 Rc = 7,93 Fs=1,726

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,98	-14,2	1,02	1206,8	27,88	14,0	0,11	18,1	0,0	1531,8	1172,9
2	0,98	-6,9	0,99	3418,9	78,98	39,66	0,11	18,1	0,0	3637,6	1607,6
3	0,98	0,2	0,98	3297,87	76,18	38,26	0,11	18,1	0,0	3292,0	1512,0
4	0,98	7,4	0,99	4264,51	98,51	49,47	0,11	18,1	0,0	4080,5	1711,1
5	0,98	14,6	1,02	7773,98	179,58	90,18	0,11	18,1	0,0	7390,7	2548,9
6	0,98	22,2	1,06	8190,52	189,2	95,01	0,11	18,1	0,0	7788,2	2798,2
7	1,12	30,7	1,31	9342,07	215,8	108,37	0,11	18,1	0,0	9045,0	3566,6
8	0,85	39,4	1,09	6110,0	141,14	70,88	0,11	18,1	0,0	6076,7	2883,5
9	0,98	48,8	1,49	4824,64	111,45	55,97	0,14	26,0	0,0	4115,7	4259,0
10	0,98	61,7	2,07	2012,99	46,5	23,35	0,14	26,0	0,0	371,7	4396,7



1.2 - *Verifica di stabilità della sponda esterna dell' argine in sinistra idraulica del Pecora (a seguito del ringrosso arginale in progetto), in condizioni di rapido svuotamento della Cassa di espansione e con battente idraulico del Fiume a livello dello sfioratore di monte.*

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.
Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:
$F_{corretto} = f_o F$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.
Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_o: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_o$$

Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Zona	Scopaione
Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20,65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12,49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	23,99 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0231
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	12,14
2	10,0	12,74
3	11,19	13,5
4	12,0	14,0
5	17,09	18,0
6	20,7	18,0
7	28,5	12,7 5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	12,14
2	10,0	12,74
3	11,19	13,5
4	12,0	14,0
5	14,7	16,0
6	20,65	16,0
7	28,38	16, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	12,14
2	10,0	12,74
3	11,19	12,14
4	12,0	11,29
5	17,09	13,2
6	20,7	15,31
7	28,5	12,75

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
Coesione efficace 1,25
Coesione non drenata 1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1940	2640	0,00	riporto
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	argilla limosa

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

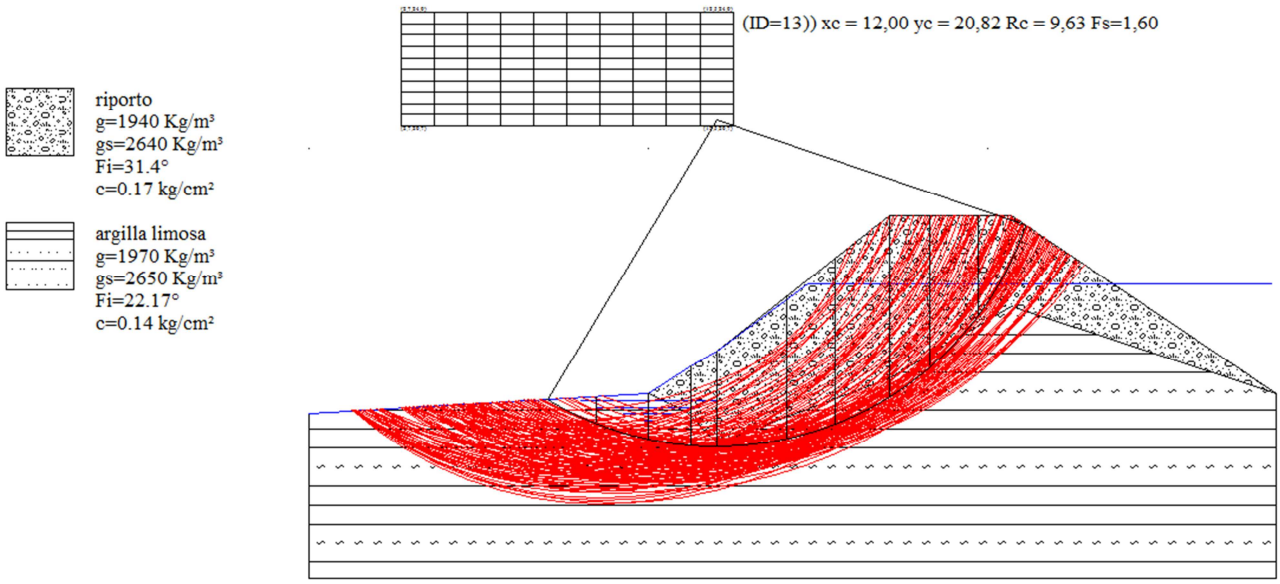
Fs minimo individuato	1,6
Ascissa centro superficie	12,0 m
Ordinata centro superficie	20,82 m
Raggio superficie	9,63 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=13) xc = 11,999 yc = 20,818 Rc = 9,631 Fs=1,605

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,41	-26,3	1,57	1589,71	36,72	18,44	0,11	18,1	0,0	2756,0	2216,2
2	1,55	-16,8	1,62	4515,25	104,3	52,38	0,11	18,1	0,0	5534,4	2827,3
3	1,26	-8,2	1,28	6211,18	143,48	72,05	0,11	18,1	0,0	6662,0	2719,5
4	0,74	-2,2	0,74	5019,2	115,94	58,22	0,11	18,1	0,0	5093,9	1860,1
5	2,08	6,2	2,09	19548,3	451,57	226,76	0,11	18,1	0,0	18968,1	6411,0
6	1,41	16,9	1,47	16878,89	389,9	195,8	0,11	18,1	0,0	16076,5	5380,2
7	1,6	26,6	1,79	20379,88	470,78	236,41	0,11	18,1	0,0	19641,9	7030,1
8	1,21	36,4	1,51	14137,99	326,59	164,0	0,11	18,1	0,0	14101,6	5835,2
9	1,41	47,0	2,07	12112,97	279,81	140,51	0,11	18,1	0,0	12615,1	7047,8
10	1,41	62,2	3,02	5097,64	117,76	59,13	0,14	26,0	0,0	3018,4	8946,8



1.3 - ***Verifica di stabilità della sponda interna dell' argine in sinistra idraulica del Pecora (a seguito del ringrosso arginale in progetto), in condizioni di rapido svuotamento della Cassa di espansione e con battente idraulico del Fiume a livello dello sfioratore di monte***

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.
Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:
$F_{corretto} = f_O\, F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.
Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_O: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Zona	Scopaione
Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20,65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12,49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	23,99 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0231
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	12,75
2	7,8	18,0
3	11,41	18,0
4	16,5	14,0
5	17,31	13,5
6	18,5	12,74
7	28,5	12,1 4

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	16,0
2	7,73	16,0
3	14,0	16,0
4	16,38	14,0
5	17,19	13,5
6	18,38	12,74
7	28,38	12,1 4

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	12,75
2	7,8	15,31
3	11,41	13,2
4	16,5	11,29
5	17,31	12,14
6	18,5	12,74
7	28,5	12,14

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
Coesione efficace 1,25
Coesione non drenata 1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1940	2640	0,00	riporto
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	argilla limosa

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

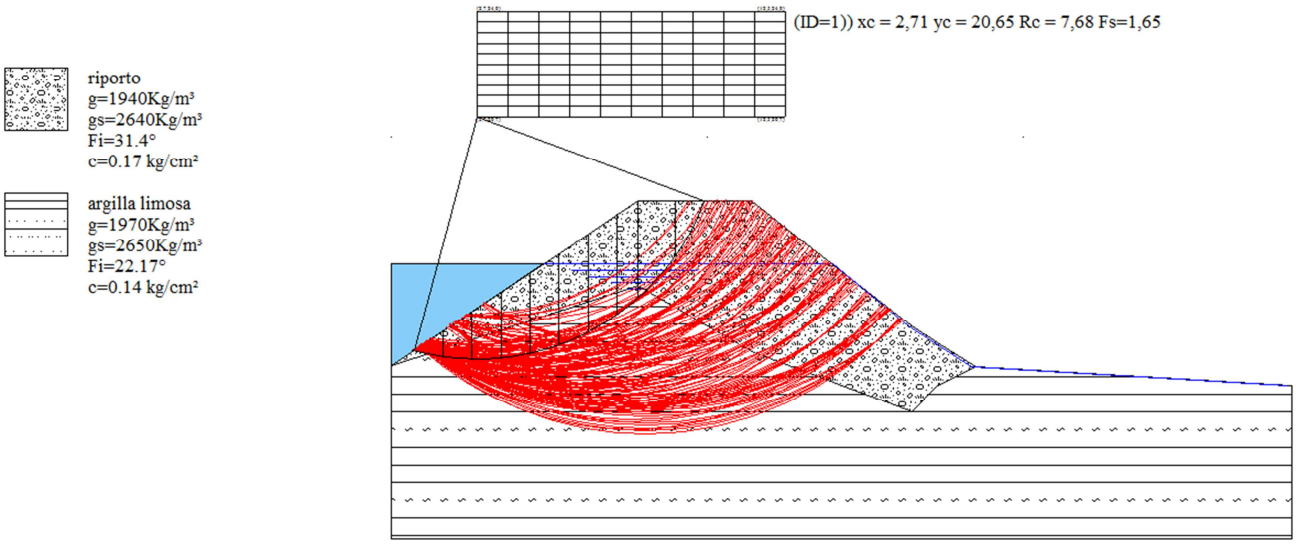
Fs minimo individuato	1,65
Ascissa centro superficie	2,71 m
Ordinata centro superficie	20,65 m
Raggio superficie	7,68 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=1) xc = 2,712 yc = 20,651 Rc = 7,677 Fs=1,652

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,92	-11,5	0,94	629,82	14,55	7,31	0,11	18,1	0,0	838,6	981,3
2	0,92	-4,6	0,92	1762,16	40,71	20,44	0,11	18,1	0,0	1862,9	1194,8
3	0,92	2,3	0,92	2725,27	62,95	31,61	0,11	18,1	0,0	2671,7	1381,8
4	0,92	9,2	0,93	3520,35	81,32	40,84	0,11	18,1	0,0	3315,9	1562,6
5	0,92	16,3	0,96	6646,41	153,53	77,1	0,11	18,1	0,0	6263,6	2356,0
6	0,92	23,6	1,0	6942,05	160,36	80,53	0,11	18,1	0,0	6542,6	2580,5
7	0,92	31,4	1,08	6886,55	159,08	79,88	0,11	18,1	0,0	6581,8	2850,4
8	0,64	38,5	0,82	4536,5	104,79	52,62	0,11	18,1	0,0	4431,0	2189,8
9	1,2	48,2	1,8	6244,74	144,25	72,44	0,14	26,0	0,0	5287,9	5479,7
10	0,92	62,4	1,98	1810,14	41,81	21,0	0,14	26,0	0,0	96,9	4296,8



2. INTEGRAZIONE DELLE VERIFICHE DI STABILITA' SULL' ARGINE DELLA GORA DELLE FERRIERE

2.1 - *Verifica di stabilità dell'argine della Gora delle Ferriere in condizioni di rapido abbassamento del battente idraulico del fiume al minimo livello*

Visto che si tratta di un'opera strategica la verifica è stata effettuata a lungo termine e nella zona di maggiore altezza.

Metodo di JANBU (1967)
Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_O\, F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_O: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,99 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	23,77 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,69 m
Ordinata vertice destro superiore ys	27,19 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,023
Coefficiente azione sismica verticale 0,01 2

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	15,93
2	8,0	15,93
3	12,0	20,0
4	18,0	21, 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	16,9
2	9,1	17,0
3	11,1	19,0
4	12,0	19,0
5	18,0	19, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	15,0
2	8,0	15,0
3	12,0	15,5
4	18,0	15,5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
Coesione efficace 1,25
Coesione non drenata 1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.14		22.17	1970	2650	0,00	limo argilloso
2	0.17		17.97	1930	2630	0,00	argilla

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

==========

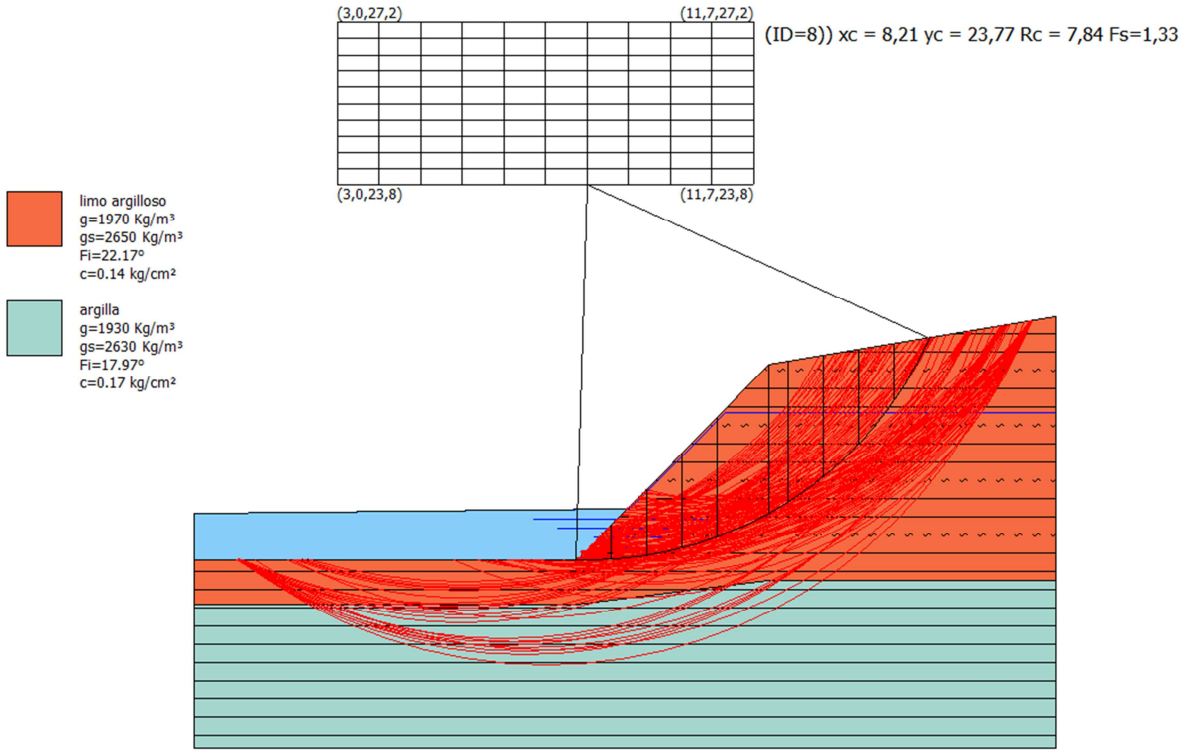
Fs minimo individuato	1,33
Ascissa centro superficie	8,21 m
Ordinata centro superficie	23,77 m
Raggio superficie	7,84 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=8) xc = 8,21 yc = 23,765 Rc = 7,839 Fs=1,328

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,74	1,0	0,74	432,35	9,94	5,19	0,11	18,1	0,0	418,6	791,2
2	0,74	6,4	0,74	2054,77	47,26	24,66	0,11	18,1	0,0	1932,7	1207,9
3	0,74	11,9	0,75	3279,27	75,42	39,35	0,11	18,1	0,0	3034,1	1538,7
4	0,74	17,5	0,77	4365,37	100,4	52,38	0,11	18,1	0,0	4014,3	1872,4
5	1,07	24,6	1,18	7656,78	176,11	91,88	0,11	18,1	0,0	7061,6	3266,4
6	0,41	30,7	0,48	2978,53	68,51	35,74	0,11	18,1	0,0	2764,9	1367,9
7	0,74	35,7	0,91	4784,88	110,05	57,42	0,11	18,1	0,0	4438,2	2492,6
8	0,74	42,7	1,01	3787,81	87,12	45,45	0,11	18,1	0,0	3450,0	2514,4
9	0,74	50,7	1,17	2441,28	56,15	29,3	0,11	18,1	0,0	1918,2	2499,3
10	0,74	60,4	1,5	960,85	22,1	11,53	0,11	18,1	0,0	-322,3	2607,8



3. INTEGRAZIONE DELLE VERIFICHE DI STABILITA' SULLE SPONDE DELLA VASCA IN PROGETTO

3.1 - *Verifica di stabilità della sponda sinistra della vasca in caso di rapido svuotamento*

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_O\, F$

dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_O: Coefficiente sismico orizzontale

K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	21,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	26,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	70,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	37,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]

S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,023

Coefficiente azione sismica verticale 0,01 2

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	33,3	15,0
4	39,1	15,0
5	41,1	15,5
6	45,3	17,0
7	51,1	17,0
8	58,1	19,0
9	64,3	19,0
10	67,9	20,8
11	87,9	21, 2

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	33,3	15,0
4	39,1	15,0
5	41,1	15,5
6	45,3	16,0
7	51,1	16,5
8	58,1	17,0
9	64,3	17,0
10	67,9	17,0
11	97,9	17, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	33,3	15,0
4	39,1	15,0
5	41,1	15,5
6	45,3	15,5
7	51,1	15,6
8	58,1	15,6
9	64,3	15,7
10	67,9	15,8
11	87,9	16, 1

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	11,8
2	26,3	12,0
3	33,3	12,1
4	39,1	12,2
5	41,1	12,2
6	45,3	12,2
7	51,1	12,3
8	58,1	12,3
9	64,3	12,5
10	67,9	12,5
11	87,9	12,77

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

========== =

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0		34.1	2060	2440	0,00	sabbia ghiaiosa
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	limo argilloso
3	0.17		18	1930	263.	0,00	argilla

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

==========

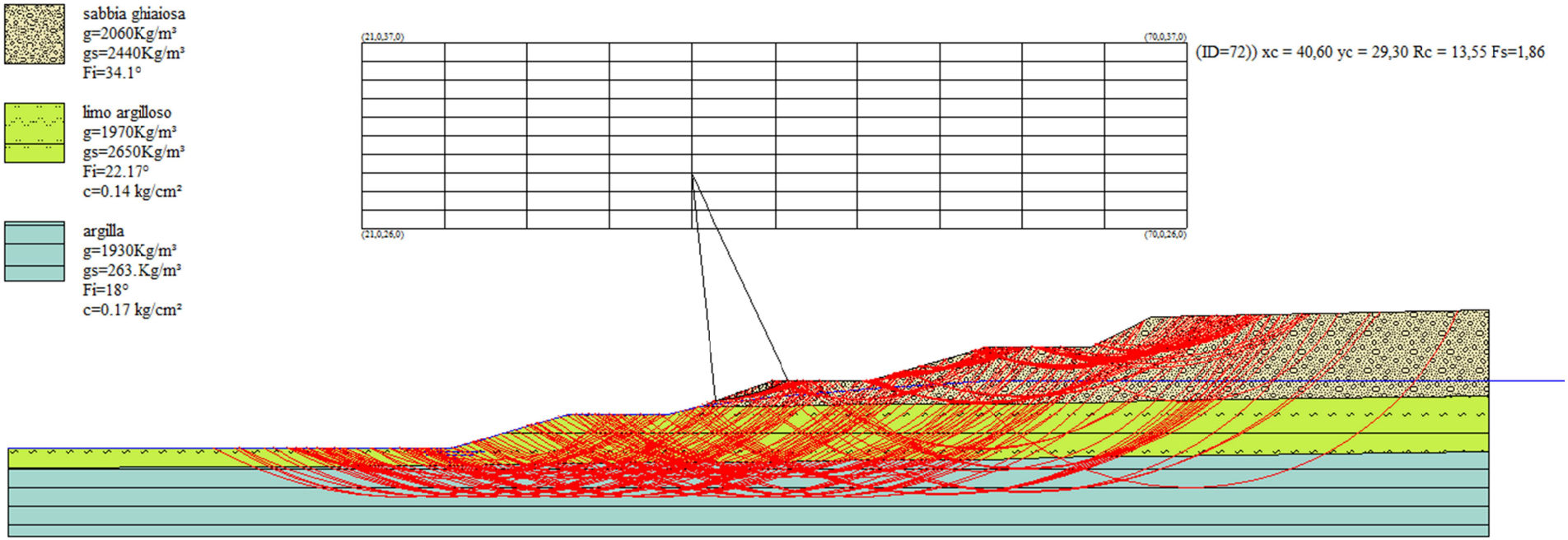
Fs minimo individuato	1,86
Ascissa centro superficie	40,6 m
Ordinata centro superficie	29,3 m
Raggio superficie	13,55 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=72) xc = 40,60 yc = 29,30 Rc = 13,547 Fs=1,856

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,43	6,9	0,43	45,54	1,05	0,55	0,0	28,4	0,0	44,2	14,2
2	0,43	8,7	0,43	127,6	2,93	1,53	0,0	28,4	0,0	123,1	39,6
3	0,43	10,6	0,43	197,5	4,54	2,37	0,0	28,4	0,0	189,7	61,4
4	0,43	12,4	0,44	255,04	5,87	3,06	0,0	28,4	0,0	244,1	79,5
5	0,43	14,2	0,44	299,98	6,9	3,6	0,0	28,4	0,0	286,4	94,0
6	0,43	16,1	0,44	332,02	7,64	3,98	0,0	28,4	0,0	316,5	104,8
7	0,43	18,0	0,45	350,81	8,07	4,21	0,0	28,4	0,0	334,3	111,8
8	0,3	19,6	0,32	251,96	5,8	3,02	0,0	28,4	0,0	240,2	81,1
9	0,55	21,6	0,59	339,9	7,82	4,08	0,0	28,4	0,0	324,7	111,0
10	0,43	23,8	0,47	84,24	1,94	1,01	0,0	28,4	0,0	80,7	28,1


sabbia ghiaiosa
g=2060Kg/m³
gs=2440Kg/m³
Fi=34.1°
limo argilloso
g=1970Kg/m³
gs=2650Kg/m³
Fi=22.17°
c=0.14 kg/cm²
argilla
g=1930Kg/m³
gs=263.Kg/m³
Fi=18°
c=0.17 kg/cm²
(21,0,37,0)
(70,0,37,0)
(21,0,26,0)
(70,0,26,0)
(ID=72)) xc = 40,60 yc = 29,30 Rc = 13,55 Fs=1,86

3.2 - *Verifica di stabilità della sponda destra della vasca in caso di rapido svuotamento*

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$F_{corretto} = f_o F$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o: Coefficiente sismico orizzontale

K_v: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_v = \pm 0{,}5 \times K_o$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S\, S_T\, a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

***T1**(S_T = 1.0) **T2**(S_T = 1.20) **T3**(S_T =1.20) **T4**(S_T = 1.40).*

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come

segue:

$T_R=-V_R/\ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

==========

Lat./Long.	42,9577793593336/10,8080067932859
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	23,3 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	19,09 m
Ascissa vertice destro superiore xs	50,79 m
Ordinata vertice destro superiore ys	26,46 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,27	2,61	0,19
S.L.D.	201,0	0,33	2,65	0,21
S.L.V.	1898,0	0,63	2,78	0,28
S.L.C.	2475,0	0,75	2,82	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,486	0,2	0,0099	0,005
S.L.D.	0,594	0,2	0,0121	0,0061
S.L.V.	1,134	0,2	0,0231	0,0116
S.L.C.	1,35	0,2	0,0275	0,0138

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0231
Coefficiente azione sismica verticale 0,011 6

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	28,2	13,5
4	33,9	15,0
5	40,1	15,0
6	47,1	17,0
7	51,7	17,4
8	51,7	17, 4

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	28,2	13,5
4	33,9	15,0
5	40,1	15,0
6	47,1	17,0
7	51,7	17,0
8	61,7	17, 0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	13,0
2	26,3	13,0
3	26,3	13,0
4	28,2	13,5
5	33,9	13,2
6	40,1	12,9
7	47,1	12,6
8	51,7	12,5
9	51,7	12, 0

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	11,3
2	26,3	11,0
3	28,2	10,9
4	33,9	10,8
5	40,1	10,7
6	47,1	10,5
7	51,7	10,4
8	51,7	10,4

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia
1	0.17		31.4	1940	2640	0,00	sabbia limosa
2	0.14		22.17	1970	2650	0,00	limo argilloso
3	0.17		18	1930	2630	0,00	argilla

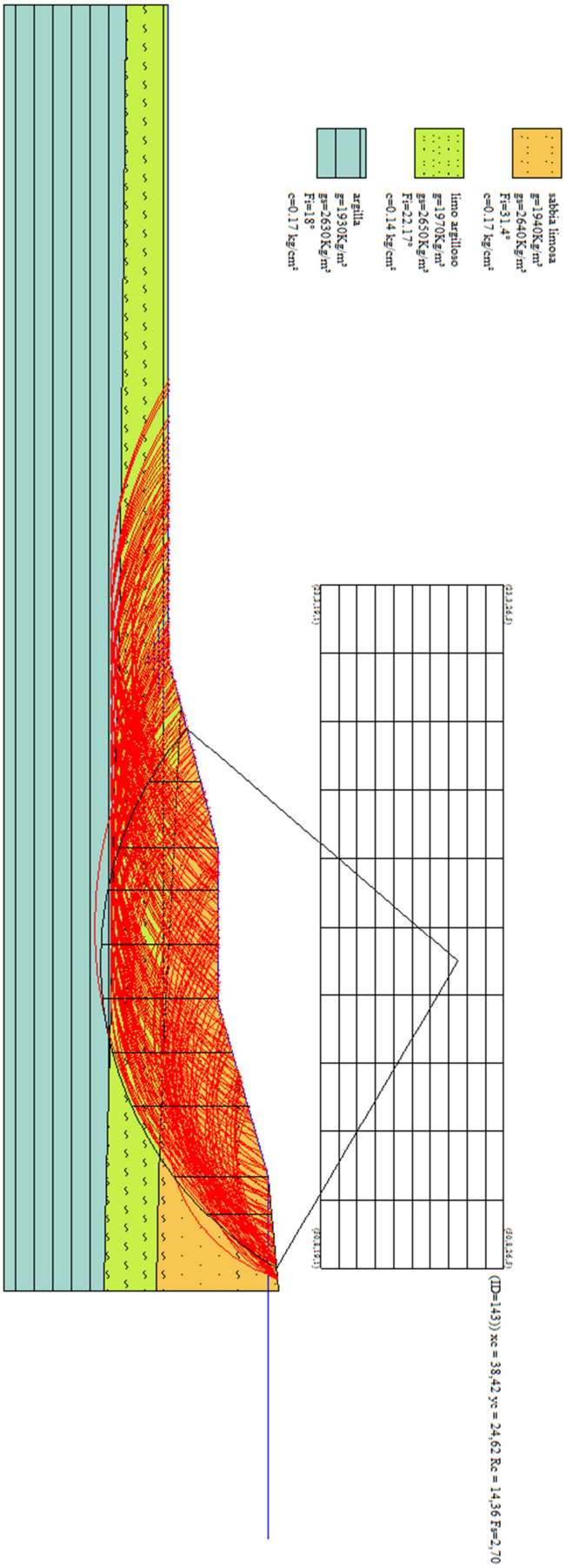
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2,7
Ascissa centro superficie	38,42 m
Ordinata centro superficie	24,62 m
Raggio superficie	14,36 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=143) xc = 38,421 yc = 24,619 Rc = 14,365 Fs=2,697

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,17	-35,4	2,67	6513,28	150,46	75,55	0,11	18,1	0,0	9756,0	3057,9
2	2,67	-24,2	2,93	13823,89	319,33	160,36	0,11	18,1	0,0	16741,6	3873,3
3	1,68	-14,9	1,74	18936,31	437,43	219,66	0,14	14,6	0,0	20417,3	3209,3
4	2,17	-7,0	2,19	26656,98	615,78	309,22	0,14	14,6	0,0	27363,8	4112,9
5	2,17	1,7	2,17	27237,29	629,18	315,95	0,14	14,6	0,0	27130,8	4050,5
6	2,17	10,4	2,21	27420,0	633,4	318,07	0,14	14,6	0,0	27131,7	4136,7
7	2,17	19,4	2,31	27662,2	639,0	320,88	0,11	18,1	0,0	27677,8	4977,4
8	2,83	30,6	3,29	32624,4	753,62	378,44	0,11	18,1	0,0	34345,9	6990,9
9	1,52	41,2	2,02	13070,61	301,93	151,62	0,14	26,0	3209,1	8455,1	3696,7
10	2,17	52,4	3,56	8230,02	190,11	95,47	0,14	26,0	1267,6	5115,6	4859,2



Follonica, Febbraio 2014