



UFFICIO PERIFERICO DI ROVIGO

**OPERE IDRAULICHE DI 2^a CATEGORIA – FIUME PO
(R.D. 29/08/1875 n° 2686)**

**RO E 437 M - Lavori di manutenzione della difesa di sponda dell'argine
maestro in sinistra F. Po tra gli stanti 163 – 164 in Comune di Ficarolo (RO).**

Importo complessivo € 487.000,00

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Allegato

2

**IL PROGETTISTA COORDINATORE
IL FUNZIONARIO TECNICO
(F.T. Geom. Vincenzo Pellegrino)**

I PROGETTISTI:

**ISTRUTTORE IDRAULICO
(Geom. Matteo Occhialini)**

**COLLABORATORE IDRAULICO
(Geom. Samuele Bergamaschi)**

**COLLABORATORE IDRAULICO
(Arch. Andrea Spinardi)**

**ISTRUTTORE IDRAULICO
(P.I. Giorgio Cefali)**

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA
(Istr. Idr. Geom. Riccardo Bauce)**

**Visto: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
(F.T. Dott. Geol. Pierpaolo Erbacci)**

PROGETTO N°

1529

IN DATA

08.11.2018

(RO-E-437-M) LAVORI DI MANUTENZIONE DELLA DIFESA DI SPONDA DELL'ARGINE MAESTRO IN SINISTRA DEL FIUME PO TRA GLI STANTI 163-164 IN COMUNE DI FICAROLO (RO).

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Ottobre 2018

INDICE

Premessa	pag. 3
Indagini in sito effettuate	pag. 8
Analisi litostratigrafica	pag. 9
Analisi geomorfologica e litologica a livello comunale	pag. 10
Analisi idrogeologica a livello comunale	pag. 12
Modello geotecnico	pag. 15
Analisi di stabilità globale – Elementi generali	pag. 16
Ipotesi di ricostruzione della difesa spondale e miglioramento delle condizioni di stabilità mediante pali passivi	pag. 19
Analisi delle forze agenti su un palo	pag. 20
Caratterizzazione geotecnica del pietrame di riporto	pag. 27
Caratterizzazione geotecnica dei sacconi riempiti di sabbia	pag. 31
Caratterizzazione geotecnica della terra di riporto	pag. 31
Verifiche di stabilità globale - soluzione con una fila di pali	pag. 32
Verifiche di capacità portante dei terreni di fondazione	pag. 36
Verifiche al collasso per slittamento	pag. 38
Calcolo dei cedimenti	pag. 39
Conclusioni	pag. 42
Allegato 1 – Report verifiche di stabilità globale	
Allegato 2 – Report calcolo dei cedimenti	
Allegato 3 – Fascicolo indagini in sito	

PREMESSA

La presente relazione accompagna il progetto dei “Lavori di manutenzione della difesa di sponda dell’argine maestro in sinistra del fiume Po fra gli stanti 163-164 nel comune di Ficarolo (RO)” – classifica RO-E-437.

Il tratto di argine interessato dal progetto in parola è adiacente ad un tratto di difesa spondale già interessato da un intervento di ripristino realizzato negli anni 2016 e 2017(classifica RO-E-395-M) .

L’intervento di manutenzione pregresso ha subito, subito dopo il termine dei lavori, nel tratto centrale (circa 30 m), un dissesto (scivolamento rotazionale) la cui corona di frana ha coinvolto il ciglio superiore della difesa in pietrame; il piede della frana è parzialmente visibile solo nella parte superiore (in quanto emersa nei periodi di magra) mentre la parte inferiore è situata in un punto non localizzabile con precisione, al di sotto dei livelli di magra eccezionale (vedi foto 1-2-3).



Figura 1 – situazione a febbraio 2018



Figura 2 – situazione a febbraio 2018 – il movimento ha determinato la rottura del geotessuto posto sotto il pietrame.



Figura 3 – situazione a febbraio 2018 – particolare del piede di frana (parte fuori acqua)

Al fine di comprendere le cause del dissesto che ha interessato il pregresso intervento ma soprattutto al fine di prevenire il ripetersi di fenomeni di instabilità nella tratta adiacente

interessata dal presente progetto di manutenzione (Fig. 5), sono state effettuate alcune indagini geognostiche, geotecniche e geoelettriche con l'utilizzo delle somme a disposizione dell'Amministrazione disponibili nell'ambito del Q.E. del presente progetto.



Figura 4 –Immagine Satellitare: Argine maestro in sinistra idraulica del Fiume Po – Ficarolo (RO)



Figura 5 –Immagine Satellitare: Argine maestro in sinistra idraulica del Fiume Po – Ficarolo (RO) – stanti 163-164 – in evidenza la tratta spondale interessata dal presente progetto

Come verrà dettagliato di seguito, le risultanze delle indagini effettuate in sinistra idraulica di Po, lungo il tratto di piarda posta tra stanti 163-164, hanno permesso di individuare un contesto litostratigrafico caratterizzato dalla presenza di prevalenti livelli limoso-argillosi, dalla quota della banchina a fiume (piarda) posta a 10,80 m s.l.m.m. sino a quota - 6,7 m s.l.m.m.

Al disotto di tale quota inizia un orizzonte sabbioso di cui non è stato individuato il letto in quanto il carotaggio è terminato a quota - 9.2 m s.l.m.m.

Il tratto di sponda oggetto del presente intervento di manutenzione è interessato da un fronte erosivo in lento arretramento caratterizzato morfologicamente da una netta scarpata sub-verticale con dislivello, in condizioni idrometriche di magra, di circa 5-6 m (Fig. 6).

La scarpata subverticale erosa induce nelle terre affioranti, a litologia variabile da coesiva a sciolta, ulteriori instabilità secondarie quali locali distacchi e crolli di terra.

La presente relazione esaminerà la soluzione progettuale secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (di seguito NTC 2018).

Le verifiche nelle condizioni di Stato Limite richiedono il rispetto della seguente condizioni generale:

$$Ed < Rd$$

dove:

Ed = azioni o effetto delle azioni di progetto;

Rd = azioni o effetto delle azioni resistenti del sistema geotecnico.

In particolare saranno effettuate le verifiche di seguito indicate:

- Verifiche di stabilità globale (SLU GEO) della difesa di sponda radente in progetto in condizioni statiche;
- Verifica del carico limite (SLU GEO) dei terreni di fondazione della difesa di sponda in condizioni statiche;
- Determinazione dei cedimenti (SLE GEO) dei terreni di fondazione indotti dalla realizzazione della difesa di sponda in condizioni statiche.

Naturalmente le configurazioni delle sezioni di verifica e le condizioni al contorno implementate nelle analisi hanno tenuto conto degli esiti delle indagini e del monitoraggio effettuato mentre sono stati esclusi dalle calcolazioni gli input sismici trattandosi di un intervento di semplice manutenzione e non di adeguamento sismico dell'intero corpo arginale.



Figura 6a – Tratto di sponda in sinistra idraulica interessato dal presente progetto di manutenzione – Ficarolo (RO) – stanti 163-164 – Vista da fiume



Figura 6b – Tratto di sponda in sinistra idraulica interessato dal presente progetto di manutenzione – Ficarolo (RO) – stanti 163-164 - Vista da terra

Indagini in sito effettuate

Il tratto di piarda interessato dall'intervento è stato indagato nel corso di alcune di prove effettuate nel periodo Luglio-Agosto 2018 affidate alla Ditta Servizi Geologici s.a.s. di Morbin Francesco e C. – Marsango di Campo San Martino (PD).

Le indagini sono consistite in:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 che hanno raggiunto la profondità di 20,00 metri dal piano campagna (piarda);
- esecuzione di n. 4 prove SPT nel foro di sondaggio S1;
- prelievo n. 4 campioni indisturbati con campionatore Osterberg e n. 4 campioni rimaneggiati recuperati dal campionatore Raymond nel corso delle prove SPT ed inviati a laboratorio geotecnico per prove di classificazione e parametrizzazione geotecnica;
- esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT1, CPT2) con profondità di indagine di 15 m eseguite con Penetrometro Statico PAGANI modello TG63-200 cingolato, attrezzato con punta Begemann;
- esecuzione di n. 1 indagine sismica a stazione singola con tomografo digitale;
- esecuzione di n. 1 indagine di tomografia elettrica (ERT) con stendimento lungo l'argine.



Figura 7 – Immagine satellitare con ubicazione punti esecuzione sondaggio geognostico e prove CPT

Piezometro	Coordinate Geografiche Latitudine	Coordinate Geografiche Longitudine
S1	44°56'7.50"N	11°27'4.68"E
CPT1	44°56'8.34"N	11°27'8.34"E
CPT2	44°56'7.56"N	11°27'5.22"E

I fascicoli riportanti i risultati delle prove in sito, dei sondaggi e delle prove di laboratorio nonché delle prove geoelettriche e della tomografia sismica sono allegati alla presente Relazione.

Analisi litostratigrafica

Dall'esame dei risultati delle prove effettuate è possibile definire un quadro litostratigrafico omogeneo nei diversi punti indagati mentre non è stato possibile effettuare la terza prova CPT programmata a causa di problemi di ancoraggio del penetrometro nella parte più a monte della zona da indagare.

Il profilo litostratigrafico e la parametrizzazione geotecnica è stata definita oltre che sulla base degli esiti del sondaggio a carotaggio continuo anche sulla scorta delle informazioni ottenute da prove CPT (resistenza alla punta R_p e resistenza totale R_t misurati) utilizzando le correlazioni semi-empiriche proposte da vari autori.

La situazione è di seguito schematizzata con l'individuazione delle seguenti discontinuità litologiche a partire dalla quota di piarda (10,80 m s.l.m.m.):

Strato 1: LIMO ARGILLOSO (da quota 10,80 m a quota 7.80 m s.l.m.m.)

Strato più superficiale costituito da limo argilloso che in profondità passa ad argilla compatta, dello spessore complessivo di circa 3,0 m; tale strato nella parte più a monte dell'area d'indagine include elementi lapidei sparsi (porfido), probabilmente resti di una vecchia massiciata (vedi Fig. 8) che ha impedito l'ancoraggio del penetrometro nel tratto di monte dell'intervento - Resistenza alla punta R_p variabile da 0,9 a 4,0 [MPa];



Figura 8 – Ubicazione area tentativi prova CPT3 e carotaggio speditivo a verifica della presenza di massicciata

Strato 2: SABBIA (da quota 7,80 m a quota 5.30/5,80 m s.lmm)

Strato di circa 2,0-2,5 m di spessore composto da limo debolmente sabbioso che poi passa a sabbia di granulometria da media a grossolana di colore marrone chiaro - Resistenza alla punta R_p variabile da 2,5 a 7,0 [MPa] – N_{spt} corretto = 20;

Strato 3: ARGILLA LIMOSA (da quota 5.30/5,80 m a quota - 6,7 m s.lmm)

Strato di argilla limosa grigia di spessore pari a circa 12 m, localmente limo argilloso ; da quota - 3,7 m slmm a quota - 4,6 m slmm presenza di argilla grigio scuro organica; Resistenza alla punta R_p variabile da 0,4 a 1,5 [MPa];

Strato 4: SABBIA (da quota - 6,7 m slmm sino a - 9,2 m – fine sondaggio)

Strato di sabbia medio – grossa di colore grigio, esteso sino a fine sondaggio; N_{spt} corretto = 22,5

Analisi geomorfologica e litologica a livello comunale

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio comunale sono indicate nella cartografia sotto riportata (Fig. 9).

Nella stessa sono rilevate in particolare le sponde fluviali di Po con tendenza all'erosione laterale, le tracce di antichi corsi fluviali estinti a livello di pianura o leggermente incassato, le traccia di antiche esondazioni.

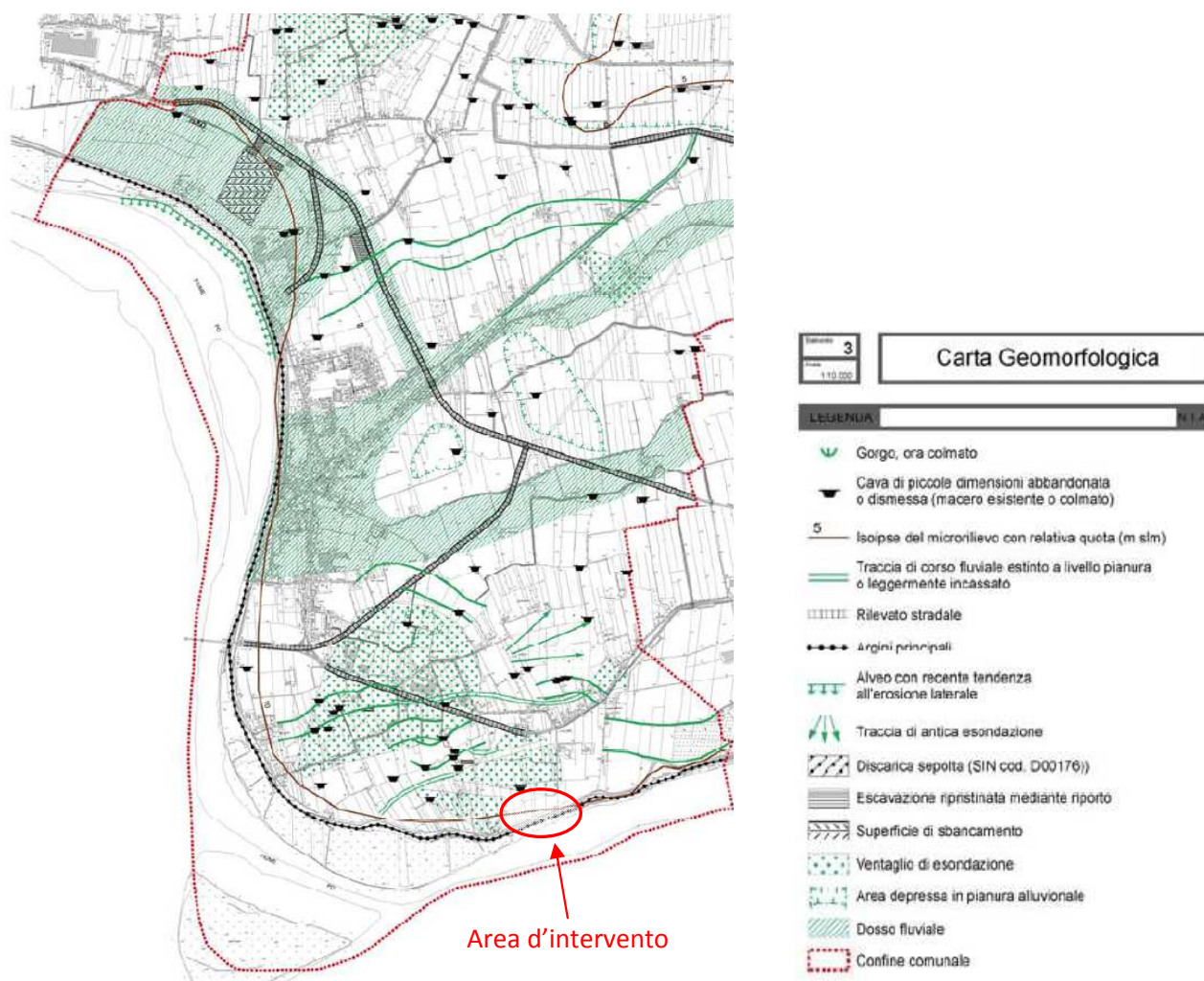


Figura 9 –Carta GEOMORFOLOGICA estratta dal PRG del comune di Ficarolo

Sotto il profilo geomorfologico preme evidenziare come l'area d'intervento sia prossima ad un corso fluviale estinto individuato in località Vegri come anche un ventaglio di esondazione caratterizzato da un alto topografico come riscontrato sul campo a seguito di sopralluogo. La zona a campagna è quindi caratterizzata da tracce di antiche esondazioni con prevalenza di litologie sabbiose nei terreni di superficie come evidente nella carta Litologica sotto riportata (Fig. 10).

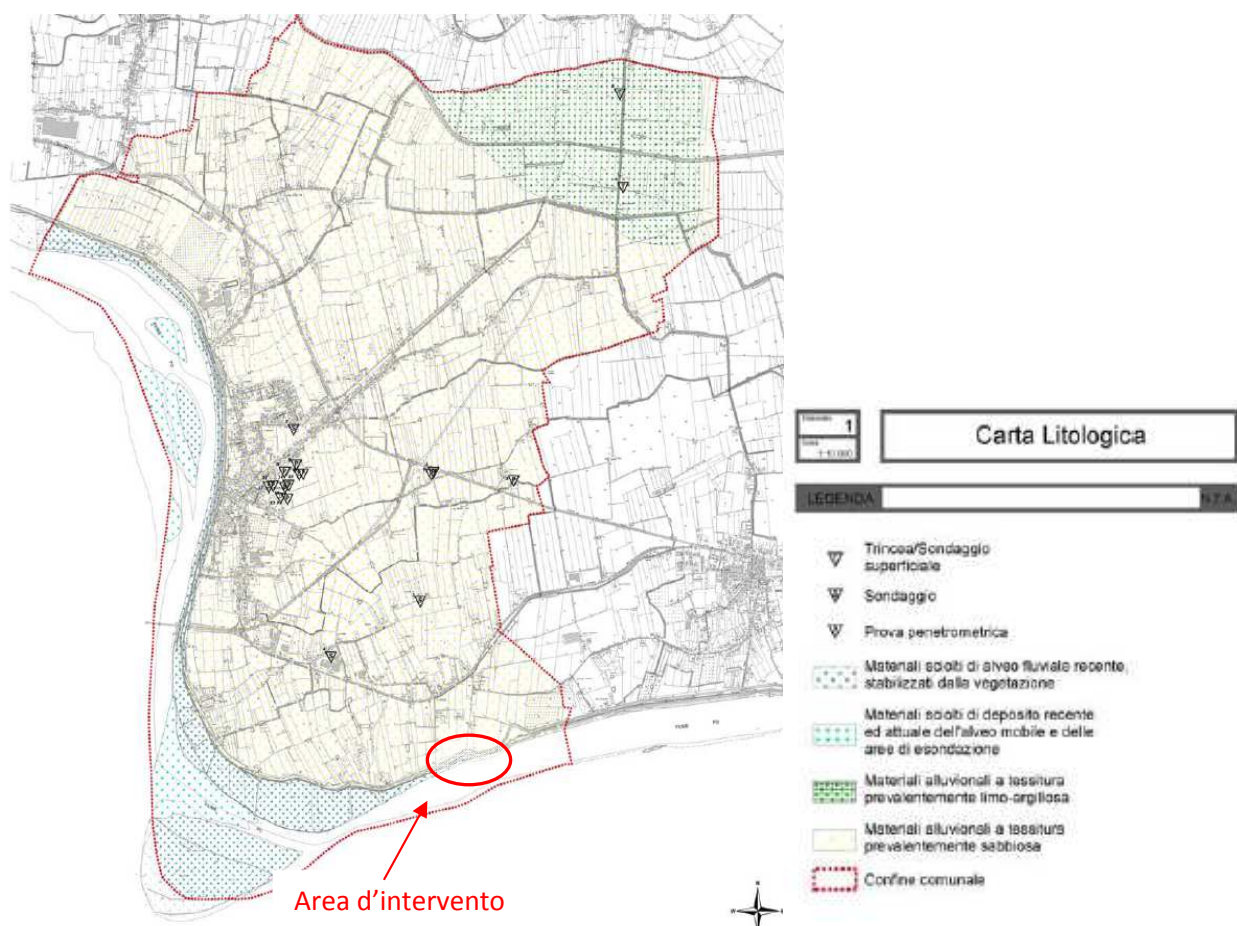


Figura 10 –Carta LITOLOGICA estratta dal PRG del comune di Ficarolo

Analisi idrogeologica a livello comunale

L'area comunale, dal punto di vista idrogeologico, appartiene al sistema acquifero differenziato, cioè un sistema multifalde in cui quella più superficiale è libera (freatica), mentre le sottostanti sono in pressione (confinata). Tale sistema è dovuto all'alternanza tra terreni sabbiosi, che fungono da livelli acquiferi, e terreni argillosi che rappresentano i livelli impermeabili.

La falda superficiale (falda freatica) è in genere libera e poco profonda (Fig. 11).

Essa è in diretta comunicazione con la superficie attraverso la porzione non satura del terreno e trae alimentazione sia dal deflusso sotterraneo che proviene dalle zone a monte sia dall'infiltrazione diretta delle acque superficiali (precipitazioni, dispersione di subalveo del fiume Po, immissione artificiale d'acqua con l'irrigazione attraverso le azioni di bonifica) attraverso la soprastante superficie topografica.

Al di sotto del livello freatico, scendendo in profondità, le falde con carattere semi-confinato o confinato hanno una maggiore continuità spaziale. Esse sono caratterizzate, di norma, da un gradiente basso ($\sim 0.2\%$) e da un deflusso orizzontale, generalmente verso Est. Essendo isolate

dalla superficie dai livelli argillosi, traggono alimentazione dalle acque sotterranee che provengono da monte o dal fiume Po sempre tramite dispersioni subalvee.

La prima falda confinata significativa ai fini della captazione, nell'ambito di Ficarolo, è individuabile attorno ai -15÷ -20 m da piano campagna, fino ad almeno -30 m ÷ -40 m da p.c.

Esistono, poi, più in profondità, altri acquiferi che si sviluppano lungo l'intero materasso quaternario, arrivando anche a centinaia di metri.

Il livello freatico risente del regime delle precipitazioni per cui le sue oscillazioni seguono la distribuzione annuale delle piogge, seppure con uno sfasamento legato alla velocità di ricarica dell'acquifero. Sono, di norma, attesi livelli massimi della superficie freatica nei primi due trimestri annuali in seguito all'effetto alimentante delle precipitazioni autunnali, mentre i minimi si registrano in genere negli ultimi due trimestri che risentono del periodo estivo più siccitoso.

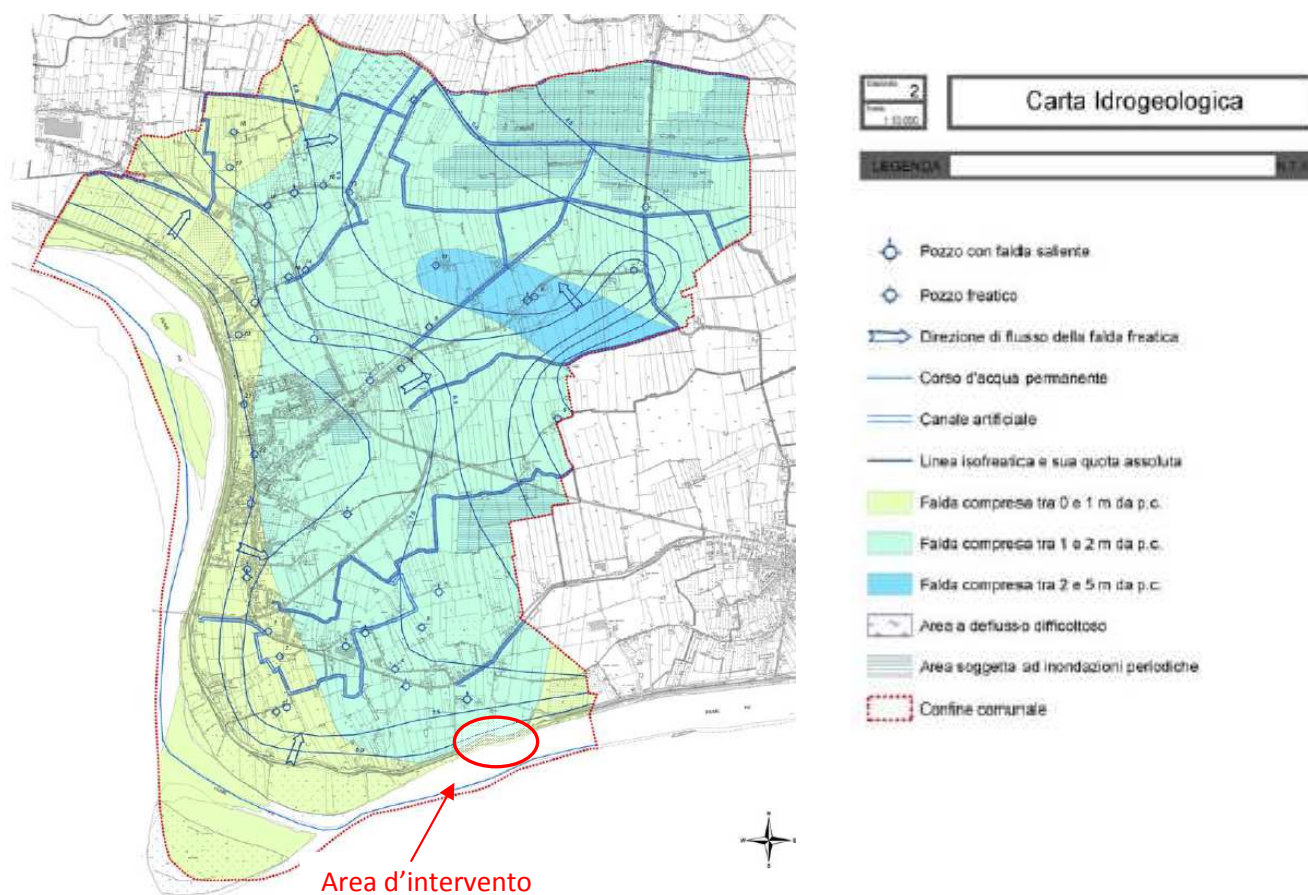


Figura 11 –Carta IDROGEOLOGICA estratta dal PRG del comune di Ficarolo – campagna freatimetrica del Marzo 2010

Si rileva, per quel che qui interessa, che le aree con falda più superficiale ($< 1\text{m}$) corrispondono alla fascia che costeggia l'argine del Po; quasi tutto il territorio restante ha falda freatica a profondità compresa tra 1 e 2 m dal p.c. .

Nello specifico l'indagine geognostica ed il monitoraggio visivo della tratta sponale effettuato nel corso della progettazione ha permesso di individuare lo strato sabbioso che si sviluppa da quota 7,80 m a quota 5.30/5,80 m slmm (strato 2) quale sede della locale falda freatica.

In particolare, in condizioni idrometriche di magra, è osservabile il fenomeno del drenaggio della falda freatica da parte del fiume con evidente emergenza d'acqua alla base della scarpata fluviale erosa (Fig. 12).

Più in profondità le litologie argillose poco permeabili dello strato 3 costituiscono il tetto di una sottostante falda ubicata nello strato 4 (sabbioso) conferendo alla stessa un carattere semi-confinato-confinato.

Nel corso del sondaggio effettuato il 25.07.2018 la quota di falda è stata rilevata a m 5,00 circa dal p.c. (quota 5,5 m slmm).



Figura 12 – Tratto di sponda in sinistra idraulica interessato dal presente progetto di manutenzione – Ficarolo (RO) – stanti 163-164 – Particolare dell'emergenza della falda freatica al piede della scarpata di sponda in condizioni idrometriche di magra del fiume (Luglio 2018).

Modello geotecnico

Di seguito si illustra il modello geotecnico di sintesi ricavato dai dati di carotaggio e dall'interpretazione ed elaborazione delle prove in foro (SPT – Pochet Penetrometer – Torvane), delle prove penetrometriche e dalle prove di laboratorio. La determinazione dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni, è stata condotta secondo le prescrizioni dell'Eurocodice EC7 in base al quale “il valore caratteristico assunto deve corrispondere ad una valutazione cautelativa del valore medio assunto del parametro considerato all'interno del volume di terreno coinvolto nella mobilitazione dello stato limite ultimo”.

Ai fini della schematizzazione geotecnica si precisa che lo strato argilloso 3 sopra descritto, caratterizzato da un notevole spessore (12 m) e da una certa variabilità delle caratteristiche di resistenza alla punta rilevate nel corso delle prove CPT, è stato scomposto in tre sottostrati di maggior dettaglio ai fini della modellazione geotecnica.

Tabella dei Valori Caratteristici [V_k] calcolati come valori medi cautelativi

N° Strato	quote [m] slmm	Y_{nat} [kN/m³]	Y_{sat} [kN/m³]	OCR Kulhawy & Mayne	Cu [kPa] AA.VV.	C' [kPa]	Φ (°) Robertson and Campanella 1983	Dr % Baldi et al. 1983	M mod. edometrico [MPa] Kulhawy & Mayne 1990
1	da 10,80 a 7.80	18.50	19.50	5-7	43	-	-	-	9
2	da 7,80 a 5.30/5.80	18,50	19.50	-	-	15	34-35	46	20
3a	da 5.30/5.80 a 4.60	18.50	19.50	1	14	20	23	-	2,4
3b	da 4.60 a -1.60	18.50	19.50	1	40	-	-	-	7
3c	da -1.60 a -6.70	18.50	19.50	1	50	-	-	-	8,4
4	da - 6.70 a - 9.20	18,50	19.50	-	-	-	35	51	-

Analisi di stabilità globale - Elementi generali

Come indicato in premessa l'opera di progetto è costituita dalla ricostruzione della difesa di sponda la quale deve soddisfare le attuali normative tecniche sulle costruzioni (NTC 2018).

Il criterio di rottura di riferimento è quello di Mohr-Coulomb, il quale esprime la resistenza al taglio del materiale terreno mediante la relazione:

$$\tau = c' + \sigma \tan f' \quad \text{in condizioni drenate;}$$

$$\tau = c_u \quad \text{in condizioni non drenate.}$$

Le verifiche sono state effettuate con l'ausilio del codice di calcolo "SSAP – versione 4.9.8 - 2018"; questo software lavora con i metodi all'equilibrio limite e nello specifico si è scelto di eseguire l'analisi con il metodo di **Morgenstern & Price (1965)**.

La stabilità globale dell'insieme "manufatto-terreno di fondazione" (SLU) è stata studiata nelle condizioni corrispondenti al termine della costruzione che, per il caso di specie, costituisce la condizione più sfavorevole.

L'intervento in progetto non ha funzioni di ritenuta idraulica, pertanto non è necessario verificare la stabilità del sistema in tutte le possibili condizioni di esercizio (idrometriche); le verifiche di verifica di stabilità globale sono state effettuate con riferimento ad un livello idrometrico di magra (livello idrometrico di 5 m slmm) e di alto freatico (quota falda a 7,80 m slmm); tale concomitanza di circostanze è considerata la più sfavorevole.

La verifica di sicurezza ai fini della stabilità globale della piarda dell'argine di difesa fluviale ricade nel campo di applicazione del § 6.8 "opere in materiali sciolti e fronti di scavo": per questo genere di opera, in condizioni statiche, al § 6.8.2 viene prescritto che le verifiche (SLU) vengano effettuate utilizzando l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati alle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

Per quanto sopra la condizione di stato limite è stata valutata con riferimento ai **valori di progetto** dei parametri geotecnici.

I valori dei coefficienti parziali per le azioni (A2) sono stati desunti dalla seguente tabella estratta dalle NTC 2018.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_Q	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Per quel che riguarda i parametri geotecnici, nel caso di specie, in analogia con quanto previsto per i pendii naturali, le verifiche di stabilità globale devono essere condotte con riferimento ai valori di progetto derivati dall'applicazione dei coefficienti parziali di cui alla Tabella 6.2.II (M2) ai parametri geotecnici caratteristici del terreno schematizzati a pagina 14.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_t	1.0	1.0

L'applicazione dei suddetti coefficienti permette di definire il quadro dei parametri geotecnici di progetto necessari al fine di condurre le verifiche previste; di seguito sono riportati i relativi valori:

Tabella dei Valori di Progetto [Va]

N° Strato	quote [m] slmm	Y_{nat} [kN/m³]	Y_{sat} [kN/m³]	C_{ud} [kPa] AA.VV.	C'd [kPa]	Φd (°) Robertson and Campanella 1983	M mod. edometrico [MPa] Kulhawy & Mayne 1990
1	da 10,80 a 7.80	18.50	19.50	25	-	-	-
2	da 7,80 a 5.30/5.80	18,50	19.50	-	12	29	-
3a	da 5.30/5.80 a 4.60	18.50	19.50	10	17	23	1,2
3b	da 4.60 a -1.60	18.50	19.50	29	-	-	3,5
3c	da -1.60 a -6.70	18.50	19.50	35,7	-	-	4,2
4	da - 6.70 a - 9.20	18,50	19.50	-	-	29	-

I valori dei coefficienti parziali per le resistenza (R2) per le verifiche di stabilità globale in condizioni statiche sono stati desunti dalla seguente tabella estratta dalle NTC 2018.

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

In generale le azioni restano invariate, poiché il coefficiente A2 è pari all'unità, mentre il Fattore di sicurezza di stabilità globale (Fs) dovrà risultare almeno maggiore di 1,1 (R2); per il caso in esame, considerato il livello di conoscenze raggiunto, si ritiene opportuno adottare un $F_s > 1,30$.

Ipotesi di ricostruzione della difesa spondale e miglioramento delle condizioni di stabilità mediante pali passivi

Considerate le caratteristiche geotecniche dei terreni d'imposta arginale si è ipotizzato di abbinare al tipico intervento di protezione spondale (difesa radente) in pietrame naturale la realizzazione di una palificata costituita da una fila di pali in legno, battuti, al fine di migliorare la stabilità e quindi l'efficacia dell'intervento di rivestimento spondale.

L'utilizzo dei pali in legno permetterebbe di conseguire obiettivi di economicità e, non da ultimo, di basso impatto ambientale.

L'utilizzo di palificate di questo tipo è stato testato, con buoni risultati, in circostanze differenti, per la stabilizzazione di scarpate arginali in frana secondo superfici di scivolamento a componente rotazionale e/o traslazionale; qui si cita ad esempio un intervento realizzato nell'anno 2003 in località Guarda Veneta (Figg. 13 e 14).



Figura 13 – Gennaio 2003 – frana in sinistra Po tra stanti 354-355 nel comune di Guarda Veneta



Figura 14 - Particolare della palificata in legno realizzata nell'anno 2003 nell'ambito dell'intervento di classifica RO-E-1382 "Lavori di somma urgenza per la messa in sicurezza dell'arginatura maestra in sinistra Po fra gli stanti 354-355 – IV T.C. nel comune di Guarda Veneta"- posizionamento della palificata al piede di frana.

Di seguito è riportata una sezione tipo rappresentativa dell'ipotesi di intervento che si intende attuare una volta verificata la bontà della soluzione progettuale proposta.

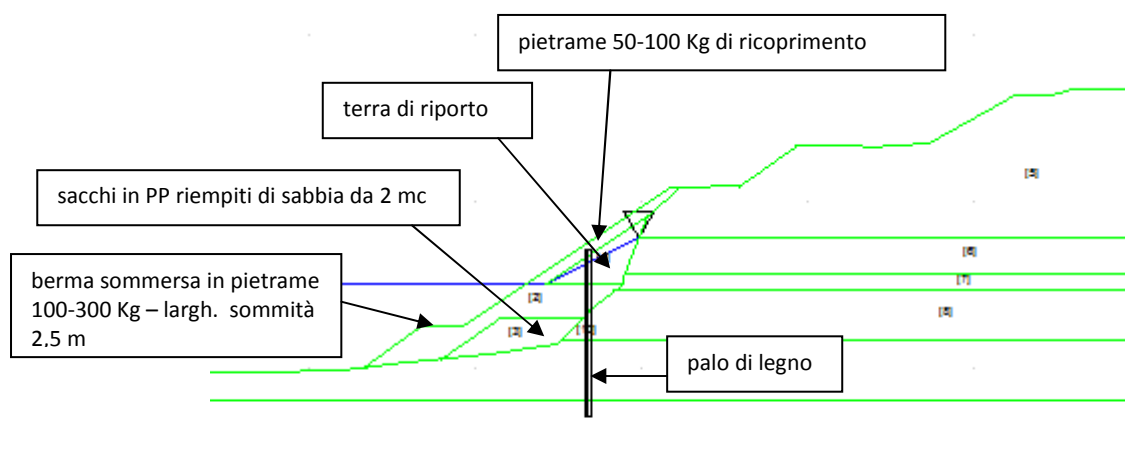


Figura 15 – Schema dell'ipotesi progettuale in verifica: si prevede l'utilizzo di pali passivi – berma stabilizzante al piede della scarpata sommersa costituita pietrame 100-300Kg e sacchi in polipropilene riempiti di sabbia (2 mc) – riempimento della parte alta della scarpata con terra e ricoprimento in pietrame 50-100 Kg

Analisi delle forze agenti su un palo

Le palificate, nella forma di una o più file di pali, sono una tecnica frequentemente adottata negli interventi di stabilizzazione di pendii o anche solo per aumentare il livello di stabilità del

pendio. Ogni fila di pali inserita per una certa profondità nel pendio (fig. 16), attraversando la potenziale superficie di scivolamento, e inserendosi saldamente nei terreni sottostanti, è in grado di esercitare una forza di reazione F_p (fig. 17) opposta al movimento che permette di aumentare il fattore di sicurezza globale del pendio.

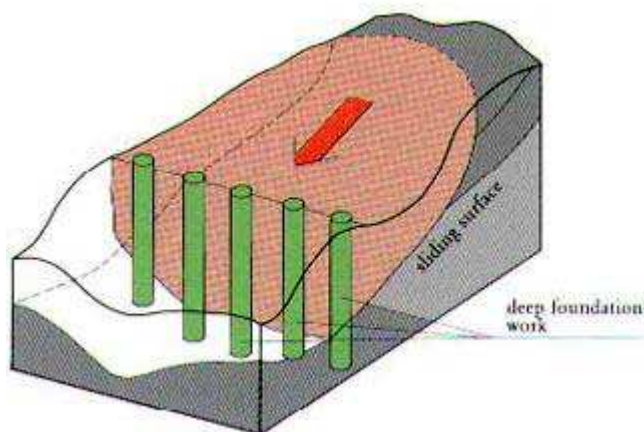


Figura 16

Una fila di pali inserita in un pendio di terreno instabile e deformabile plasticamente come nel caso di una frana, è soggetta ad una distribuzione di forze difficilmente determinabile per via dell'interazione tra i pali ed il terreno che si deforma plasticamente.

La trattazione di questa problematica è stata sviscerata dai ricercatori giapponesi Ito e Matsui (1975) i quali determinano il valore della pressione ultima esercitata da una coltre su una fila di pali indeformabili e posti lungo una fila perpendicolare alla direzione del moto; in particolare gli autori pongono in relazione la pressione ultima con i parametri di resistenza del terreno, con il diametro dei pali e con la distanza reciproca fra essi.

Le ipotesi del metodo di Ito e Matsui (1981) sono le seguenti:

- 1) Al di sopra della superficie di scorrimento assunta i pali sono sottoposti a carichi noti.
- 2) Al di sotto della superficie di scorrimento i pali sono assimilati a travi su suolo elastico.
- 3) Il terreno instabile è contenuto dall'azione esercitata dai pali
- 4) Le sollecitazioni dei pali sono pari a quelle ammissibili.

Nel caso in esame è stata utilizzata la formulazione di Ito e Matsui (1981) nella versione corretta da Kumar et Hall (2006) per pali molto ravvicinati.

La formulazione originaria a cui gli autori pervengono è la seguente.

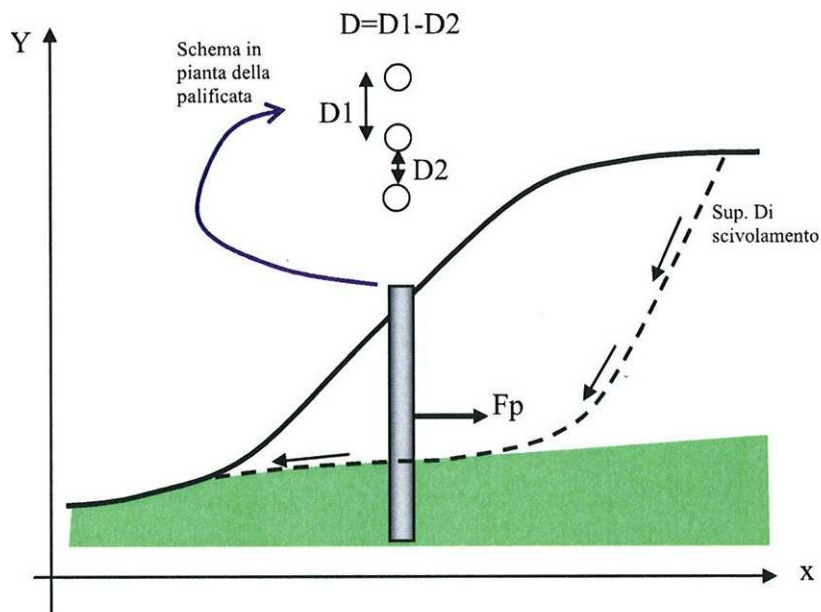


Figura 17 – fila di pali in un terreno deformabile

$$q(z) = cA \left(\frac{1}{N_\phi \tan \phi} \{E - 2N_\phi^{0.5} \tan \phi - 1\} + B \right) - c(D_1 B - 2D_2 N_\phi^{-0.5}) + \frac{\sigma}{N_\phi} (AE - D_2)$$

dove:

$$N_\phi = \tan^2 \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right]$$

$$A = D_1 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^{N_\phi^{0.5} \tan \phi + N_\phi - 1}$$

$$B = \frac{2 \tan \phi + 2N_\phi^{0.5} + N_\phi^{-0.5}}{N_\phi^{0.5} \tan \phi + N_\phi - 1}$$

$$E = \exp \left[\frac{D_1 - D_2}{D_2} N_\phi \tan \phi \tan \left(\frac{\pi}{8} + \frac{\phi}{4} \right) \right]$$

e dove:

D_1 = interasse tra i pali (m)

D_2 = apertura tra i pali (m)

D = diametro dei pali (m)

σ = pressione litostatica calcolata alla profondità z dalla superficie (kPa)

c = valore medio della coesione fino alla profondità z (kPa)

Φ = angolo di attrito interno medio calcolato fino alla profondità z

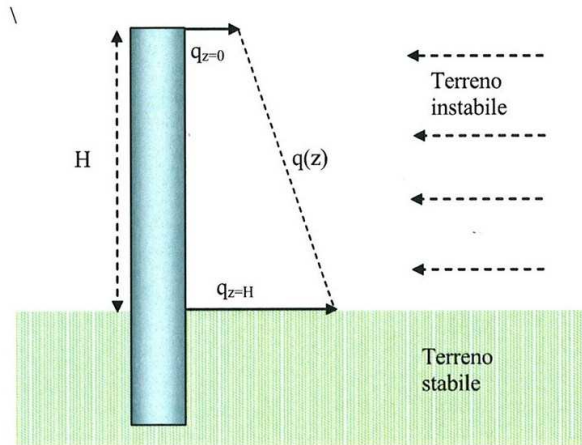


Figura 18

La funzione $q(z)$ ha una distribuzione in generale trapezoidale, come in figura 20, che degenera a rettangolare con $q(z) = \text{costante}$, nel caso Φ tenda a 0 .

Per avere la forza risultante di reazione della palificata F_p (kN/m) (forza di reazione unitaria per metro di larghezza fronte scarpata) localmente profonda H (fig. 18), l'eq. generale deve essere integrata da 0 a H e successivamente divisa per l'interasse della palificata D_1 :

$$F_p = \frac{\int_0^H q(z) dz}{D_1}$$

Il valore di F_p andrà a incrementare il contributo delle forze orizzontali resistenti nel calcolo di F_s . Tale valore dipenderà dalla complessa interazione delle caratteristiche geometriche e meccaniche del pendio e dalle caratteristiche geometriche della palificata, nonché dal suo posizionamento all'interno del pendio.

Tuttavia è importante notare che il valore di F_p è solo il valore massimo teorico in condizioni di plasticizzazione del suolo alla interfaccia suolo-palo e che quindi il valore reale di reazione mobilitato della palificata potrebbe essere anche molto più basso del massimo teorico.

E' necessario quindi considerare una forma più generale per il calcolo di $F_p \text{ mob}$.

Seguendo le indicazioni di Ito e Matsui (1981) $F_p \text{ mob}$ può essere espresso con la seguente equazione.

$$F_{p \text{ mob}} = F_p \alpha_m$$

Dove:

α_m è il coefficiente di mobilitazione della forza totale di reazione massima teorica della palificata che può assumere un valore variabile tra 0.0 e 1.0 dipendendo da una serie di condizioni come quella del livello di stabilità globale ma anche da altri fattori di seguito indicati. In sostanza in prima approssimazione avremo che:

$$\alpha_m = \frac{1}{F_s F_{NTC}}$$

Dove:

F_s : fattore di stabilità globale iterativo e finale;

F_{NTC} : fattore riduttivo addizionale (fattore di sicurezza addizionale) della resistenza della palificata che permette riduzioni in caso di sistemi di rinforzo sovradimensionati.

Nelle verifiche effettuate si è adottato F_{NTC} pari a 1,00.

Il comportamento della palificata e del pendio avviene attraverso l'utilizzo del metodo dell'equilibrio limite per valutare gli effetti su F_s . Tale analisi si basa sulla valutazione in successione di:

1. Spinta massima a cui la palificata viene sottoposta per effetto del terreno che si deforma plasticamente all'intorno dei pali.
2. Uso della forza di spinta massima, o di una frazione di essa, come forza resistente/stabilizzante aggiunta che la palificata è in grado di mobilitare.
3. Calcolo di un nuovo fattore di sicurezza F_s che tenga conto di questo effetto aggiuntivo.

Si fa presente inoltre che la palificata è stata inserita nel pendio anche come elemento resistente al taglio (lente-strato).

La lente-strato avrà caratteristiche geomeccaniche diverse dal terreno originale. La determinazione corretta dei parametri geomeccanici della lente-strato dipende dalle caratteristiche geometriche di base della palificata e dai rispettivi valori geomeccanici del materiale costituente il palo e del terreno originale nel quale la palificata è infissa.

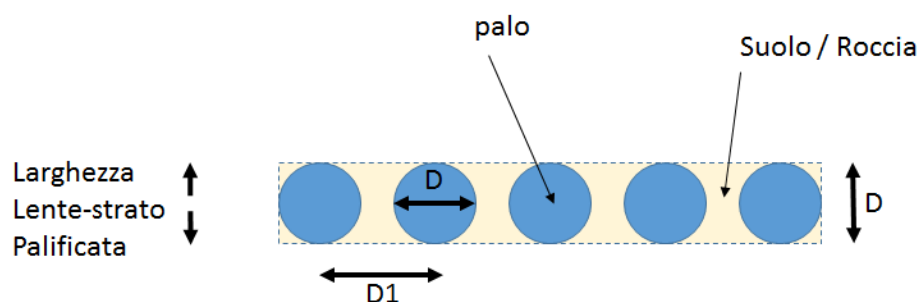


Figura 19

La figura 19 presenta una sezione orizzontale della palificata immersa in un terreno pre-esistente.

Abbiamo che $D1$ = interasse minimo tra i pali (m);

D = diametro dei pali (m);

D è anche equivalente alla larghezza (spessore) della nuova lente strato.

Se Ω_{pal} è il nuovo parametro geomeccanico generico da attribuire alla lente-strato per la palificata, esso è calcolabile come media ponderata dei rispettivi parametri geomeccanici assegnati al palo Ω_p e al suolo/roccia originale Ω_s . Ovvero **(1)**:

$$\Omega_{pal} = \varepsilon \Omega_p + (1 - \varepsilon) \Omega_s$$

dove ε è la frazione di volume occupata dai pali entro la lente-strato; ε è un coefficiente adimensionale che può essere calcolato con la seguente espressione e dipende dalla geometria della palificata:

$$\varepsilon = \frac{\pi D}{4 D1}$$

dove D e $D1$ hanno il significato sopra espresso; ε assume sempre un valore variabile tra 0 (pali infinitamente distanti) e 0.7854 ($D=D1$ pali a contatto).

Nel caso specifico, per la soluzione ipotizzata con $D = 0,35$ [m] e $D1 = [0,70]$ m ε vale 0,39.

La formula **(1)** vale anche per la determinazione del peso dell'unità di volume γ_{pal} della lente strato che simula il comportamento della palificata; per:

$\gamma_{legno} = 0,400$ [KN/m³] massa volumica caratteristica del legno massiccio - classe di resistenza EN 338 –per legno di conifera – categoria C35:

$\gamma_{terra} = 19,50$ [KN/m³]

risulta $\gamma_{pal} = 12,50$ [KN/m³]

Il comportamento della palificata in legno infissa in uno strato coesivo è stata simulata attraverso l'attribuzione di un idoneo valore di resistenza al taglio non drenata (C_u) alla lente strato verticale schematizzata nelle verifiche.

Per ottenere un idoneo valore da attribuire alla lente strato si è partiti dalla resistenza al taglio trasversale di pali in legno di abete; in particolare il valore di resistenza al taglio di tale essenza legnosa, in assenza di difetti, può essere assunto cautelativamente pari a 1,5 Mpa (valore caratteristico pari 3,4 Mpa per legno massiccio con classe di resistenza EN 338 per legno di conifera - categoria C35).

La presenza di difetti nel legno “strutturale” (nodi, fessurazioni, fibratura deviata, ecc.) riduce le proprietà di resistenza del materiale legnoso.

Le NTC 2008 al Capitolo 4 - § 4.4.6 “Resistenza di calcolo” per le strutture in legno stabiliscono che i valori di calcolo per le proprietà del materiale a partire dai valori caratteristici si assegnano con riferimento combinato alle classi di servizio e alle classi di durata del carico.

Il valore di resistenza di calcolo X_d di una proprietà del materiale viene calcolato mediante la relazione:

$$X_d = \frac{K_{mod} X_k}{\gamma_M}$$

dove:

- γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, i cui valori sono riportati nella Tab.4.4.III;
- k_{mod} è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. I valori di k_{mod} sono forniti nella Tab. 4.4.IV.
- X_k è il valore caratteristico della proprietà del materiale;

Tabella 4.4.II - Classi di servizio

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Tabella 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	γ_M
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
- combinazioni eccezionali	1,00

Tabella 4.4.IV - Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio Legno lamellare incollato	EN 14081-1 EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Quindi, nel caso in esame sono stati applicati al materiale “legno” i seguenti coefficienti:

- γ_M pari a 1,50
- K_{mod} pari a 0,50

Il valore finale utilizzato per Ω_{pal} considera infine un fattore di riduzione dell'efficienza palificata per effetto del disturbo dovuto all'infissione di pali ravvicinati e simmetrici qualora $I/D < 3,75$ come nel caso in esame.

In definitiva si è determinato un valore operativo cautelativo di Ω_{pal} pari a 180 KPa.

Caratterizzazione geotecnica del pietrame di riporto

Per il pietrame di cava naturale (pezzatura variabile da 50-100 a 100-300 Kg) da utilizzare per la ricostruzione e la protezione della difesa di sponda è stato assunto un comportamento geomeccanico simile agli ammassi rocciosi fratturati secondo il criterio di rottura non lineare di Hoek et al. (2002,2006), integrato con il criterio di Lei et al. (2016).

Con tale metodo si giunge ad ottenere in modo molto efficiente i valori ϕ' e c' necessari al processo di calcolo della verifica di stabilità rigorosa, attraverso la determinazione puntuale dei valori delle funzioni $\tau(\sigma_n)$, $c'(\sigma_n)$, $\phi'(\sigma_n)$ lungo l'involuppo di rottura curvo rappresentato in figura 20.

Questo criterio di rottura estende quello tradizionalmente usato per i terreni sciolti (Mohr-Coulomb) permettendo di utilizzare il metodo di verifica di stabilità mediante l'equilibrio limite anche in presenza di ammassi rocciosi fratturati, dove è necessaria la definizione della resistenza al taglio dell'ammasso roccioso in termini di parametri ϕ' e c' .

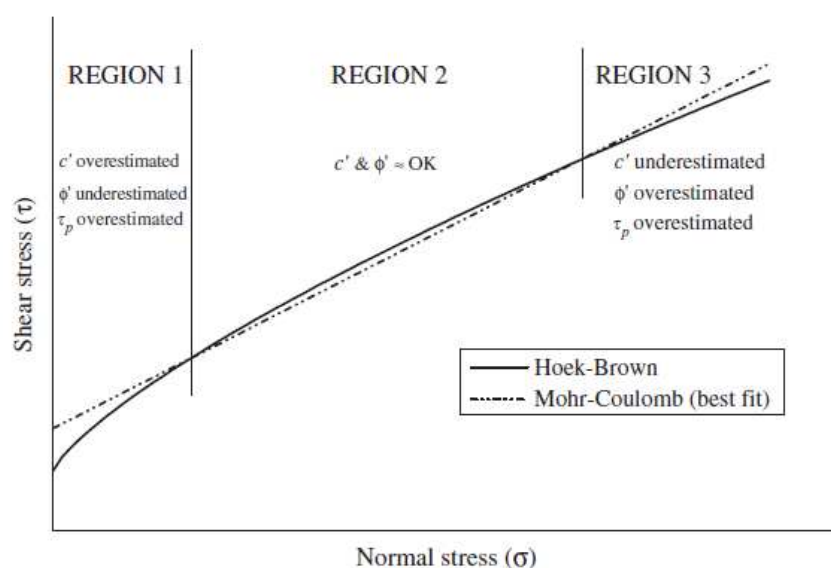


Figura 20 – Confronto tra l'involuppo a rottura del criterio di Mohr-Coulomb ed il criterio di Hoek-Brown generalizzato – L'utilizzo del criterio di HB non lineare permette di evitare sovrastime o sottostime dei vari parametri c' e ϕ' equivalenti

Il metodo presenta una capacità di generalizzazione molto ampia, potendo spaziare dagli ammassi rocciosi in rocce consistenti, alle rocce deboli fino alle rocce tenere e agli ammassi in formazioni in facies di flysch (Marinos & Hoek; 2001, Marinos, 2017).

Uno dei principi base della meccanica delle rocce è che la resistenza meccanica di un ammasso roccioso nel suo insieme è generalmente più bassa rispetto a quello degli elementi di roccia intatta che lo compongono.

La resistenza meccanica complessiva è infatti funzione della resistenza meccanica degli elementi di roccia intatta e di una serie di caratteristiche dell'ammasso: presenza e distribuzione di fessure e giunti; effetti di disturbo esterni quali scavi, trivellazione e uso di esplosivi; variabilità delle caratteristiche dell'ammasso alla scala dell'affioramento, indotta da discontinuità litologiche e strutturali: bande di alterazione e fasce milonitiche/cataclastiche, sistemi di faglie, alternanze con litologie diverse in formazioni in facies di flysch.

Per l'applicazione del criterio di rottura di Hoek et al (2002), anche detto "sistema/metodo GSI", è necessario determinare o stimare per l'ammasso quattro parametri di base:

- 1) la resistenza a compressione uniassiale σ_{ci} [Mpa] degli elementi di roccia intatta, valutata solitamente mediante prove Point Load o assimilate: nelle verifiche è stato assunto un valore cautelativo pari a 75 [Mpa]; si fa presente che nel C.S.A. è previsto il valore limite inferiore pari a 80 [Mpa];

- 2) l'indice geologico di resistenza GSI (adimensionale) che sintetizza le caratteristiche strutturali essenziali dell'ammasso: a tale indice è stato attribuito il valore di 10 desunto dalla seguente tabella (Fig. 21).

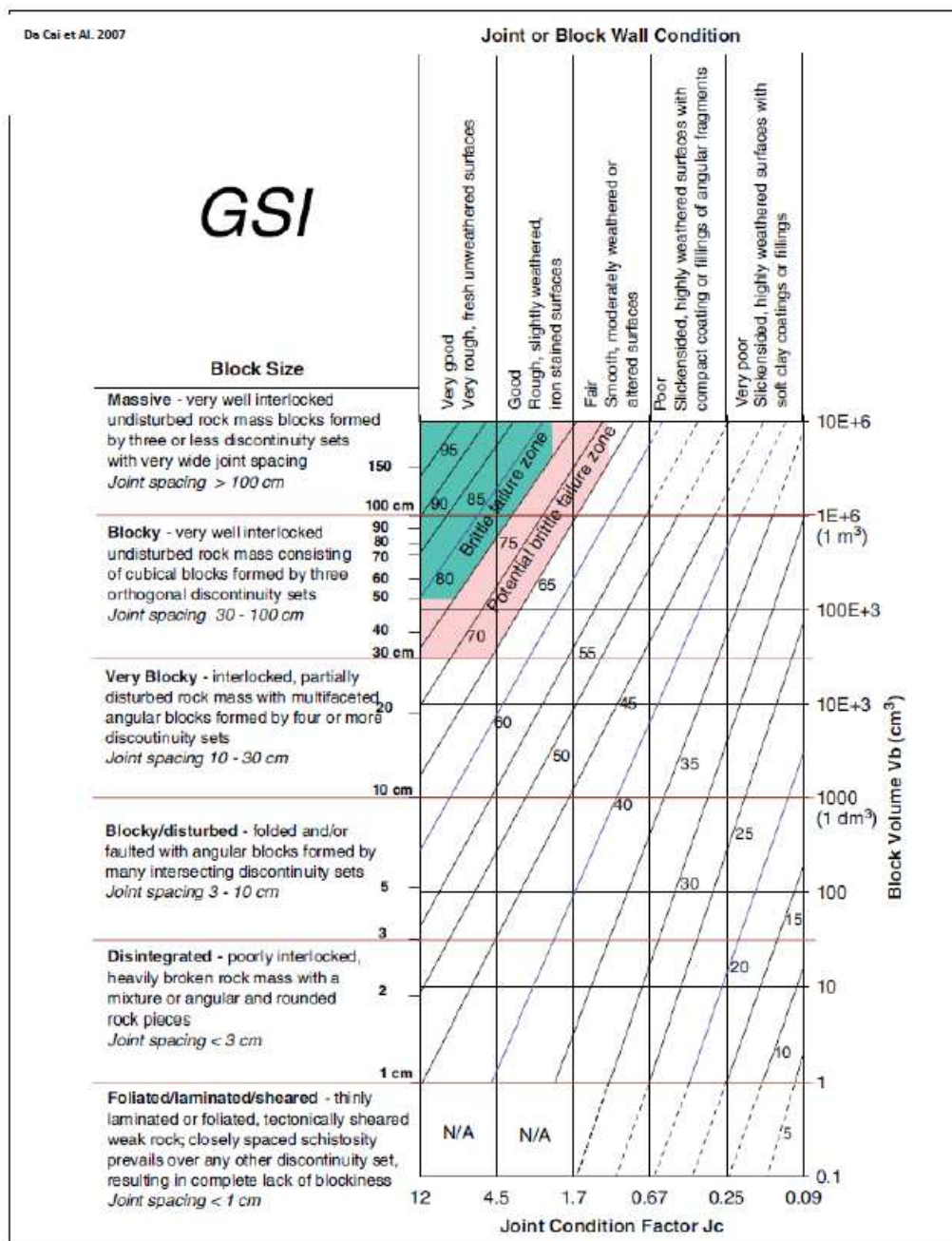


Figura 21 – tabella dei valori di GSI

3) la costante litologica mi (adimensionale), che dipende dalla litologia dell'ammasso, è anch'essa stimabile da apposite tabelle: a tale costante è stato attribuito il valore di 10 desunto dalla seguente tabella (Fig. 22):

Table 2: Values of the constant m_i for intact rock, by rock group⁴. Note that values in parenthesis are estimates. The range of values quoted for each material depends upon the granularity and interlocking of the crystal structure – the higher values being associated with tightly interlocked and more frictional characteristics.

	Rock type	Class	Group	Texture			
				Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY		Clastic		Conglomerates *	Sandstones 17 ± 4	Siltstones 7 ± 2	Claystones 4 ± 2
				Breccias *		Greywackes (18 ± 3)	Shales (6 ± 2) Marls (7 ± 2)
	Non-Clastic	Carbonates		Crystalline Limestone (12 ± 3)	Sparitic Limestones (10 ± 2)	Micritic Limestones (9 ± 2)	Dolomites (9 ± 3)
					Gypsum 8 ± 2	Anhydrite 12 ± 2	
		Organic					Chalk 7 ± 2
METAMORPHIC		Non Foliated		Marble 9 ± 3	Hornfels (19 ± 4) Metasandstone (19 ± 3)	Quartzites 20 ± 3	
		Slightly foliated		Migmatite (29 ± 3)	Amphibolites 26 ± 6	Gneiss 28 ± 5	
		Foliated**			Schists 12 ± 3	Phyllites (7 ± 3)	Slates 7 ± 4
IGNEOUS		Plutonic	Light	Granite 32 ± 3 Diorite 25 ± 5 Granodiorite (29 ± 3)			
			Dark	Gabbro 27 ± 3 Norite 20 ± 5 Dolerite (16 ± 5)			
		Hypabyssal		Porphyries (20 ± 5)		Diabase (15 ± 5)	Peridotite (25 ± 5)
	Volcanic	Lava		Rhyolite (25 ± 5) Andesite 25 ± 5		Dacite (25 ± 3) Basalt (25 ± 5)	
				Agglomerate (19 ± 3)		Breccia (19 ± 5)	
		Pyroclastic				Tuff (13 ± 5)	

* Conglomerates and breccias may present a wide range of m_i values depending on the nature of the cementing material and the degree of cementation, so they may range from values similar to sandstone, to values used for fine grained sediments (even under 1.0).

** These values are for intact rock specimens tested normal to bedding or foliation. The value of m_i will be significantly different if failure occurs along a weakness plane.

⁴ Note that this table contains several changes from previously published versions. These changes have been made to reflect data that has been accumulated from laboratory tests and the experience gained from discussions with geologists and engineering geologists.

Figura 22 - tabella dei valori di m_i

- 4) il fattore di disturbo D (adimensionale) che variando da 0 a 1 rappresenta il grado di disturbo indotto nell'ammasso roccioso da operazioni di scavo, sia questo meccanico o con esplosivi, e da processi di rilascio tensionale; per tale fattore è stato attribuito il valore di 0,8 desunto dalla seguente tabella (Fig. 23);

Valore di D suggerito (Hoek et al. 2002; Hoek , 2012) (con integrazioni dell'autore di questo manuale)	Condizioni di applicazione
$D=0.0$	Pendii naturali senza effetti di rilascio tensionale (tension cracks)
$D=0.5$	Pendii con fenomeni di rilascio tensionale visibili (tension cracks)**
$D=0.7$	Pendio oggetto di scavo meccanico e/o uso ottimale di esplosivi (con possibili rilasci tensionali)
$D=1.0$	Uso non ottimale di esplosivi e scavi a cielo aperto molto profondi, e con possibile rilascio tensionale.

Figura 23 - tabella dei valori D

Successivamente si determinano i parametri ϕ' e c' equivalenti con le seguenti espressioni:

Una tabella con i diagrammi completi delle funzioni $\tau(\sigma_n)$, $c'(\sigma_n)$, $\phi'(\sigma_n)$ associate a specifici valori di GSI, m_i , σ_{ci} e D, fornite come input per gli strati ai quali viene assegnato il criterio di rottura di Hoek, vengono prodotti alla fine di ogni report di verifica.

I parametri di resistenza meccanica che simulano il riporto in pietrame sono stati ridotti automaticamente di un fattore di sicurezza addizionale (Fattore di riduzione) che permette di venire incontro a normative tecniche come le NTC2008.

Nelle verifiche effettuate si è adottato F_{NTC} pari a 1,25.

Caratterizzazione geotecnica dei sacconi riempiti di sabbia

Considerati i notevoli volumi di pietrame di cava necessari al ripristino del paramento spondale ed al fine di diminuirne la cubatura necessaria al fine del ripristino spondale, è stato ipotizzato l'utilizzo parziale sostitutivo di sacconi in tessuto polipropilene (grammatura > di g. 250/m² - resistenza alla trazione non inferiore a 50 KN/m), riempiti con sabbia demaniale.

Il comportamento di resistenza al taglio di tale materiale di riporto è stato ipotizzato conformemente al criterio di rottura delle terre (secondo la teoria di Mohr-Coulomb) attribuendo i seguenti parametri geotecnici:

- $\phi'_k = 30^\circ$ (angolo di resistenza al taglio della sabbia sciolta contenuta nei sacconi);
- $c'_d = 0$ [KPa] essendo nulla la coesione del materiale contenuto nei sacconi e tra sacconi adiacenti.

Anche al suddetto valore dell'angolo d'attrito è stato applicato un fattore di sicurezza del materiale (f_m) pari al coefficiente di riduzione delle resistenze (M_2) applicato ai terreni in sito; pertanto il valore di progetto [V_d] da utilizzare per le verifiche di stabilità è il seguente:

- Angolo di attrito di progetto [V_d]: $\phi'_d = 25$ [°]

Caratterizzazione geotecnica della terra di riporto

Considerati i notevoli volumi di pietrame di cava necessari al ripristino del paramento spondale ed al fine di diminuirne la cubatura necessaria, è stato ipotizzato l'utilizzo di terra sciolta nella parte alta (normalmente fuori acqua) della difesa spondale (terra di classe A4).

Il comportamento di resistenza al taglio di tale materiale di riporto è stato ipotizzato conformemente al criterio di rottura delle terre (secondo la teoria di Mohr-Coulomb) attribuendo i seguenti parametri geotecnici:

- $\phi'_k = 29^\circ$ (angolo di resistenza al taglio di una terra a prevalente componente limosa);
- $c'_d = 0$ [KPa] - coesione del materiale di riporto.

Anche al suddetto valore dell'angolo d'attrito è stato applicato un fattore di sicurezza del materiale (f_m) pari al coefficiente di riduzione delle resistenze (M_2) applicato ai terreni in sito; pertanto il valore di progetto [V_d] da utilizzare per le verifiche di stabilità è il seguente:

- Angolo di attrito di progetto [V_d]: $\phi'_d = 24$ [°]

Verifiche di stabilità globale - soluzione con una fila di pali

Considerata la tipologia d'intervento che prevede la ricostruzione della difesa spondale tramite ricarica di pietrame di diversa pezzatura su terreni di fondazione coesivi (litologie argillose) la condizione di analisi più gravosa è quella cd. "a breve termine" che può essere condotta adottando per le litologie fini i parametri di resistenza al taglio in termini di tensioni totali (c_u).

Il soddisfacimento dei requisiti di stabilità dell'intervento in condizioni di breve termine soddisfa l'adeguatezza dell'intervento anche in condizioni di lungo termine.

Nelle verifiche condotte la quota di falda freatica assunta all'interno della sponda fluviale è stata incrementata rispetto alla quota misurata in sito nel periodo di monitoraggio al fine di verificare le condizioni più gravose.

Considerate le condizioni morfologiche dello stato di fatto dei luoghi le verifiche sono state condotte lungo le sezioni di progetto rappresentative n. 1 e 4.

Si fa presente che le altezze (esprese in metri) indicate nelle sezioni di verifica sono ottenute aumentando le quote assolute del valore 20 per rispettare le convenzioni di utilizzo del programma SSAP 2010 – versione 4.9.8 con il quale sono state condotte le verifiche di stabilità globale con il metodo Convex Random Search.

Come anzidetto, le caratteristiche geometriche della palificata ipotizzata sono le seguenti (sia per la Sez. 1 che per la Sez. 4):

D (diametro pali) = 0,35 m

D1 (interasse tra i pali) = 0,70 m

Unica fila di pali - Lunghezza m 10,00

Quindi si è proceduto a dar corso alle verifiche di stabilità globale in condizioni statiche per individuare la superficie di scivolamento a minor fattore di sicurezza (F_s); considerato che le indagini geognostiche sono state condotte sulla piarda (non completamente ispezionata per problemi di ancoraggio del penetrometro) e che l'intervento interesserà in buona parte l'alveo di magra antistante (sommerso), per il caso in esame, considerato il livello di conoscenze raggiunto, si ritiene opportuno adottare un F_s minimo $> 1,15$ (si ricorda che il valore minimo stabilito da normativa è 1,10).

Per poter raggiungere il suddetto valore del fattore sicurezza è stato necessario ipotizzare il rinforzo del pendio con l'inserimento di una fila di pali in legno.

Per la verifica in corrispondenza della Sezione 1 si è ipotizzato di infiggere una fila di pali in legno ad una distanza di circa 5 m dal ciglio a fiume della difesa in pietrame da ricostruire fiume (che corrisponde alla distanza di 29 m dal ciglio della sommità arginale) e con una quota finale della testa dei pali a 7 m sul l.m.m..

Con l'inserimento della palificata la superficie di scivolamento critica individuata ha un coefficiente di sicurezza $F_s = 1,368$ (vedi Figg. 24 e 25).

Analogamente si è proceduto per la verifica in corrispondenza della Sezione 4 inserendo la palificata in posizione baricentrica rispetto alla sagoma di progetto (a distanza di m 23,60 dal ciglio della sommità arginale) e con una quota finale della testa dei pali a 7,50 m sul l.m.m..

Con l'inserimento della palificata la superficie critica individuata ha un coefficiente di sicurezza $F_s = 1,194$ (vedi Figg. 26 e 27).

Riassumendo, dalla verifiche di stabilità globale del complesso palificata-riporto-pendio risulta:

- F_s pari a 1,368 per la Sezione 1 in condizioni statiche;
- F_s pari a 1,194 per la Sezione 4 in condizioni statiche;

lungo superfici di scivolamento che in entrambe le sezioni verificate, seppur diversamente, sovra-passano la palificata.

Nelle diverse sezioni verificate la palificata non risulta interessata da superfici di scivolamento critiche ($F_s < 1$) evidenziando stabilità, quindi assenza di spostamenti della massa di terra a monte delimitata dalla superficie di scivolamento a minore F_s .

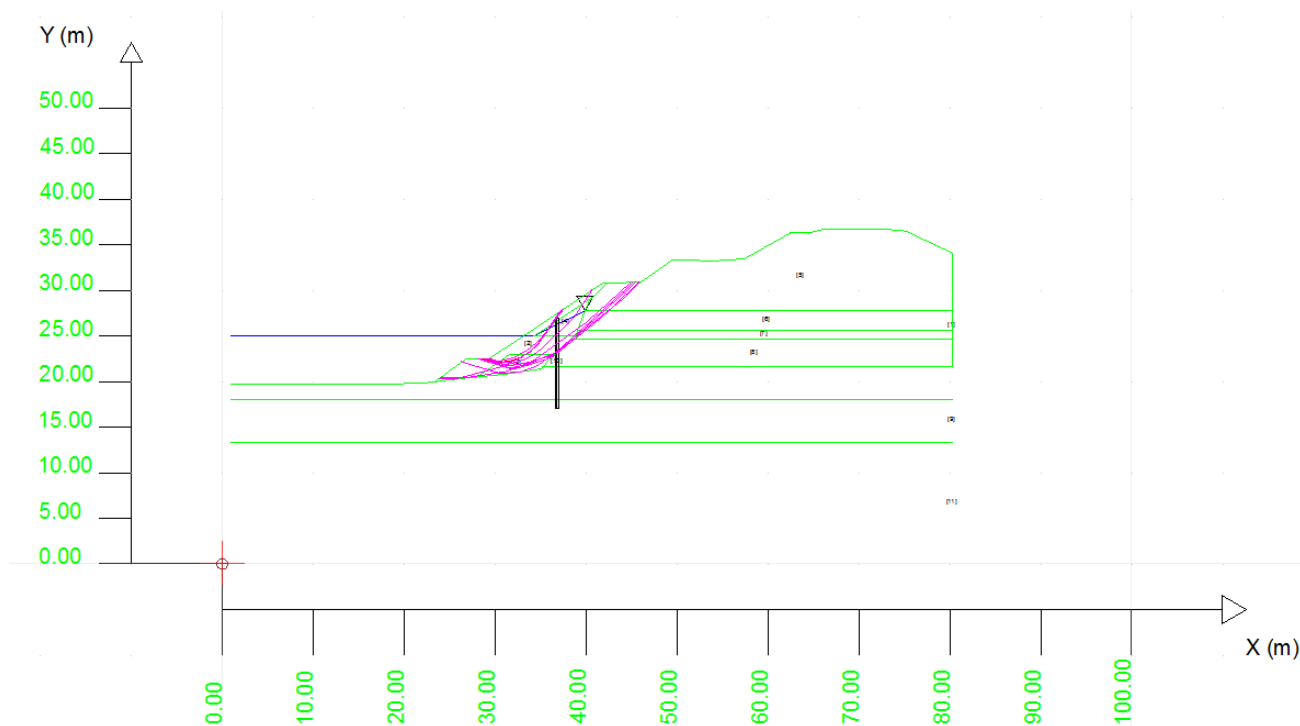


Figura 24 - Rinforzo della scarpata nell'ipotesi di infissione di una fila di pali in legno (10 m di lunghezza): Sez. 1 - pali ubicati a m 29 m dal ciglio di sommità arginale – quota testa pali: 7 m s.l.m.m. – gruppo delle 10 superfici con F_s minore (fascia critica).

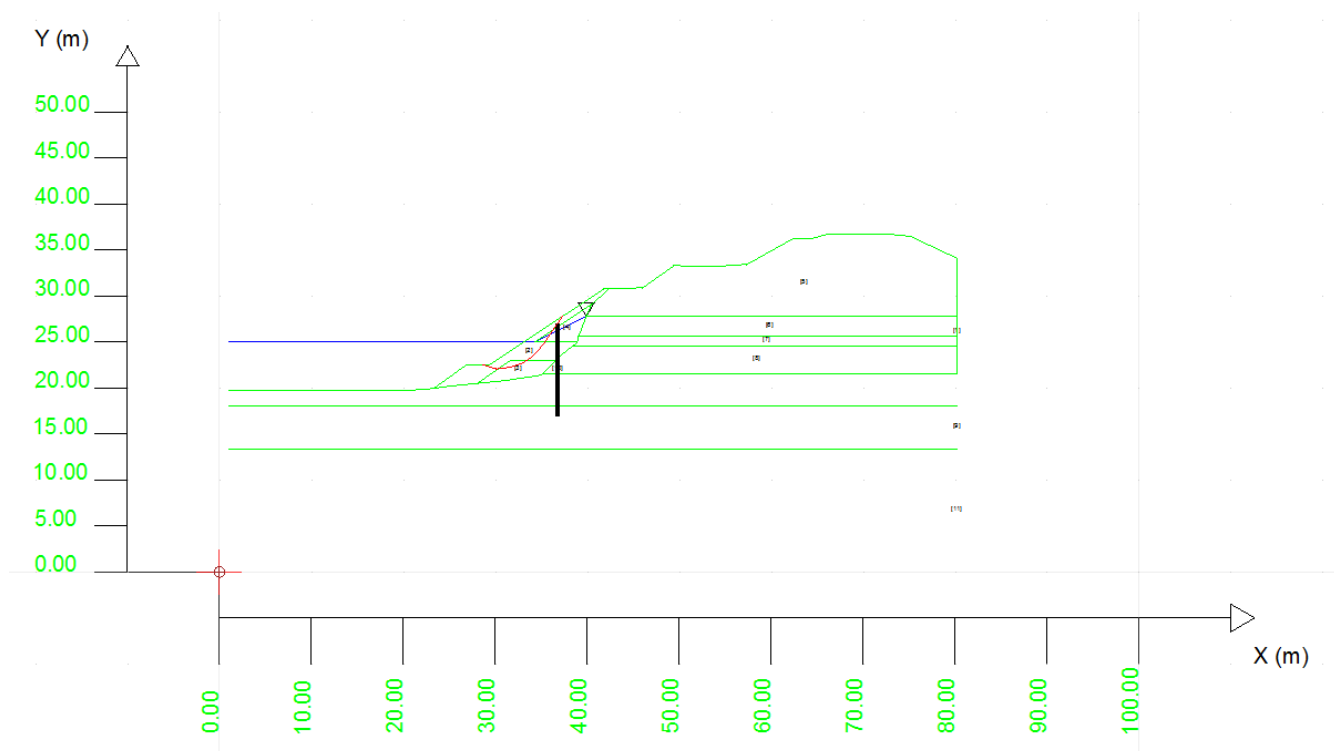


Figura 25 - Rinforzo della scarpata nell'ipotesi di infissione di una fila di pali in legno (10 m di lunghezza): **Sez. 1** - pali ubicati a m 29 m dal ciglio di sommità arginale – quota testa pali: 7 m s.l.m.m. – in rosso la superficie critica $F_s = 1,368$

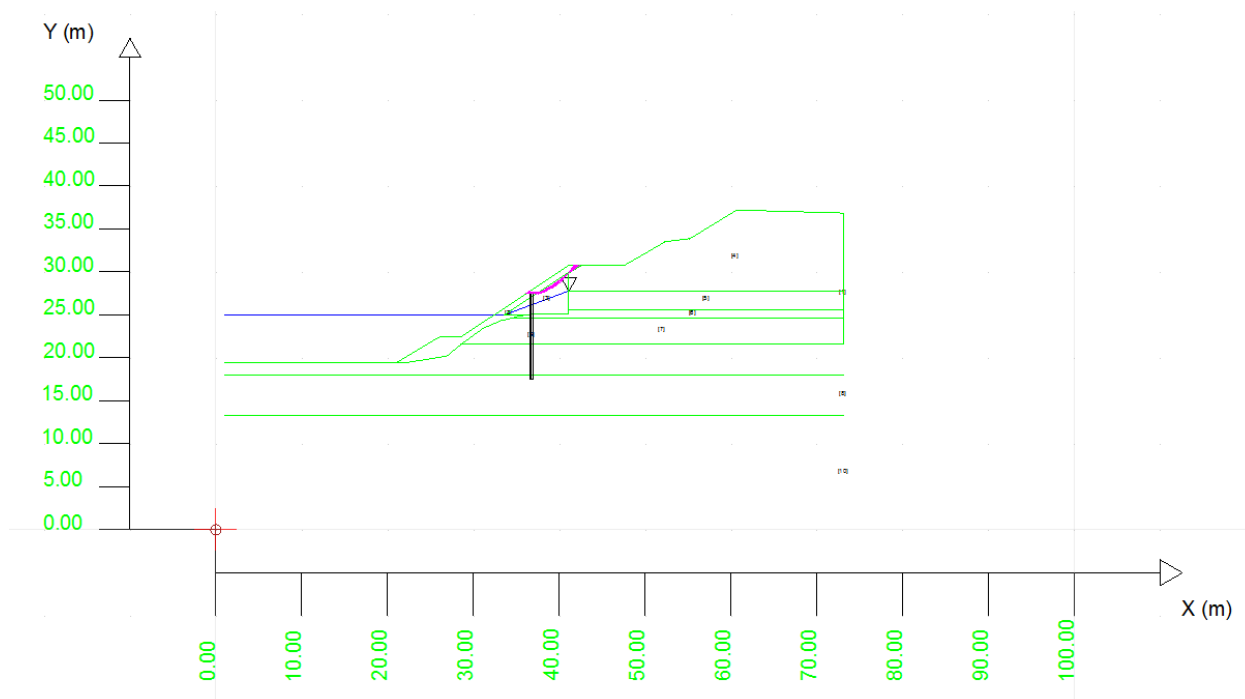


Figura 26 - Rinforzo della scarpata nell'ipotesi di infissione di una fila di pali in legno (10 m di lunghezza): **Sez. 4** - pali ubicati a m 23,60 dal ciglio di sommità arginale – quota testa pali: 7,50 m s.l.m.m. – gruppo delle 10 superfici con F_s minore (fascia critica).

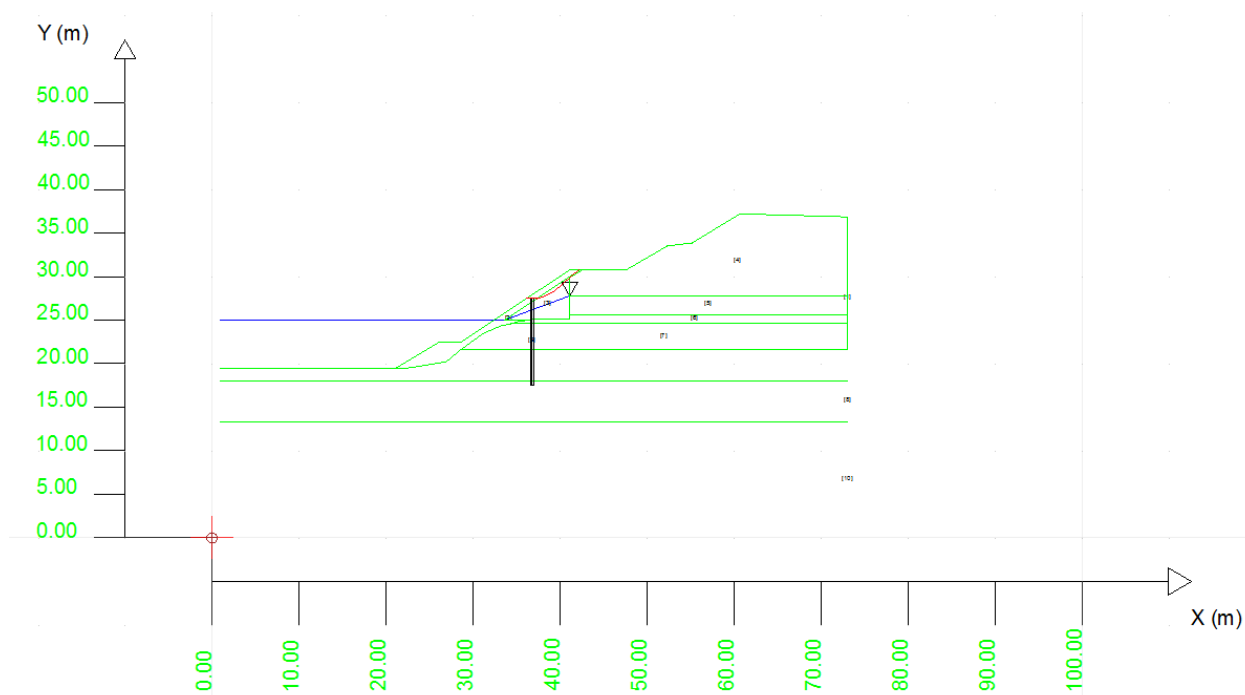


Figura 27 - Rinforzo della scarpata nell'ipotesi di infissione di una fila di pali in legno (10 m di lunghezza): **Sez. 4** - pali ubicati a m 23,60 dal ciglio di sommità arginale – quota testa pali: 7,50 m s.l.m.m. - in rosso la superficie critica $F_s = 1,194$.

Verifiche di capacità portante dei terreni di fondazione – Elementi generali

In relazione al sovraccarico determinato dalla realizzazione della difesa spondale, con riporto di pietrame e terra, sono state effettuate le verifiche al collasso per carico limite dell'insieme manufatto- terreno.

Anche tali verifiche devono essere svolte per la condizioni di SLU.

Le verifiche nelle condizioni di Stato Limite richiedono ancora il rispetto della seguente condizioni generale:

$$Ed < Rd$$

dove:

Ed = azioni o effetto delle azioni di progetto;

Rd = azioni o effetto delle azioni resistenti del sistema geotecnico.

In entrambi i termini le azioni si moltiplicano per il coefficienti γ_f , i parametri geotecnici si dividono per i coefficienti γ_m ; inoltre la resistenza globale si divide per i coefficienti γ_r (che sono in pratica coefficienti di sicurezza globale: $R/E > \gamma_r$)

La resistenza del sistema geotecnico dell'area indagata viene calcolata a partire dalla teoria della capacità portante secondo Brinch-Hansen (1970) con l'applicazione della formula generale:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot [s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma] + c \cdot N_c \cdot [s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c] + q \cdot N_q \cdot [s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q] \quad \left| \right.$$

dove:

q_{lim} è il carico limite (corrispondente a **Rd**);

B è la larghezza della fondazione;

c è la coesione;

$$q = \gamma' \cdot D$$

γ' è il peso di volume - **D** è la profondità del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_γ : sono i fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di attrito Φ ;

s_g, s_c, s_q : sono fattori di forma della fondazione;

i_g, i_c, i_q : sono fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione del carico;

b_g, b_c, b_q : sono fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione della base della fondazione;

g_g, g_c, g_q : sono fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione del piano campagna;

dg, dc, dq: sono fattori correttivi dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Il primo fattore della formula è riferito al terreno compreso tra il piano di posa della fondazione e la profondità alla quale può spingersi il cuneo di rottura; il terzo fattore della formula è riferito al terreno compreso tra il piano campagna e il piano di posa della fondazione.

Si è calcolata la capacità portante in termini di tensioni totali considerato che la berma di fondazione poggia sui terreni coesivi dello strato 3 (dalle scarse caratteristiche di resistenza) e, di fatto, la condizione a breve termine, che è quella che si manifesta immediatamente dopo l'imposizione del carico superficiale, è la più penalizzante.

L'approccio suddetto pone il sistema nelle condizioni più gravose, ipotizzando un'applicazione istantanea dei carichi, con conseguente notevole incremento delle pressioni interstiziali, che non possono essere dissipate per drenaggio.

In particolare, operando in termini di tensioni totali, la formula del carico limite si riduce notevolmente e diventa indipendente dalle caratteristiche della fondazione.

Nel caso di terreni coesivi l'angolo di attrito è $\phi = 0^\circ$ e la resistenza è espressa in termini di C_u ; pertanto deriva che $N_r = 0$; $N_q = 1$ e $N_c = 5,14$.

Per semplicità le condizioni di carico sono state considerate di tipo triangolare; la superficie d'imposta della berma sommersa coincide in massima parte con il locale fondo alveo.

Per quanto sopra la formula del carico limite si semplifica notevolmente e diventa:

$$q_{lim\ netta} = 5,14\ C_{uk}$$

dove C_{uk} è la coesione caratteristica non drenata.

Nelle verifiche a rottura per carico limite e scorrimento la normativa impone di applicare l'Approccio 2 - combinazione ($A1+M1+R3$) con l'applicazione dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I (vedi pag. 16), 6.2.II (vedi pag. 16), 6.4.I di seguito riportata.

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

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

Riassumendo, i coefficienti parziali da applicare alla presente verifica sono ora i seguenti:

$$A1 = 1,3 \quad - \quad M1 (C_{uk}) = 1 \quad - \quad R3 = 2,3$$

Con l'utilizzo dell'Approccio 2 le azioni permanenti sfavorevoli (peso proprio del manufatto) vengono amplificate (coeff. parziale $A_2 = \gamma_{G1} = 1,3$).

La resistenza caratteristica del materiale C_{uk} non viene ridotta in quanto $\gamma_{cu} = 1,0$ (M1).

Infine la R_d risultante è ridotta del fattore (R_3) tramite il coefficiente γ_R (2,3).

Nel calcolo è stata considerata la situazione di carico più gravosa (Sez. 4) che comporta un'altezza di carico del riporto in pietrame pari a 4,60 m (fuori acqua) ed un peso specifico del pietrame pari a 16,00 KN/mc in (fuori acqua); non è prevista l'applicazione di carichi variabili $Q = 0$.

Considerata la quota d'imposta del riporto (quota 5,0 circa in corrispondenza della Sezione 4) e una larghezza media dell'impronta di carico nastriforme (B) pari a 7 m, il calcolo della capacità portante dei terreni di fondazione è condizionato esclusivamente dalle terre coesive dello strato 3, come suddivise nelle sotto-stratificazioni 3a, 3b e 3c per tenere conto delle variazioni di C_u con la profondità.

In presenza di più livelli stratigrafici entro la profondità $H=B$ con comportamento meccanico simile si possono adottare dei parametri di resistenza al taglio ottenuti da una media pesata:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \begin{matrix} X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \} \\ W = \{ w_1, w_2, \dots, w_n \} \end{matrix}$$

Nel caso di specie risulta:

$$C_{u,k,m} = (14 \times 0,52 + 40 \times 3,00 + 50 \times 3,48) / 7 = 43 \text{ KPa}$$

Nel merito quindi:

$$R_d = N_c \times C_{u,k,m} / \gamma_{cu} = (5,14 \times 43) / 1 = 221,23 \text{ KN/m}^2$$

$$E_d = (G \times \gamma_{G1} + Q \times \gamma_q) = [16,00 \times 4,60 \times 1,3] = 95,68 \text{ KN/m}^2$$

Pertanto:

$$E_d (95,68 \text{ KN/m}^2) < R_d / \gamma_R (221,230 / 2,3)$$

$$95,68 \text{ KN/m}^2 < 96,19 \text{ KN/m}^2 \text{ (verifica soddisfatta)}$$

Verifica al collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLV, la stabilità della fondazione deve essere verificata anche rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale.

Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista.

La verifica di sicurezza nei confronti della rottura per scorrimento sul piano di posa orizzontale (SLU) dovrà soddisfare la disequaglianza:

$$Vsd < FRd + Epd$$

dove:

Vsd: valore di progetto della forza orizzontale;

FRd: Resistenza di calcolo per attrito ed adesione

$FRd = Nsd \times \tan \varphi + c_a \times A$; Nsd è il valore di calcolo della forza verticale – φ e c_a sono rispettivamente l'angolo d'attrito del terreno di fondazione e l'adesione fondazione-terreno

Epd: Resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno nel caso di fondazione incassata, nel nostro caso $Epd = 0$.

Tenuto conto che al manufatto non sono applicate forze orizzontali ($Vsd=0$) la verifica può ritenersi soddisfatta.

Calcolo dei cedimenti

Il riporto di pietrame di cava naturale a realizzazione della difesa radente sarà soggetto di assestamenti propri.

I cedimenti-assestamenti propri del riporto dipenderanno dalle caratteristiche costruttive dello stesso ed in particolare dall'accuratezza con la quale lo stesso verrà posato in opera (meccanicamente) dall'operatore; l'utilizzo di pietrame di grossa pezzatura (50-100 e 100-300 Kg) e le condizioni di lavoro in alveo (in condizioni di parziale sommersione del manufatto in corso di realizzazione) rendono di estrema difficoltà, se non impossibile, la migliore posa dell'inerte in condizioni sommerse.

Molto realisticamente in tali circostanze si attende che il materiale annegato in acqua si assesti rapidamente, per quanto è possibile, da sé.

Per quel che concerne invece la determinazione dei cedimenti dei terreni di fondazione, dovuti al sovraccarico indotto dalla realizzazione della difesa radente, ci si può affidare all'utilizzo della teoria dell'elasticità supponendo l'imposta di carico assimilabile ad una striscia nastriforme con distribuzione di carico di tipo triangolare, delimitata lato argine dalla parete subverticale della sponda incisa.

Facendo ricorso alla teoria del semispazio elastico omogeneo ed isotropo è possibile definire in ogni punto del sottosuolo e per il previsto schema di carico, i valori delle corrispondenti tensioni indotte nel sottosuolo.

Il peso specifico del pietrame e della terra di riporto sono stati considerato pari a 16,00 KN/m³ (fuori acqua) mentre l'altezza massima del riporto in corrispondenza della Sezione 4 è pari a 4,6 m.

Ricavati ad ogni profondità i corrispondenti valori di $\Delta\sigma_x$, $\Delta\sigma_y$, $\Delta\sigma_z$ è possibile ricavare il corrispondente valore di deformazione verticale dei terreni di fondazione (ϵ_z) attraverso l'espressione:

$$\epsilon_z = (\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))/E$$

noti i valori del modulo di deformabilità E ed il coefficiente di Poisson ν .

In presenza di condizioni di carico edometriche (lungo l'asse baricentrico del carico) vale la condizione $E = E_{ed}$ (modulo edometrico); in tutti gli altri punti del sottosuolo i valori si discostano in funzione del coefficiente di Poisson.

Nei problemi connessi al raggiungimento dello Stato Limite di Esercizio (SLE) quale quello relativo al calcolo dei cedimenti i valori di resistenza di progetto da utilizzare nelle calcolazioni sono uguali a quelli caratteristici per cui $V_k = V_d$.

In particolare per quel che qui interessa i valori dei moduli elastici di progetto saranno quelli caratteristici $E'_d = E'_k$; considerato comunque che le indagini sono state effettuate lungo verticali al di fuori dell'alveo di magra i valori del modulo edometrico utilizzati sono stati cautelativamente dimezzati.

Il valore dell'angolo d'attrito dei terreni coesivi interessati dal sovraccarico è quelli derivato dalle prove triassiali tipo CID, pari a 23° (Sondaggio 1 – C2).

I coefficienti parziali sulle azioni A e sui parametri di resistenza R sono sempre unitari.

Il calcolo dei cedimenti è stato esteso sino alla profondità alla quale il rapporto tra l'incremento di tensione media nel sottosuolo per effetto del sovraccarico dovuto al rilevato e la tensione media efficace è risultati pari alla percentuale dell' 1%.

Per la determinazione dei cedimenti immediati e totali è stato utilizzato apposito foglio di calcolo della DEI – Tipografia del genio Civile – II Edizione 2010.

I cedimenti previsti a seguito della realizzazione della difesa radente sono stati calcolati secondo una serie di punti significativi trasversali alla sezione di carico.

Nel calcolo dei cedimenti, al fine di semplificare l'analisi, si è fatta l'assunzione di un piano campagna orizzontale.

Il cedimento totale (comprensivo dei cedimenti immediati) è stimato di poco superiore a 5 cm in prossimità del baricentro del triangolo di carico (cedimento totale massimo) riducendosi a poco più di 1 cm ai margini dell'impronta di carico.

Il cedimento assoluto e differenziale stimato è da ritenersi indicativo considerata l'assunzione di un piano campagna orizzontale; dai risultati emersi, tenuto conto della tipologia dell'opera, i cedimenti si ritengono compatibili con la funzionalità dell'opera.

Conclusioni

La presente relazione costituisce supporto tecnico al progetto di rifacimento della difesa spondale (difesa radente) da realizzare in località Ficarolo, in sinistra idraulica del fiume Po tra gli stanti 163-164.

In particolare, preliminarmente alla ricostruzione della berma sommersa e del paramento di sponda, l'intervento prevede la realizzazione di una palificata in legno (abete/larice) infissa nei terreni di fondazione arginale costituiti da uno spesso strato coesivo, di scarsa consistenza come rilevato nel corso dell'indagine geognostica effettuata contestualmente alla progettazione.

Nella presente relazione si sono applicate le teorie di miglioramento delle condizioni di stabilità dei pendii tramite l'uso di palificate passive con l'obiettivo di valutare l'efficacia di questo genere di intervento e di constatarne i limiti anche alla luce degli approcci dettati dalla normativa attuale.

Le analisi di stabilità sono state condotte con i metodi classici dell'equilibrio limite mentre la progettazione della palificata è stata condotta con il metodo analitico proposto da Ito, Matsui (1981) nella versione corretta da Kumar et Hall (2006) per pali ravvicinati.

Dall'esame dei dati si conferma che nelle analisi di stabilità di un pendio l'incognita più importante è costituita dalla ricostruzione del modello geotecnico, dalla definizione dei parametri caratteristici e dalla conoscenza dello sviluppo della falda all'interno dell'argine come anche dei moti di filtrazione all'interno del terrapieno.

In particolare la palificata ipotizzata è costituita dall'infissione, con battipalo, di una fila di pali del diametro di 35 cm, aventi interasse 70 cm, della lunghezza di m 10, (testa dei pali a quote variabili da 7 a 7,50 m sul l.m.m.), da posizionare ad una distanza dal ciglio di sommità arginale come indicato nelle sezioni di verifica.

Il sistema di infissione dei pali con sistema a percussione con battipalo permette di operare anche nell'alveo di magra in condizioni di quota idrometrica superiore a quella prevista da progetto.

Sotto il profilo del fattore di sicurezza nei confronti della stabilità globale dell'opera, per il caso in esame, considerato il livello di conoscenze raggiunto, si è ritenuto opportuno adottare un F_s minimo $> 1,15$.

Sulla scorta delle suddette ipotesi, le analisi di stabilità effettuate hanno confermato che l'infissione di una fila di pali in legno con le caratteristiche sopra indicate garantisce la stabilità globale del pendio con adeguato margine di sicurezza ($F_{s \text{ min}} = 1,194$) sempre che la parte a fiume della palificata sia rinfrancata da un paramento in pietrame con evidente azione anti-erosiva.

La soluzione ipotizzata non costituisce un setto rigido e non influisce sulla dissipazione delle pressioni neutre a monte tramite la soluzione di continuità tra i singoli pali.

L'azione drenante del fiume nei confronti della falda freatica compresa nello strato sabbioso 2 che quindi funge anche da acquifero, impone la necessità di procedere, preliminarmente alla posa del pietrame, al rivestimento della scarpata in terra con geotessile non tessuto in poliestere o polipropilene agugliato a filo continuo per formazione di zona di appoggio drenante per mantellate in pietrame.

La presente relazione non ha affrontato l'aspetto dell'analisi strutturale (distinta dall'analisi all'equilibrio limite) per verificare se momenti flettenti e sforzo di taglio agenti sui pali siano compatibili con le caratteristiche strutturali dell'opera.

Le variazioni dei valori di resistività elettrica evidenziate nelle sezioni ricavate dall'indagine geoelettrica confermano la posizione delle discontinuità stratigrafiche emerse nel corso del carotaggio stratigrafico.

In particolare nello stendimento effettuato lungo la piarda (distanza interelettrodica pari a 1 m) è evidente, nella parte di monte dell'estesa indagata, un incremento dei valori di resistività elettrica nei primi 2-3 metri di profondità; tale anomalia è da far risalire con buona probabilità all'abbondante presenza di materiale lapideo residuo di vecchi interventi di difesa spondale con pietrame i quali hanno impedito l'ancoraggio del penetrometro nel tratto di monte dell'intervento.

Per quel che riguarda l'indagine sismica passiva effettuata con tromografo digitale si fa presente che non si sono evidenziati fenomeni di amplificazione sismica di rilievo; l'indagine ha permesso di ricavare una V_{s30} di 156 m/s con conseguente attribuzione della categoria sismica D al suolo di fondazione dell'area indagata.

Dott. Geol. Pierpaolo Erbacci

REGIONE VENETO PROVINCIA DI ROVIGO
COMUNE DI FICAROLO

Lavori di manutenzione della difesa di sponda dell'argine
maestro in sinistra fiume Po tra gli stanti n. 163-164
CIG: ZF5236B84E

**RELAZIONE TECNICA INDAGINI ESEGUITE E
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

<i>Committente</i>	AIPO (Agenzia Interregionale per il Fiume Po) Corso del Popolo 129 – Rovigo (RO)
<i>Ubicazione</i>	Argine sinistra fiume Po – stanti n. 163-164 Comune di Ficarolo (RO)
<i>Data</i>	06 settembre 2018

Dott. Geol. Francesco Morbin



Rif. ID Commessa: C4323_geot

Sede legale

Via S. Francesco, 6 – 35010 Curtarolo (PD)
C.F. e P. I.V.A. 03769050281
R.E.A. 335843

Sede operativa

Via Busiago, 106/2 – 35010 Campo San Martino
Tel: 049 9620033 - Fax: 049 7350216
e-mail: info@servizigeologici.it
www.servizigeologici.it

SOMMARIO

SOMMARIO	2
PREMESSA	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
UBICAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE.....	5
INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO	6
<i>Sondaggi Geognostici</i>	6
<i>Modalità esecutive dei sondaggi</i>	7
<i>Prove Standard Penetration Test (S.P.T.)</i>	8
<i>Campioni Indisturbati e Rimaneggiati</i>	11
<i>Prova Penetrometrica Statica (C.P.T.)</i>	12
INDAGINI GEOFISICHE IN SITO	14
<i>Indagine Geoelettrica (Electrical Resistivity Tomography ERT)</i>	14
<i>Indagine sismica passiva a stazione singola</i>	17
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	22

ALLEGATI

Allegato 1: Certificati di sondaggio geotecnico

Allegato 2: Certificati prove penetrometriche statiche CPT e Parametri Geotecnici

Allegato 3: Certificati laboratorio geotecnico (Geodata Sas)

Allegato 4: Report indagine geofisica con tomografia elettrica (*ERT*)

Allegato 5: Report indagine sismica passiva con tomografo digitale (*Tromino*)

PREMESSA

Per incarico del Committente è stata eseguita un'indagine geognostica conoscitiva al fine di determinare le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni che caratterizzano l'argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti n. 163-164 nel territorio del Comune di Ficarolo (RO). La campagna di indagini si è sviluppata complessivamente nelle seguenti attività:

- n. **1 sondaggio a carotaggio continuo** denominato S1 che hanno raggiunto la profondità di 20,00 metri dal piano campagna;
- esecuzione di n. **4 prove SPT** nel foro di sondaggio S1;
- esecuzione n. **4 campioni indisturbato** con campionatore Osterberg e n. **4 campioni rimaneggiati** recuperati dal campionatore Raymond delle prove Spt ed inviati a laboratorio geotecnico per prove di classificazione e parametrizzazione geotecnica;
- esecuzione di n. **2 prove penetrometriche statiche** (CPT1, CPT2) con profondità di indagine di 15 m eseguite con Penetrometro Statico PAGANI modello TG63-200 cingolato, attrezzato con punta Begemann;
- esecuzione di n. **1 indagine sismica a stazione singola** con tomografo digitale;
- esecuzione di n. **1 indagine di tomografia elettrica (ERT)** con stendimento lungo l'argine.

Il lavoro è stato svolto secondo quanto previsto dalle vigenti normative in materia:

- D.M. 17.01.18 – Aggiornamento NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI.
- ORDINANZA n° 3274 del 20.03.03 – PRIMI ELEMENTI IN MATERIA DI CRITERI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE E DI NORMATIVE TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA.
- ORDINANZA DEL P.C.M. 28 APRILE 2006 N. 3519 – CRITERI GENERALI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE SISMICHE E PER LA FORMAZIONE E L'AGGIORNAMENTO DEGLI ELENCHI DELLE MEDESIME ZONE;
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA DELLA REGIONE VENETO N. 96/CR DEL 7 AGOSTO 2006 – PROPOSTA DI ADOZIONE DEL PROVVEDIMENTO DI CUI ALLA SUDETTA O.P.C.M. N. 3519/06.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



Immagine Satellitare: Argine maestro di sinistra Fiume Po – Ficarolo (RO)

UBICAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Nella seguente immagine satellitare viene illustrata l'ubicazione delle prove geognostiche eseguite in prossimità del sito di indagine.



Immagine satellitare ubicazione sondaggio geognostico e prove CPT eseguite

Piezometro	Coordinate Geografiche Latitudine	Coordinate Geografiche Longitudine
S1	44°56'7.50"N	11°27'4.68"E
CPT1	44°56'8.34"N	11°27'8.34"E
CPT2	44°56'7.56"N	11°27'5.22"E

INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

Sondaggi Geognostici

All'interno del sito in esame è stato condotto n. 1 sondaggio geotecnico denominato S1 che ha raggiunto la profondità di indagine di - 20,00 m dal piano campagna; la sua ubicazione è schematizzata nella planimetria contenuta alla pagina precedente ed è stata individuata su direzione della committenza in vicinanza di una zona soggetta a smottamento dei terreni costituenti l'argine per il quale è previsto un progetto di sistemazione idraulica.

Il sondaggio è stato eseguito con una perforatrice idraulica a rotazione cingolata COMACCHIO MC 450 P, le cui caratteristiche tecniche sono riassunte di seguito:

ALLESTIMENTO COMACCHIO MC 450 P		
Sottocarro cingolato allargabile, azionato da 2 motori idraulici con riduttori.		
CARATTERISTICHE TECNICHE		
TESTA DI ROTAZIONE COPPIA	Coppia max. 820/80 daNm a giri max. 48/500 min.	
DATI TECNICI	Peso complessivo daN8200	
ARGANO DI SERVIZIO	Cabestano oleodinamico	Tiro max=2000 daN
POMPA PER FLUIDO	Da fango a pistoni 80 lt/min a 30 bar max. azionata da motore idraulico. Pompa a vite modello CMO da 370 l/m a 20 bar max	
FORZA MOTRICE	Motore diesel Deutz tipo BF AM 2012 Potenza 70 KW – 2300 giri/1' Avviamento elettrico	
MORSA	Doppia – diametro 45-220 mm	

Modalità esecutive dei sondaggi

Il sondaggio è stato eseguito con perforazione a carotaggio continuo, utilizzando una sonda a rotazione con un carotiere semplice con Ø 101 mm e rivestimenti provvisori metallici con Ø 127 mm.

Dopo l'estrazione, le carote sono state riposte in apposite cassette catalogatrici, ognuna in grado di contenere 5 m lineari di sondaggio; su ogni cassetta sono state apposte le seguenti informazioni:

- denominazione del cantiere e del committente,
- sigla sondaggio,
- progressive di perforazione,
- data di escavazione del sondaggio.

Ciascuna cassetta è stata fotografata per documentare le caratteristiche dei terreni attraversati.

L'esame delle carote recuperate dal sondaggio ha permesso l'identificazione di intervalli della successione stratigrafica macroscopicamente omogenei (strati), costituiti cioè o da un tipo di terreno predominante o da alternanze più o meno regolari di terreni differenti. Definita la successione degli strati è stata redatta la descrizione geotecnica in accordo con le specifiche tecniche e le Raccomandazioni AGI (1977).

La scheda stratigrafica del sondaggio è riportata nei certificati allegati al presente documento seguita dalla documentazione fotografica (Allegato 1).

Inoltre, il responsabile tecnico del cantiere ha provveduto alla redazione di un giornale di cantiere, dove vengono registrate le attività giornaliere del personale e dei mezzi impiegati nella lavorazione.

Prove Standard Penetration Test (S.P.T.)

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite n. 4 prove SPT in foro di sondaggio. L'esecuzione delle prove avviene utilizzando un campionatore di tipo Raymond o una punta rigida, in base alla tipologia di terreno. L'attrezzatura impiegata, in accordo alle Raccomandazioni AGI, è costituita da un maglio del peso di 63,5 kg, predisposto per la caduta da un'altezza di 0,76 m. Le aste di collegamento del maglio al campionatore terminale hanno un peso proprio pari a 7,2 kg/m.

L'esecuzione della prova è avvenuta secondo le seguenti modalità:

- perforazione a carotaggio;
- estrazione della batteria di perforazione;
- stabilizzazione delle pareti del foro con tubi di rivestimento metallico, con arresto della corona ad una quota superiore di circa 10 cm rispetto a quella prevista, di inizio prova;
- discesa nel foro della batteria di aste con annesso campionatore;
- controllo della quota di arresto della batteria di prova;
- identificazione di 3 tratti contigui, di 15 cm ciascuno, lungo la porzione di batteria sporgente in superficie;
- collegamento del dispositivo di percussione (maglio) alla batteria di prova;
- inizio della prova: il campionatore viene infisso nel terreno per mezzo di colpi impressi con la massa battente, ad un ritmo di percussione prossimo a 25 colpi al minuto. I colpi vengono contati in successione, avendo cura di separare il numero di colpi necessari per l'avanzamento del campionatore per i tre tratti consecutivi di 15 cm (45 cm complessivi).

Il superamento dei 50 colpi in uno dei tratti di prova determina il rifiuto della prova stessa da parte del terreno indagato. I risultati delle Spt vengono indicati nei certificati di sondaggio allegati alla presente relazione (*Allegato 1*).

I valori di N_{SPT} vengono corretti per tener conto della pressione del terreno sovrastante secondo l'espressione:

$$N_1 = C_n \times N$$

con $C_n = 3 / (2 + \sigma'_{v0} / \text{Pa})$

Per ciò che riguarda il dispositivo di infissione si è considerato un rendimento medio pari al 65%.

L'interpretazione dei valori di D_r viene fatta utilizzando la formula:

$$(N')_{60} / D_r^2 = A$$

con

$A = 55$ per sabbie fini

$A = 60$ per sabbie medie

$A = 65$ per sabbie grossolane

L'interpretazione dei valori di Φ viene fatta utilizzando la formula:

$$\Phi' = a + b D_r$$

Con, in questo caso:

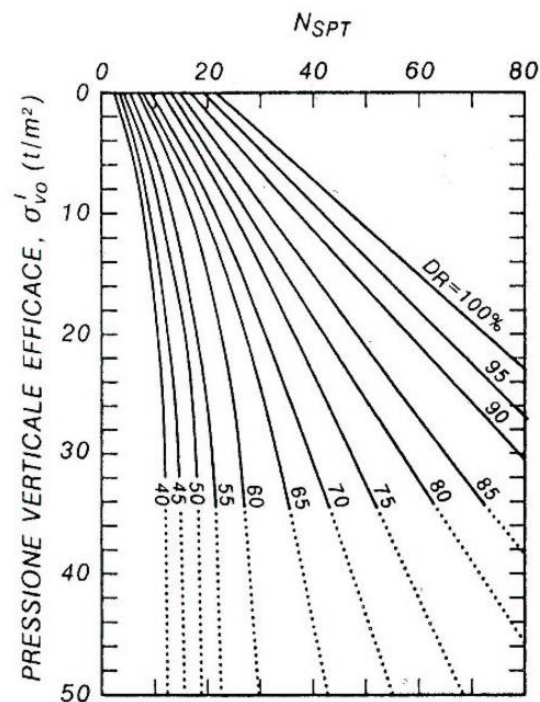
$a = 38$

$b = 0,08$

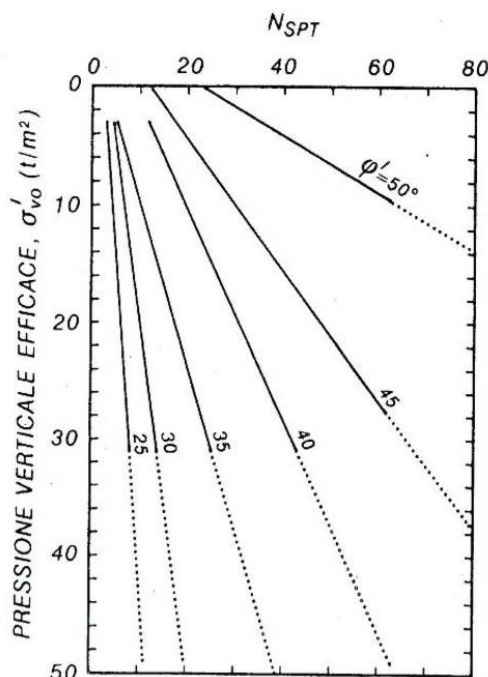
Il valore di NSPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti nel 2° e 3° tratto (ultimi 30 cm), che vengono annotati nel rapporto di prova.

L'interpretazione dei valori di N' viene confrontata utilizzando i diagrammi:

1. Gibbs-Holtz (1957) che fornisce il valore di D_r in funzione di σ' e di N' ;



2. De Mello (1971) che fornisce il valore di ϕ' di picco in funzione di σ' e N' ;



Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati dell'interpretazione effettuata sui dati delle prove SPT eseguite in ciascuno dei fori di sondaggio.

SPT - Sondaggio S1

Prova n°	Quota (m)	N_{SPT}	N_{SPT} corretto	Dr (%)	ϕ (°)
1	1,50 – 1,95	7	7	44	37
2	4,50 – 4,95	25	20	64	39
3	12,00 – 12,45	8	8	34	35
4	19,00 – 19,45	30	22,5	51	37

A scopo geotecnico cautelativo, visti i valori sovrastimati delle correlazioni, per i terreni sabbiosi posti tra 3 a 5 metri dal p.c. possono essere considerati angoli di attrito interno rappresentativi di 32°- 33°, come dimostrato dalle prove di laboratorio. Dalla profondità di 17 metri, per effetto del carico litostatico, agli stessi terreni sabbiosi possono essere attribuiti angoli di attrito interno anche superiori dell'ordine di 34° - 35°.

Campioni Indisturbati e Rimaneggiati

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati complessivamente n. 4 campioni indisturbati e n. 4 campioni rimaneggiati alle profondità indicate nei certificati di sondaggio; i campioni indisturbati sono stati ottenuti con apposito campionatore Osterberg a pistone e fustelle a pareti sottili, in corrispondenza di livelli prevalentemente coesivi al fine di definirne i parametri geotecnici; mentre i campioni rimaneggiati sono stati prelevati direttamente dal materiale ricavato dal campionatore Raymond utilizzato per l'esecuzione delle prove Spt.

I campioni sono stati denominati in base alla sigla del sondaggio e al metodo di campionamento. Quest'ultimi sono stati inoltrati al laboratorio geotecnico GEODATA s.a.s. con sede in viale Benelux, 1/C in Comune di Ponte San Nicolò - PD (autorizzato dal Min. Trasporti e Infrastrutture - settore a - Prove Geotecniche sui Terreni) per l'esecuzione delle prove geotecniche specifiche indicate nei certificati di laboratorio (*Allegato 3*).

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni sono state concordate con la committenza le seguenti prove di laboratorio, riassunte nella tabella seguente.

Campione	Profondità	Tipologia	Prove eseguite
S1/C1	3,00-3,60	Indisturbato	Classificazione geotecnica completa Prova di Taglio Triassiale CD
S1/C2	6,20-6,80	Indisturbato	Classificazione geotecnica completa Prova di Taglio Triassiale CD Prova di Taglio Anulare Residuo
S1/C3	8,00-8,60	Indisturbato	Classificazione geotecnica completa Prova di Taglio Triassiale UU
S1/C4	13,40-14,00	Indisturbato	Classificazione geotecnica completa
S1 – SPT1	1,50	Rimaneggiato	Classificazione geotecnica visiva Granulometria
S1 – SPT2	4,50	Rimaneggiato	Classificazione geotecnica visiva Granulometria Prova di taglio diretto
S1 – SPT3	12,00	Rimaneggiato	Classificazione geotecnica visiva Granulometria
S1 – SPT4	19,00	Rimaneggiato	Classificazione geotecnica visiva Granulometria

Prova Penetrometrica Statica (C.P.T.)

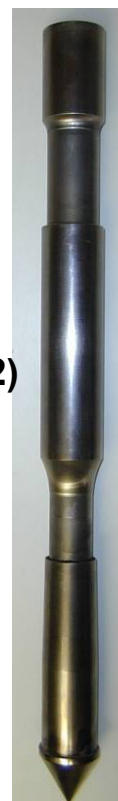
La prova C.P.T. consiste nell'infiggere nel terreno, ad una velocità costante pari a 2 cm/s, una punta conica standard (Tipo Begeman) **1)** sormontata da un manicotto di attrito laterale **2)**

La spinta necessaria viene trasmessa alla punta da un gruppo a pistoni idraulici che sviluppa una forza massima di 20 t, mediante una batteria di tubi ed aste.

Ogni 20 cm di avanzamento vengono misurati, mediante cella di carico a trasduzione digitale, i seguenti valori:

R_p resistenza di punta espressa in Kg/cm^2

R_t resistenza totale (resistenza di punta e resistenza laterale) espressa in Kg/cm^2



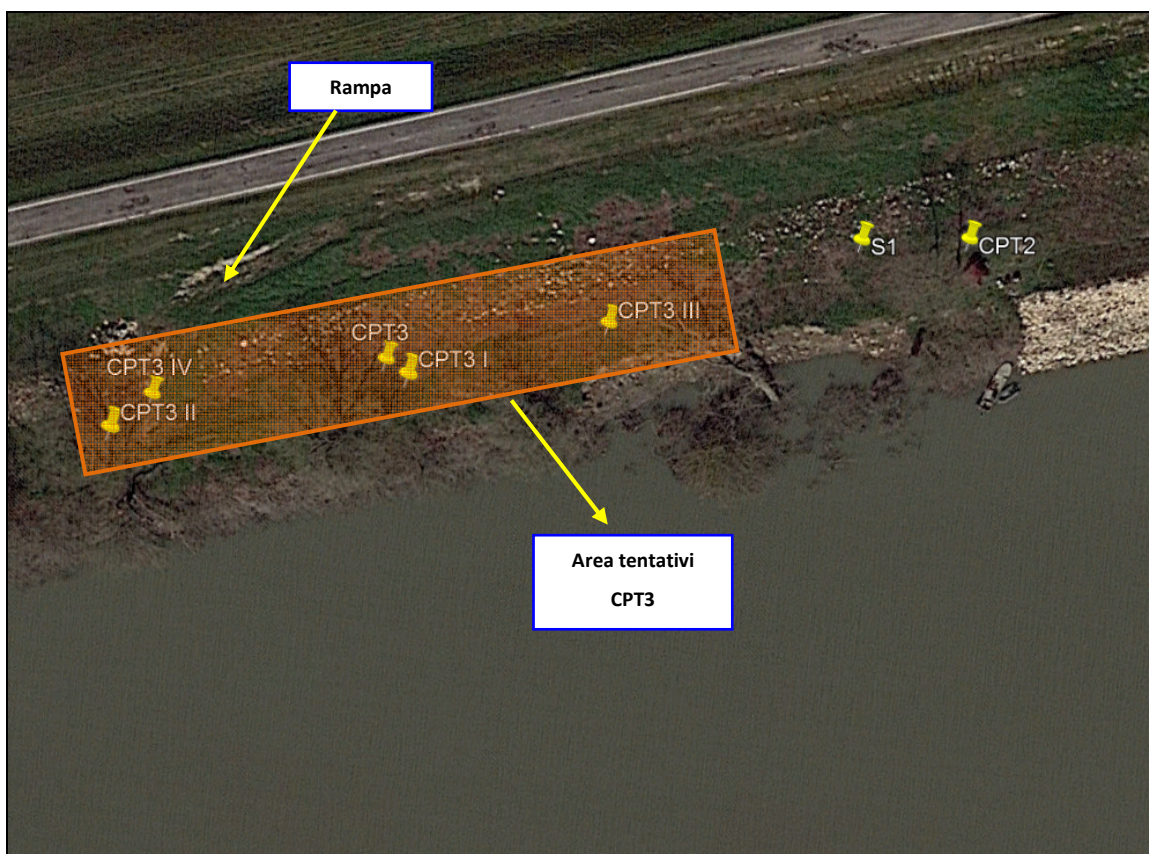
1)

L'elaborazione di questi dati permette di individuare la sequenza stratigrafica dei terreni attraversati e grazie a formule empiriche e correlazioni grafiche (Schmertmann) si possono ottenere con sufficiente attendibilità i parametri geotecnici necessari alla determinazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni.

A causa della distanza intercorrente fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale viene correlata, in fase di elaborazione con la corrispondente profondità di rilievo della R_p . L'intervallo di lettura può comportare talvolta, nel caso di terreni aventi stratificazione inferiore a 20 cm, la mancata individuazione di orizzonti potenzialmente rilevanti.

L'elaborazione grafica delle prove CPT eseguite è contenuta nei certificati allegati alla presente relazione assieme alla determinazione dei parametri geotecnici elaborati con software *Geostru* (Allegato 2).

Si evidenzia che, al fine di eseguire la prova CPT3 prevista da contratto, sono stati eseguiti diversi tentativi di esecuzione della prova indicati nell'area rappresentata nella seguente foto satellitare. Per cinque tentativi, le trivelle di ancoraggio o la punta meccanica non sono riuscite ad avanzare nel terreno per più di 2 metri a causa della presenza di una vecchia massicciata sepolta costituita da blocchi di porfido e verificata tramite un carotaggio continuo speditivo nell'area interessata dai tentativi di indagine. Si riportano nell'Allegato 2 i certificati dei vari tentativi di avanzamento riusciti della CPT3 e che hanno prodotto avanzamenti compresi tra gli 80 cm e i 2 m (CPT 3 I, CPT3 II, CPT3 II).



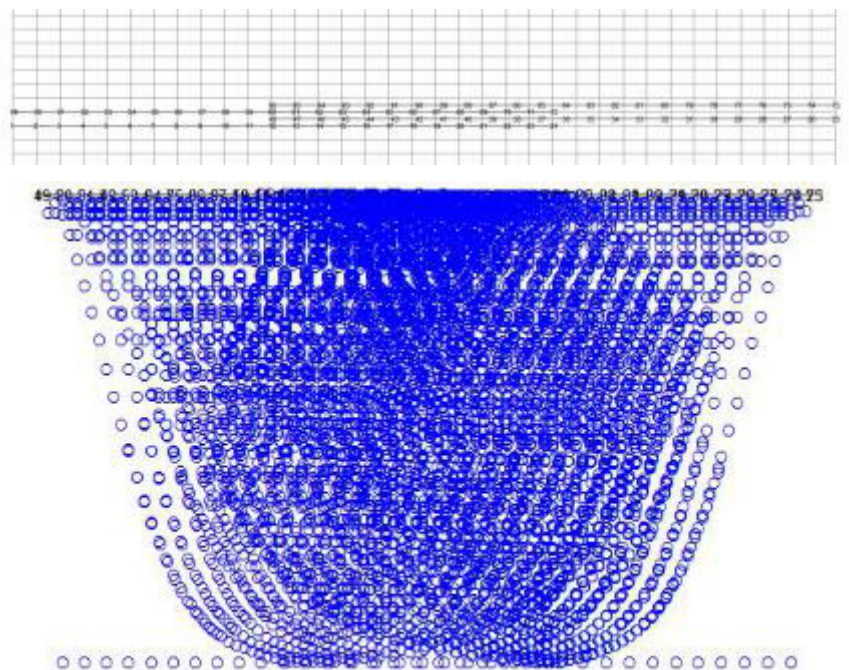
Ubicazione area tentativi prova CPT3 e carotaggio a verifica della presenza di massicciata

INDAGINI GEOFISICHE IN SITO

Indagine Geoelettrica (Electrical Resistivity Tomography ERT)

Le prospezioni geoelettriche si basano sugli effetti sotterranei di una corrente elettrica immessa nel sottosuolo, rilevabili in superficie attraverso misure di differenza di potenziale o intensità di corrente: condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista o sia elevato il contrasto di resistività tra gli oggetti dell'indagine (a volte può essere difficile prevederlo a priori). La presenza di morfologie accidentate e/o la presenza di conduttori ad esempio metallici può condizionare la propagazione della corrente nel sottosuolo, limitandone talora la profondità d'investigazione. La profondità d'investigazione dipende dalla lunghezza dello stendimento con un rapporto pari a $1/5 - 1/6$. Per quanto riguarda la dimensione dei target essa dipende dalla spaziatura interelettrodica (con una spaziatura pari a 1 m è possibile identificare oggetti dell'ordine dei 0.5-1.0 m), tuttavia essa decresce con la profondità ed in relazione alla natura dei terreni presenti.

La Tomografia elettrica 3D si presta particolarmente quando ci si trova nelle seguenti situazioni: i) necessità di indagare al di sotto di manufatti, in presenza di strutture sepolte marcatamente 3D; ii) poco spazio a disposizione per gli stendimenti elettrodi a causa della presenza di strutture o difficoltà di accesso e iii) necessità di ridurre possibili interazioni con sottoservizi. Le geometrie di acquisizione per le indagini tridimensionali sono molteplici e si adattano alla forma dell'edificio da indagare. Sulla base delle resistività misurata è possibile ottenere un'informazione indiretta sulla composizione fisica del sottosuolo. Questa metodologia permette quindi di individuare cavità e vuoti, geometria e caratteristiche delle fondazioni e di eventuali strutture sepolte, perdite e flussi d'acqua, dilavamenti significativi del terreno.



Versatilità delle configurazioni 3D: disposizione in superficie dei quadripoli di misura e sequenza di misura in profondità.

Il metodo geo-elettrico consiste in una determinazione sperimentale della distribuzione di resistività (ρ) nel sottosuolo effettuando delle misure dalla superficie. Le misure di resistività vengono effettuate iniettando una corrente elettrica nel terreno mediante una coppia di elettrodi (generalmente indicati con A e B) e sulla misura dei potenziali elettrici attraverso una seconda coppia di elettrodi, generalmente indicati come M ed N.

Dall'intensità della corrente (I) e della tensione (V) è possibile calcolare il valore della resistività apparente (ρ_a) secondo:

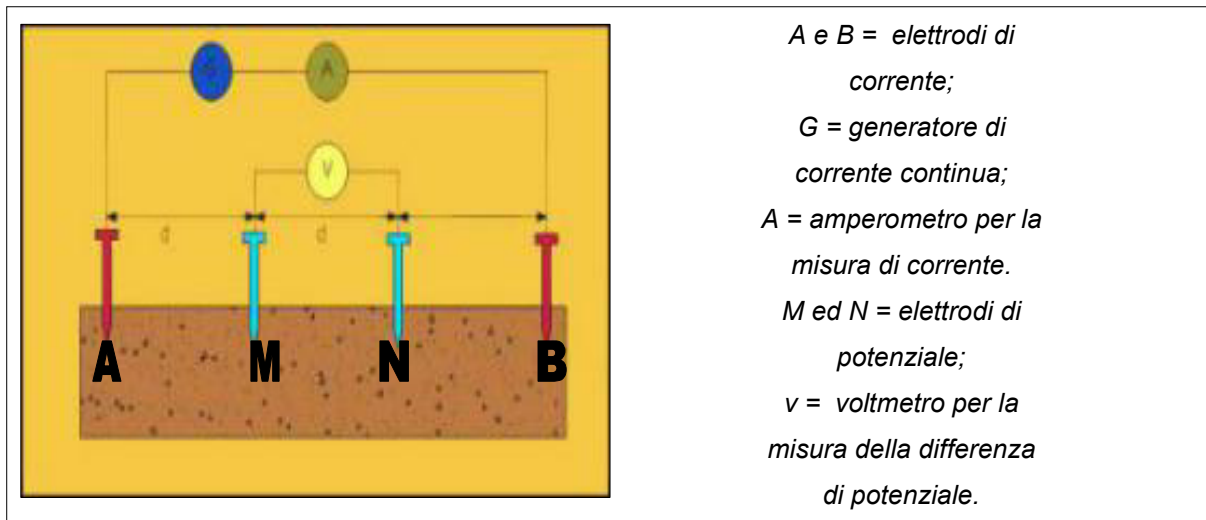
$$\rho_a = \frac{KV}{I}$$

dove K è il fattore geometrico che dipende dalla disposizione spaziale del quadripolo di misura. I georesistivimetri misurano generalmente un valore di resistenza $R = V/I$ dal quale si calcola la resistività apparente come:

$$\rho_a = K \cdot R$$

La resistività così ottenuta non è la vera resistività del sottosuolo ma un valore apparente definito come la resistività di un terreno omogeneo che darà lo stesso valore di resistenza per la medesima disposizione del quadripolo. La relazione tra la resistività apparente e la resistività vera è di tipo complesso. La resistività reale fornisce elementi utili per l'individuazione della natura dei litotipi investigati. Il valore di tale parametro dipende dalla

composizione mineralogica dei terreni, dalla presenza di eventuali fluidi di saturazione, dalla temperatura, dalla porosità e dal grado di cementazione.



Configurazione quadripolare di iniezione e misura

Per determinare la vera resistività è necessario applicare un processo di inversione alle misure di resistività apparente. La distribuzione ed il numero dei punti di misura nel sottosuolo è in stretta dipendenza con le geometrie del quadripolo base e con le combinazioni del quadripolo base programmate nella sequenza di misura.

Il concetto di inversione in geofisica equivale alla costruzione di un modello fisico che generi un responso simile a quello delle misure. Questo modello sarà costituito da una serie di parametri che sono le quantità fisiche che si vuole stimare dai nostri dati.

Il responso del modello altro non è che un dato sintetico calcolato per un certo insieme di questi parametri. In generale tutte le tecniche di inversione tentano di determinare un modello del sottosuolo il cui responso sintetico sia simile ai dati misurati e che sia soggetto a certi requisiti.

Attualmente le indagini elettriche vengono eseguite come tomografie mediante stendimento/i multielettrodo/i e acquisizione dei dati di resistività ricorrendo a dispositivi di vario tipo (Wenner, Wenner-Schlumberger, Dipolo-Dipolo, Polo-Polo, Polo-Dipolo) a seconda delle esigenze investigative. Possono essere utilizzati uno o più stendimenti con base a 16/96 elettrodi (o un numero personalizzato di elettrodi) spazati uniformemente a piacimento in relazione alla profondità da raggiungere e risoluzione richiesta. La disposizione degli elettrodi è generalmente programmata dall'operatore e ottimizzata per minimizzare il numero dei profili necessari ad individuare l'obiettivo della ricerca. Tutti gli elettrodi sono collegati, mediante un apposito cavo multiconduttore, allo strumento di acquisizione.

Utilizzando, ad esempio, la configurazione del tipo Wenner, la corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi A-B misurando la differenza di potenziale tra le coppie di elettrodi M-N e poi shiftando il quadripolo fino alla fine dello stendimento. Si passa successivamente ad una seconda coppia di trasmissione e così via fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti sui poli e dipoli disponibili ed in base alle eventuali altre configurazioni scelte e citate sopra.

Si ottengono, con questa procedura, centinaia di letture per ciascuna misura d'interesse, che costituiscono le resistività apparenti dei terreni investigati; successivamente con un apposito algoritmo d'inversione, è possibile ricostruire la distribuzione bidimensionale delle resistività reali del sottosuolo legate alle caratteristiche litologiche specifiche.

La relazione matematica tra parametri del modello e responso del modello si ottiene mediante tecniche di calcolo numerico basate su codici alle differenze o agli elementi finiti. In tutte le tecniche di ottimizzazione, il modello iniziale viene modificato in modo iterativo affinché le differenze tra il responso del modello ed i dati misurati siano progressivamente ridotte.

Il report tecnico della tomografia elettrica ERT è contenuta nell'*Allegato 4*.

Indagine sismica passiva a stazione singola

Come indicato dal vigente D.M. 17 gennaio 2018, al fine di definire le caratteristiche sismiche e stratigrafiche dell'area in questione, è stato utilizzato un tromografo digitale (mod. Tromino ®) che permette di indagare il sottosuolo in modo non invasivo e senza le difficoltà della sismica classica. Le caratteristiche principali della strumentazione utilizzata sono riportati nella tabella seguente.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input	10 ⁶ Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)

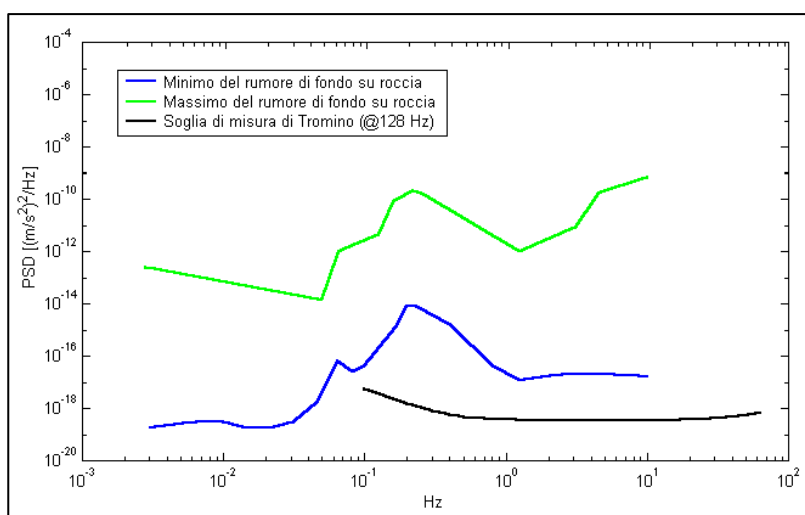
Display grafico	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
Livella	a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
Conessioni	porta USB, tipo B
Registrazione dati	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
Accoppiamento col terreno	su punte e cuscinetto reologico
Sensori	3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, che risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica.

Viene chiamato generalmente microtremore perché riguarda oscillazioni molto piccole, inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sull'acquisizione dei microtremori si dicono passivi in quanto il “rumore” non viene appositamente generato, come avviene invece nel caso della sismica attiva, ma si utilizza appunto il rumore sismico ambientale, sempre presente naturalmente ovunque.

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso pianeggiante presenta dei picchi a 0.14 e 0.07 Hz, comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche (vedi figura seguente).



Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. La linea nera indica la sensibilità strumentale. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si

sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Il rumore di fondo agisce da funzione di eccitazione per le risonanze specifiche sia degli edifici che del sottosuolo.

Pertanto il suo utilizzo per identificare in maniera passiva, non intrusiva e la stratigrafia e la frequenza di risonanza del sottosuolo, nonché le frequenze di risonanza degli edifici, risulta interessante e appropriato alle esigenze di caratterizzazione del sottosuolo richieste dalla nuova normativa.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione.

Questa informazione è però sepolta all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

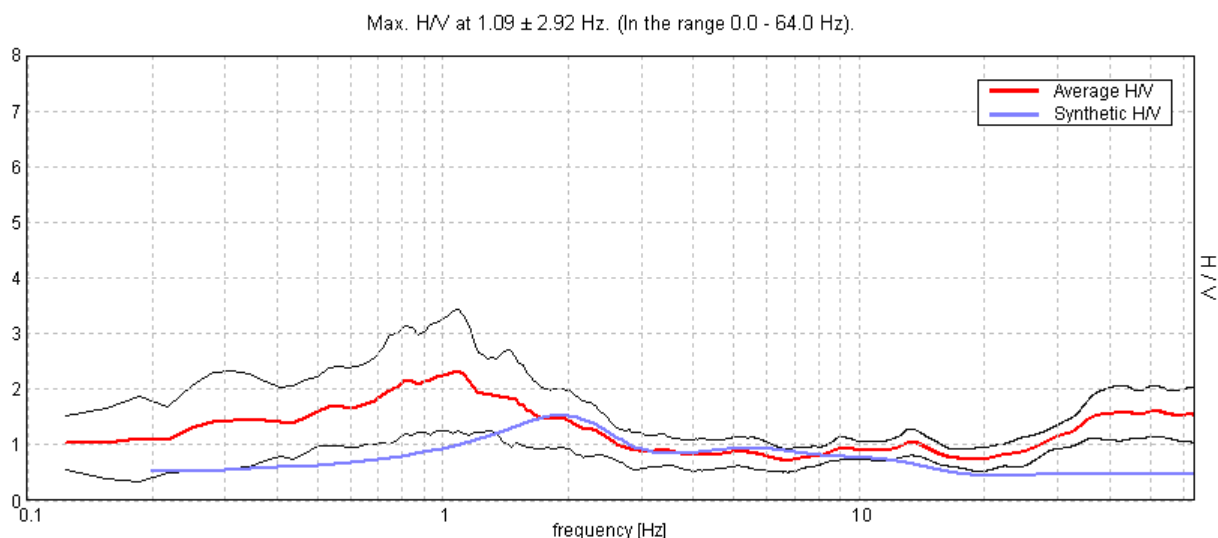
La verifica della presenza di frequenze di risonanza e dell'amplificazione del sottosuolo oggetto di intervento risulta molto importante. Infatti, nel caso che la risonanza del suolo di fondazione coincida o sia prossima a quella della struttura si ha una situazione cui porre attenzione dal punto di vista della vulnerabilità sismica, ovvero sostanzialmente un'amplificazione delle sollecitazioni per "doppia risonanza".

La condizione ideale corrisponde ad un edificio dotato di frequenza di risonanza minore di quella del sottosuolo.

Analisi della misura eseguita

E' stata eseguita n. 1 misura ubicata come da planimetria alle pagine precedenti in prossimità del sondaggio S1; l'analisi completa è riportata in Allegato 5.

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.50	1.50	70	0.35
5.50	4.00	110	0.35
16.50	11.00	150	0.35
20.00	3.50	180	0.35
inf.	inf.	240	0.35

Si determina un valore **Vs30 di 156 m/s** (si considera la Vs30 in quanto non viene raggiunto un substrato con Vs>800 m/s a profondità inferiori ai 30 m).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (come riportato nel vigente D.M. 17 gennaio 2018), si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In mancanza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, viene valutato il parametro denominato "Velocità Equivalente", calcolata in modo analogo alla precedente Vs,30, che invece di estendere la media pesata fino ai 30 m di profondità, viene valutata entro una

profondità H (pari a 30 m o inferiore). La discriminante della profondità H è il raggiungimento del “substrato” caratterizzato da velocità superiori agli 800 m/s.

I valori di Vs sono quindi ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono stati valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h (strato) e dalla velocità delle onde S Vs (strato).

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs,30 ottenuto ponendo H = 30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, così come richiesto dalla recente normativa, è stata pertanto assegnata al suolo di fondazione la **categoria sismica D**, sulla base anche delle conoscenze derivanti da indagini svolte dagli scriventi in aree limitrofe, che hanno raggiunto la profondità di 30 m.

A tale categoria appartengono *depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: Esecuzione prova CPT1

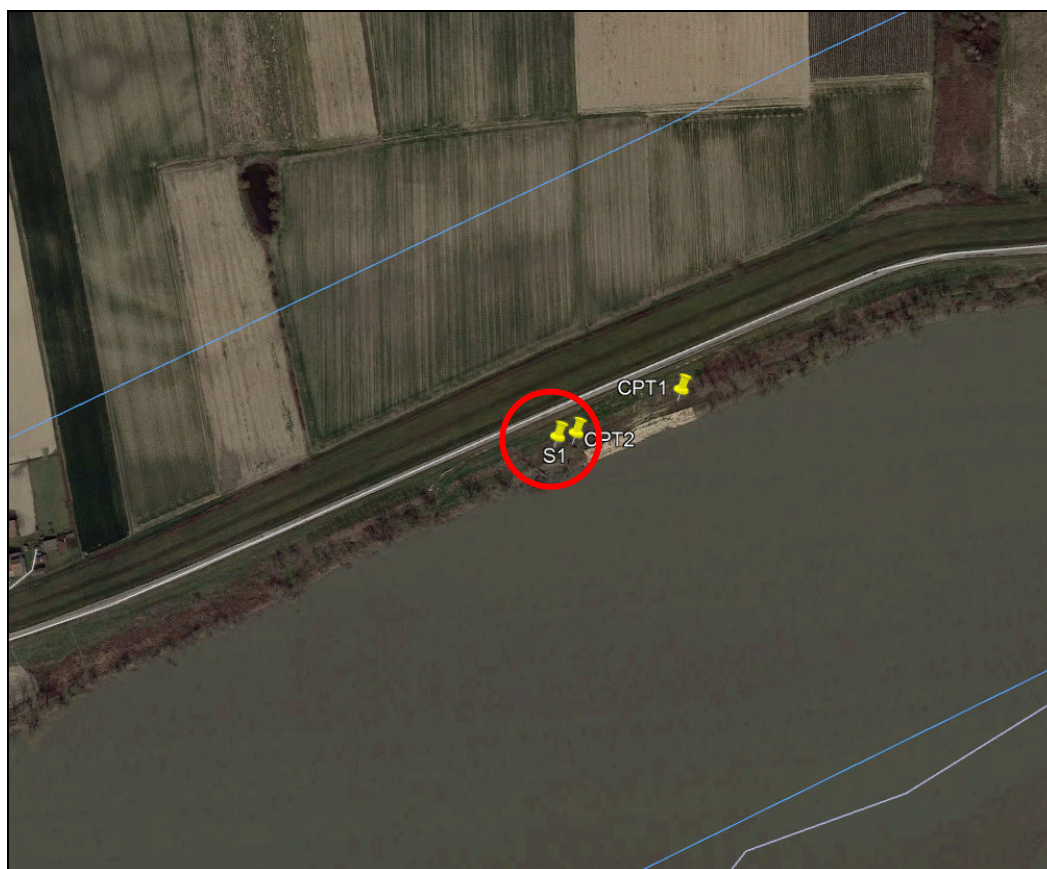


Foto 2: Esecuzione prova CPT2

Allegato 1

Certificati di sondaggio geotecnico

CERTIFICATO N°	0317/18	data emissione	31/07/2018	pag. 1/ 6
COMMESSA N°	4323	AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po)		
CANTIERE	st. 163-164 Argine Sx Fiume Po – Ficarolo (RO)			
TIPO DI PROVA	Sondaggio a carotaggio continuo	ID PROVA	S1	





Ubicazione Sondaggio S1

Responsabile di Sito	Responsabile di Laboratorio

CERTIFICATO N°	0317/18	data emissione	31/07/2018	pag. 2/ 6
COMMESSA N°	4323	AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po)		
CANTIERE	st. 163-164 Argine Sx Fiume Po – Ficarolo (RO)			
TIPO DI PROVA	Sondaggio a carotaggio continuo	ID PROVA	S1	



Piazzamento Sondaggio S1

Responsabile di Sito		Responsabile di Laboratorio
		

CERTIFICATO N°	0317/18	data emissione	31/07/2018	pag. 3/ 6
COMMESSA N°	4323	AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po)		
CANTIERE	st. 163-164 Argine Sx Fiume Po – Ficarolo (RO)			
TIPO DI PROVA	Sondaggio a carotaggio continuo	ID PROVA	S1	



Sondaggio S1- Contenuto cassetta catalogatrice (0,00 – 5,00 m)

Responsabile di Sito	Responsabile di Laboratorio

CERTIFICATO N°	0317/18	data emissione	31/07/2018	pag. 4/ 6
COMMESSA N°	4323	AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po)		
CANTIERE	st. 163-164 Argine Sx Fiume Po – Ficarolo (RO)			
TIPO DI PROVA	Sondaggio a carotaggio continuo	ID PROVA	S1	



Sondaggio S1 - Contenuto cassetta catalogatrice (5,00 – 10,00 m)

Responsabile di Sito	Responsabile di Laboratorio
<i>Rutter Penn</i>	

CERTIFICATO N°	0317/18	data emissione	31/07/2018	pag. 5/ 6
COMMESSA N°	4323	AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po)		
CANTIERE	st. 163-164 Argine Sx Fiume Po – Ficarolo (RO)			
TIPO DI PROVA	Sondaggio a carotaggio continuo	ID PROVA	S1	



Sondaggio S1 - Contenuto cassetta catalogatrice (10,00 – 15,00 m)

Responsabile di Sito	Responsabile di Laboratorio

CERTIFICATO N°	0317/18	data emissione	31/07/2018	pag. 6/ 6
COMMESSA N°	4323	AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po)		
CANTIERE	st. 163-164 Argine Sx Fiume Po – Ficarolo (RO)			
TIPO DI PROVA	Sondaggio a carotaggio continuo	ID PROVA	S1	

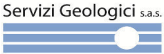


Sondaggio S1 - Contenuto cassetta catalogatrice (15,00 – 20,00 m)

Responsabile di Sito	Responsabile di Laboratorio

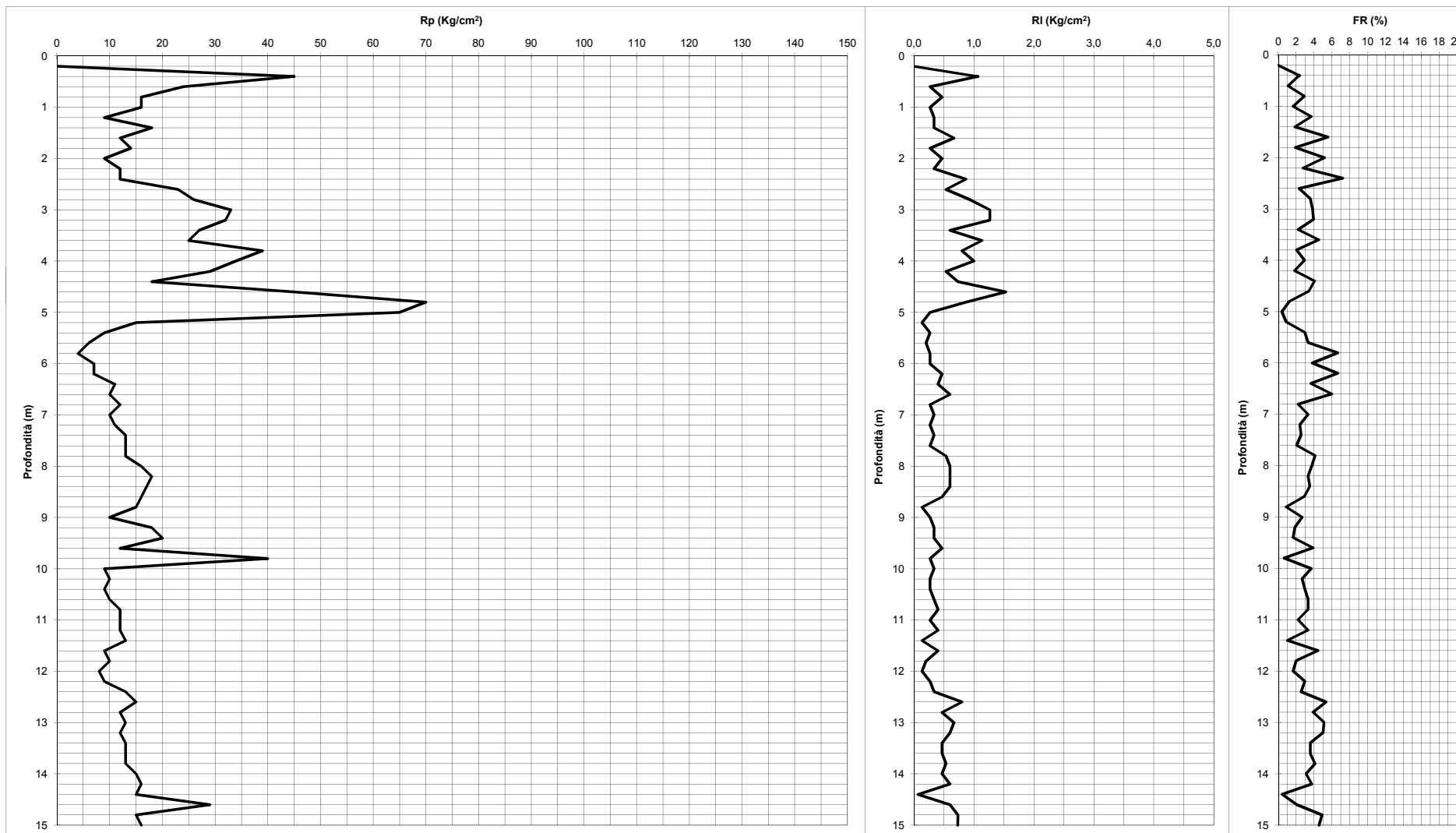
Allegato 2

*Certificati prove penetrometriche statiche
CPT e Parametri Geotecnici*

	PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA		Certificato n°: 0318/18
			Data emissione: 24/07/2018
COMMITTENTE: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)			Prova n°
CANTIERE: Argine Sx Po	QUOTA P.C.: - m s.l.m.	CPT1	
LOCALITA': Ficarolo (RO)	QUOTA FALDA: >3,0 m da p.c.		
RESPONSABILE DI SITO: <i>Dr. Geol. Francesco Morbin</i>	DIRETTORE DI LABORATORIO: <i>Dott. Francesco Morbin</i>		
ATTREZZATURA: TG 63-200 con punta Begemann			
DATA INIZIO: 24/07/2018		DATA FINE: 24/07/2018	

Pagina: 1	
Tot. Pagine: 1	
UBICAZIONE PUNTO DI INDAGINE: -	
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat. 44°56'8.34" N Long. 11°27'8.34" E
INFORMAZIONI SULLA PROVA	Preforo - m Prof. Finale 15,0
OPERATORE: Francesco Morbin	
ANOMALIE RISCONTRATE ED EVENTUALI NOTE:	

Rif. MQ 7.5.1 - rev.0 del 15/12/2010



Servizi Geologici s.a.s. - Via Busiagio, 106/2 Marsango di Campo San Martino (PD) - Tel. 049 9620033 - info@serviziigeologici.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)

Prova n.°: CPT1

Cantiere: Argine Sx Po

Certificato N°: 0318/18

Località: Ficarolo (RO)

Data: 24/07/2018

Operatore: Francesco Morbin

Penetrometro statico tipo PAGANI da 12 t (con anello allargatore) attrezzato con punta meccanica tipo "Begemann"


Diametro = 35,7 mm; Angolo apertura: 60°; Ap= 10 cm²; At= 20 cm²; Am= 150 cm²;

Velocità di avanzamento= 2 cm/s

LETTURE STRUMENTALI

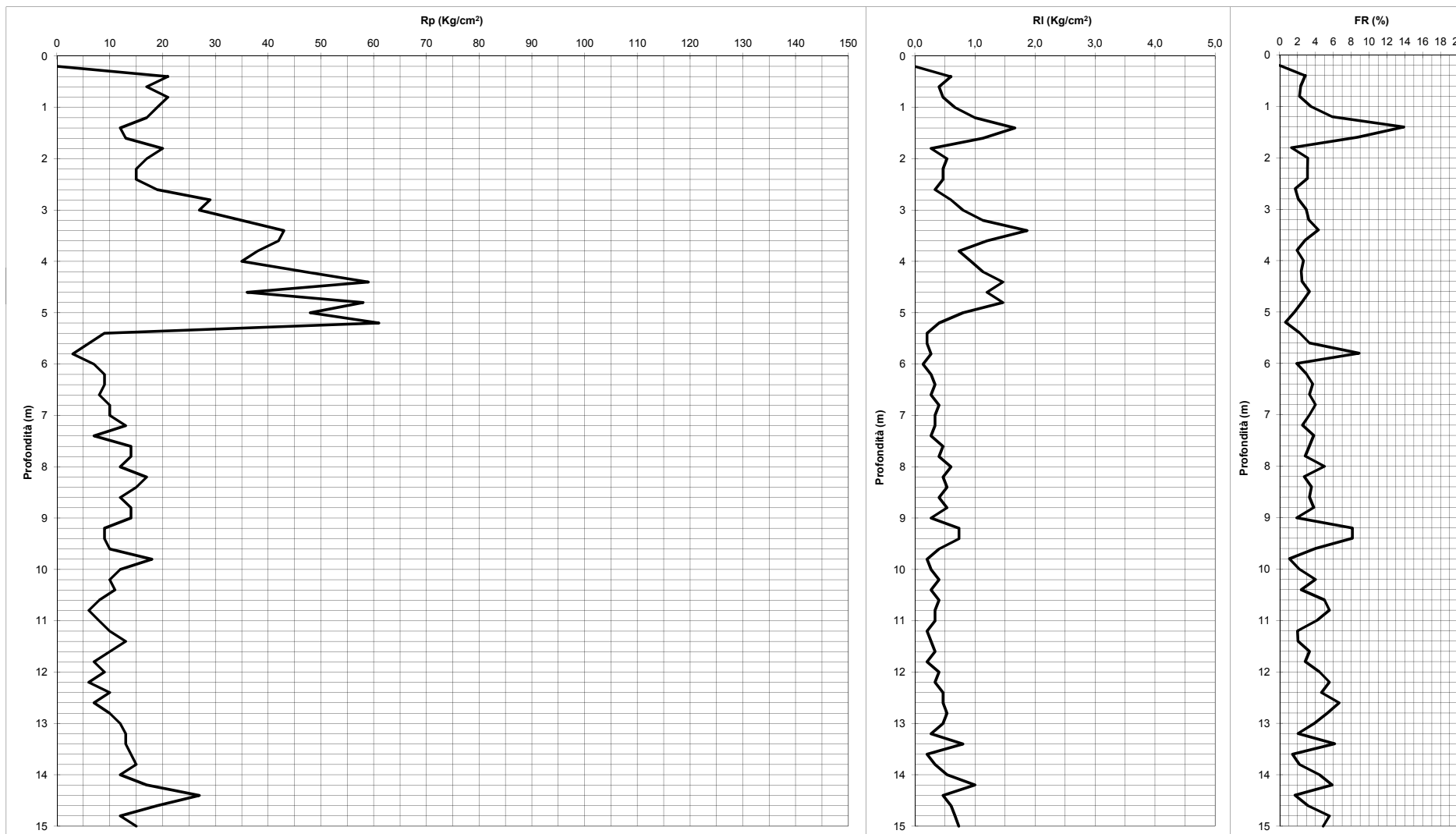
Prof. (m)	Rp (kg/cm ²)	R _{tot} (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI	FR (%)
0,2	-	-	-	-	-	-
0,4	45,00	63,00	45,00	1,07	42,19	2,37
0,6	24,00	40,00	24,00	0,27	90,00	1,11
0,8	16,00	20,00	16,00	0,47	34,29	2,92
1	16,00	23,00	16,00	0,27	60,00	1,67
1,2	9,00	13,00	9,00	0,33	27,00	3,70
1,4	18,00	23,00	18,00	0,33	54,00	1,85
1,6	12,00	17,00	12,00	0,67	18,00	5,56
1,8	14,00	24,00	14,00	0,27	52,50	1,90
2	9,00	13,00	9,00	0,47	19,29	5,19
2,2	12,00	19,00	12,00	0,33	36,00	2,78
2,4	12,00	17,00	12,00	0,87	13,85	7,22
2,6	23,00	36,00	23,00	0,53	43,13	2,32
2,8	26,00	34,00	26,00	0,93	27,86	3,59
3	33,00	47,00	33,00	1,27	26,05	3,84
3,2	32,00	51,00	32,00	1,27	25,26	3,96
3,4	27,00	46,00	27,00	0,60	45,00	2,22
3,6	25,00	34,00	25,00	1,13	22,06	4,53
3,8	39,00	56,00	39,00	0,80	48,75	2,05
4	34,00	46,00	34,00	1,00	34,00	2,94
4,2	29,00	44,00	29,00	0,53	54,38	1,84
4,4	18,00	26,00	18,00	0,73	24,55	4,07
4,6	45,00	56,00	45,00	1,53	29,35	3,41
4,8	70,00	93,00	70,00	0,87	80,77	1,24
5	65,00	78,00	65,00	0,27	243,75	0,41
5,2	15,00	19,00	15,00	0,13	112,50	0,89
5,4	9,00	11,00	9,00	0,27	33,75	2,96
5,6	6,00	10,00	6,00	0,20	30,00	3,33
5,8	4,00	7,00	4,00	0,27	15,00	6,67
6	7,00	11,00	7,00	0,27	26,25	3,81
6,2	7,00	11,00	7,00	0,47	15,00	6,67
6,4	11,00	18,00	11,00	0,40	27,50	3,64
6,6	10,00	16,00	10,00	0,60	16,67	6,00
6,8	12,00	21,00	12,00	0,27	45,00	2,22
7	10,00	14,00	10,00	0,33	30,00	3,33
7,2	11,00	16,00	11,00	0,27	41,25	2,42
7,4	13,00	17,00	13,00	0,33	39,00	2,56
7,6	13,00	18,00	13,00	0,27	48,75	2,05
7,8	13,00	17,00	13,00	0,53	24,38	4,10
8	16,00	24,00	16,00	0,60	26,67	3,75
8,2	18,00	27,00	18,00	0,60	30,00	3,33
8,4	17,00	26,00	17,00	0,60	28,33	3,53
8,6	16,00	25,00	16,00	0,47	34,29	2,92
8,8	15,00	22,00	15,00	0,13	112,50	0,89
9	10,00	12,00	10,00	0,27	37,50	2,67
9,2	18,00	22,00	18,00	0,33	54,00	1,85
9,4	20,00	25,00	20,00	0,33	60,00	1,67
9,6	12,00	17,00	12,00	0,47	25,71	3,89
9,8	40,00	47,00	40,00	0,27	150,00	0,67
10	9,00	13,00	9,00	0,33	27,00	3,70
10,2	10,00	15,00	10,00	0,27	37,50	2,67
10,4	9,00	13,00	9,00	0,27	33,75	2,96
10,6	10,00	14,00	10,00	0,33	30,00	3,33
10,8	12,00	17,00	12,00	0,40	30,00	3,33

Prof. (m)	Rp (kg/cm ²)	R _{tot} (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI	FR (%)
11	12,00	18,00	12,00	0,27	45,00	2,22
11,2	12,00	16,00	12,00	0,40	30,00	3,33
11,4	13,00	19,00	13,00	0,13	97,50	1,03
11,6	9,00	11,00	9,00	0,40	22,50	4,44
11,8	10,00	16,00	10,00	0,20	50,00	2,00
12	8,00	11,00	8,00	0,13	60,00	1,67
12,2	9,00	11,00	9,00	0,27	33,75	2,96
12,4	13,00	17,00	13,00	0,33	39,00	2,56
12,6	15,00	20,00	15,00	0,80	18,75	5,33
12,8	12,00	24,00	12,00	0,47	25,71	3,89
13	13,00	20,00	13,00	0,67	19,50	5,13
13,2	12,00	22,00	12,00	0,60	20,00	5,00
13,4	13,00	22,00	13,00	0,47	27,86	3,59
13,6	13,00	20,00	13,00	0,47	27,86	3,59
13,8	13,00	20,00	13,00	0,53	24,38	4,10
14	15,00	23,00	15,00	0,47	32,14	3,11
14,2	16,00	23,00	16,00	0,60	26,67	3,75
14,4	15,00	24,00	15,00	0,07	225,00	0,44
14,6	29,00	30,00	29,00	0,60	48,33	2,07
14,8	15,00	24,00	15,00	0,73	20,45	4,89
15	16,00	27,00	16,00	0,73	21,92	4,56

	PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA		Certificato n°: 0319/18
			Data emissione: 24/07/2018
COMMITTENTE: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)			Prova n°
CANTIERE: Argine Sx Po	QUOTA P.C.: - m s.l.m.	CPT2	
LOCALITA': Ficarolo (RO)	QUOTA FALDA: > 3,0 m da p.c.		
RESPONSABILE DI SITO: <i>Dr. Geol. Francesco Morbin</i>	DIRETTORE DI LABORATORIO: <i>Dott. Francesco Morbin</i>		
ATTREZZATURA: TG 63-200 con punta Begemann DATA INIZIO: 24/07/2018 DATA FINE: 24/07/2018			

Pagina: 1	
Tot. Pagine: 1	
UBICAZIONE PUNTO DI INDAGINE: -	
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat. 44°56'7.56" N Long. 11°27'5.22" E
INFORMAZIONI SULLA PROVA	Preforo - m Prof. Finale 15,0
OPERATORE: Francesco Morbin	
ANOMALIE RISCOSETRATE ED EVENTUALI NOTE:	

Rif. MQ 7.5.1 - rev.0 del 15/12/2010



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)

Prova n.°: CPT2

Cantiere: Argine Sx Po

Certificato N°: 0319/18

Località: Ficarolo (RO)

Data: 24/07/2018

Operatore: Francesco Morbin

Penetrometro statico tipo PAGANI da 12 t (con anello allargatore) attrezzato con punta meccanica tipo "Begemann"

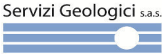
Diametro = 35,7 mm; Angolo apertura: 60°; Ap= 10 cm²; At= 20 cm²; Am= 150 cm²;

Velocità di avanzamento= 2 cm/s

LETTURE STRUMENTALI

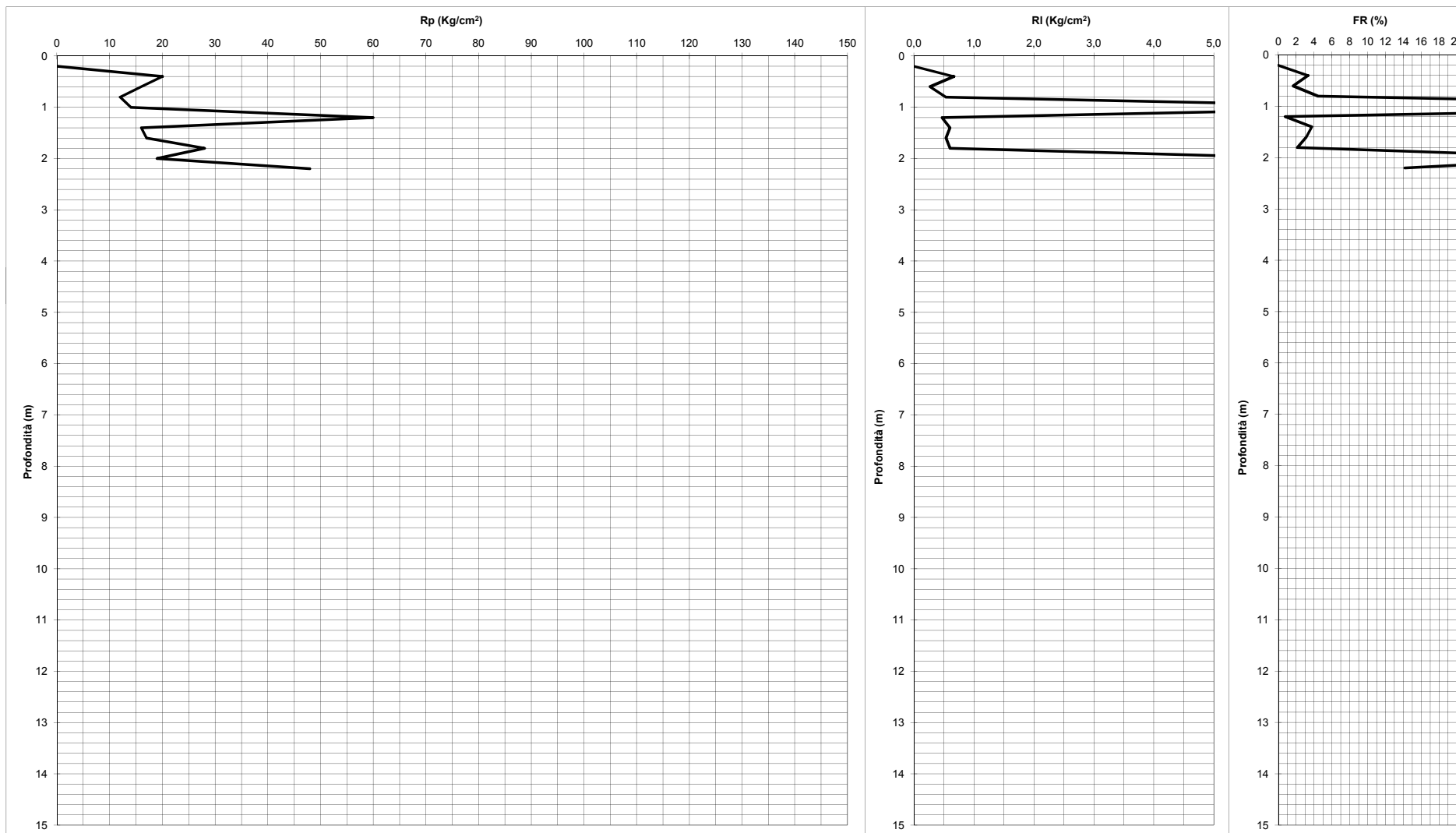
Prof. (m)	Rp (kg/cm ²)	R _{tot} (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI	FR (%)
0,2	-	-	-	-	-	-
0,4	21,00	35,00	21,00	0,60	35,00	2,86
0,6	17,00	26,00	17,00	0,40	42,50	2,35
0,8	21,00	27,00	21,00	0,47	45,00	2,22
1	19,00	26,00	19,00	0,67	28,50	3,51
1,2	17,00	27,00	17,00	1,00	17,00	5,88
1,4	12,00	27,00	12,00	1,67	7,20	13,89
1,6	13,00	38,00	13,00	1,13	11,47	8,72
1,8	20,00	37,00	20,00	0,27	75,00	1,33
2	17,00	21,00	17,00	0,53	31,88	3,14
2,2	15,00	23,00	15,00	0,47	32,14	3,11
2,4	15,00	22,00	15,00	0,47	32,14	3,11
2,6	19,00	26,00	19,00	0,33	57,00	1,75
2,8	29,00	34,00	29,00	0,60	48,33	2,07
3	27,00	36,00	27,00	0,80	33,75	2,96
3,2	35,00	47,00	35,00	1,13	30,88	3,24
3,4	43,00	60,00	43,00	1,87	23,04	4,34
3,6	42,00	70,00	42,00	1,20	35,00	2,86
3,8	38,00	56,00	38,00	0,73	51,82	1,93
4	35,00	46,00	35,00	0,93	37,50	2,67
4,2	47,00	61,00	47,00	1,13	41,47	2,41
4,4	59,00	76,00	59,00	1,47	40,23	2,49
4,6	36,00	58,00	36,00	1,20	30,00	3,33
4,8	58,00	76,00	58,00	1,47	39,55	2,53
5	48,00	70,00	48,00	0,80	60,00	1,67
5,2	61,00	73,00	61,00	0,40	152,50	0,66
5,4	9,00	15,00	9,00	0,20	45,00	2,22
5,6	6,00	9,00	6,00	0,20	30,00	3,33
5,8	3,00	6,00	3,00	0,27	11,25	8,89
6	7,00	11,00	7,00	0,13	52,50	1,90
6,2	9,00	11,00	9,00	0,27	33,75	2,96
6,4	9,00	13,00	9,00	0,33	27,00	3,70
6,6	8,00	13,00	8,00	0,27	30,00	3,33
6,8	10,00	14,00	10,00	0,40	25,00	4,00
7	10,00	16,00	10,00	0,33	30,00	3,33
7,2	13,00	18,00	13,00	0,33	39,00	2,56
7,4	7,00	12,00	7,00	0,27	26,25	3,81
7,6	14,00	18,00	14,00	0,47	30,00	3,33
7,8	14,00	21,00	14,00	0,40	35,00	2,86
8	12,00	18,00	12,00	0,60	20,00	5,00
8,2	17,00	26,00	17,00	0,47	36,43	2,75
8,4	15,00	22,00	15,00	0,53	28,13	3,56
8,6	12,00	20,00	12,00	0,40	30,00	3,33
8,8	14,00	20,00	14,00	0,53	26,25	3,81
9	14,00	22,00	14,00	0,27	52,50	1,90
9,2	9,00	13,00	9,00	0,73	12,27	8,15
9,4	9,00	20,00	9,00	0,73	12,27	8,15
9,6	10,00	21,00	10,00	0,40	25,00	4,00
9,8	18,00	24,00	18,00	0,20	90,00	1,11
10	12,00	15,00	12,00	0,27	45,00	2,22
10,2	10,00	14,00	10,00	0,40	25,00	4,00
10,4	11,00	17,00	11,00	0,27	41,25	2,42
10,6	8,00	12,00	8,00	0,40	20,00	5,00
10,8	6,00	12,00	6,00	0,33	18,00	5,56

Prof. (m)	R _p (kg/cm ²)	R _{tot} (kg/cm ²)	R _p (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	R _p /RI	FR (%)
11	8,00	13,00	8,00	0,33	24,00	4,17
11,2	10,00	15,00	10,00	0,20	50,00	2,00
11,4	13,00	16,00	13,00	0,27	48,75	2,05
11,6	10,00	14,00	10,00	0,33	30,00	3,33
11,8	7,00	12,00	7,00	0,20	35,00	2,86
12	9,00	12,00	9,00	0,40	22,50	4,44
12,2	6,00	12,00	6,00	0,33	18,00	5,56
12,4	10,00	15,00	10,00	0,47	21,43	4,67
12,6	7,00	14,00	7,00	0,47	15,00	6,67
12,8	10,00	17,00	10,00	0,53	18,75	5,33
13	12,00	20,00	12,00	0,47	25,71	3,89
13,2	13,00	20,00	13,00	0,27	48,75	2,05
13,4	13,00	17,00	13,00	0,80	16,25	6,15
13,6	14,00	26,00	14,00	0,20	70,00	1,43
13,8	15,00	18,00	15,00	0,33	45,00	2,22
14	12,00	17,00	12,00	0,53	22,50	4,44
14,2	17,00	25,00	17,00	1,00	17,00	5,88
14,4	27,00	42,00	27,00	0,47	57,86	1,73
14,6	19,00	26,00	19,00	0,60	31,67	3,16
14,8	12,00	21,00	12,00	0,67	18,00	5,56
15	15,00	25,00	15,00	0,73	20,55	4,87

	PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA	Certificato n°: 0344/18 Data emissione: 24/07/2018
COMMITTENTE: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)		Prova n°
CANTIERE: Argine Sx Po	QUOTA P.C.: - m s.l.m.	CPT3 I
LOCALITA': Ficarolo (RO)	QUOTA FALDA: N.D. m da p.c.	
RESPONSABILE DI SITO: <i>Dr. Geol. Francesco Morbin</i>	DIRETTORE DI LABORATORIO: <i>Dott. Francesco Morbin</i>	
ATTREZZATURA: TG 63-200 con punta Begemann DATA INIZIO: 24/07/2018 DATA FINE: 24/07/2018		

Pagina: 1	
Tot. Pagine: 1	
UBICAZIONE PUNTO DI INDAGINE: -	
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat. 44°56'7.56" N Long. 11°27'5.22" E
INFORMAZIONI SULLA PROVA	Preforo - m Prof. Finale 2,2
OPERATORE: Francesco Morbin	
ANOMALIE RISCOSETRATE ED EVENTUALI NOTE:	

Rif. MQ 7.5.1 - rev.0 del 15/12/2010



Servizi Geologici s.a.s. - Via Busiagio, 106/2 Marsango di Campo San Martino (PD) - Tel. 049 9620033 - info@serviziigeologici.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)

Prova n.°: CPT3 I

Cantiere: Argine Sx Po

Certificato N°: 0344/18

Località: Ficarolo (RO)

Data: 24/07/2018

Operatore: Francesco Morbin

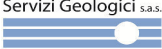
Penetrometro statico tipo PAGANI da 12 t (con anello allargatore) attrezzato con punta meccanica tipo "Begemann"

Diametro = 35,7 mm; Angolo apertura: 60°; Ap= 10 cm²; At= 20 cm²; Am= 150 cm²;

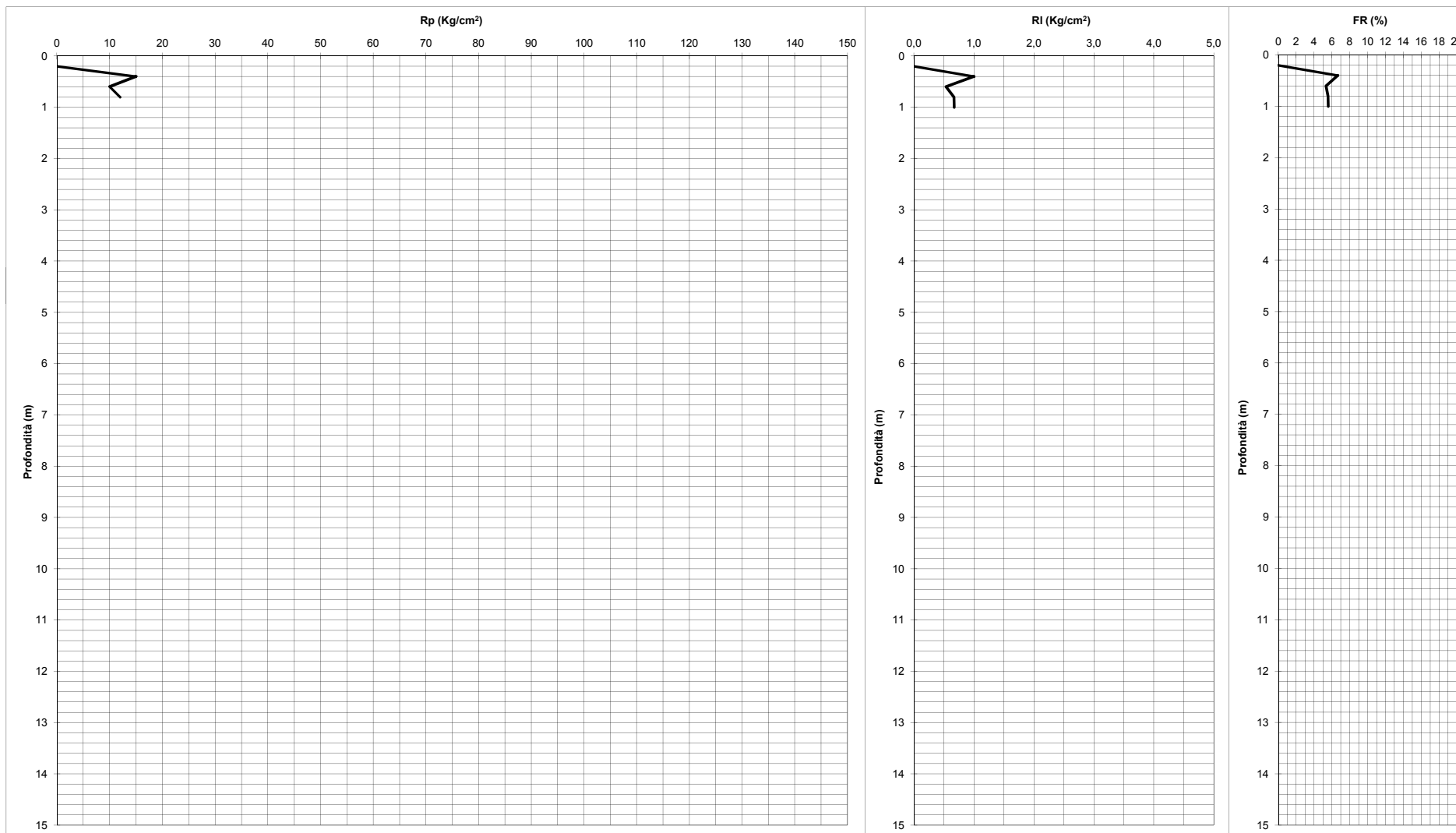
Velocità di avanzamento= 2 cm/s

LETTURE STRUMENTALI

Prof. (m)	Rp (kg/cm ²)	R _{tot} (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI	FR (%)
0,2	-	-	-	-	-	-
0,4	20,00	26,00	20,00	0,67	30,00	3,33
0,6	16,00	26,00	16,00	0,27	60,00	1,67
0,8	12,00	16,00	12,00	0,53	22,50	4,44
1	14,00	22,00	14,00	8,67	1,62	61,90
1,2	60,00	190,00	60,00	0,47	128,57	0,78
1,4	16,00	23,00	16,00	0,60	26,67	3,75
1,6	17,00	26,00	17,00	0,53	31,88	3,14
1,8	28,00	36,00	28,00	0,60	46,67	2,14
2	19,00	28,00	19,00	6,80	2,79	35,79
2,2	48,00	150,00	48,00	6,80	7,06	14,17

	PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA	Certificato n°: 0345/18 Data emissione: 24/07/2018
COMMITTENTE: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)		Prova n°
CANTIERE: Argine Sx Po	QUOTA P.C.: - m s.l.m.	CPT3 II
LOCALITA': Ficarolo (RO)	QUOTA FALDA: N.D. m da p.c.	
RESPONSABILE DI SITO: <i>Dr. Geol. Francesco Morbin</i>	DIRETTORE DI LABORATORIO: <i>Dott. Francesco Morbin</i>	
ATTREZZATURA: TG 63-200 con punta Begemann DATA INIZIO: 24/07/2018 DATA FINE: 24/07/2018		

Pagina: 1	
Tot. Pagine: 1	
UBICAZIONE PUNTO DI INDAGINE: -	
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat. 44°56'7.56" N Long. 11°27'5.22" E
INFORMAZIONI SULLA PROVA	Preforo - m Prof. Finale 1,0
OPERATORE: Francesco Morbin	
ANOMALIE RISCONTRATE ED EVENTUALI NOTE:	



Rif. MQ 7.5.1 - rev.0 del 15/12/2010

Servizi Geologici s.a.s. - Via Busiagio, 106/2 Marsango di Campo San Martino (PD) - Tel. 049 9620033 - info@serviziigeologici.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)

Prova n.°: CPT3 II

Cantiere: Argine Sx Po

Certificato N°: 0345/18

Località: Ficarolo (RO)

Data: 24/07/2018

Operatore: Francesco Morbin

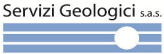
Penetrometro statico tipo PAGANI da 12 t (con anello allargatore) attrezzato con punta meccanica tipo "Begemann"

Diametro = 35,7 mm; Angolo apertura: 60°; Ap= 10 cm²; At= 20 cm²; Am= 150 cm²;

Velocità di avanzamento= 2 cm/s

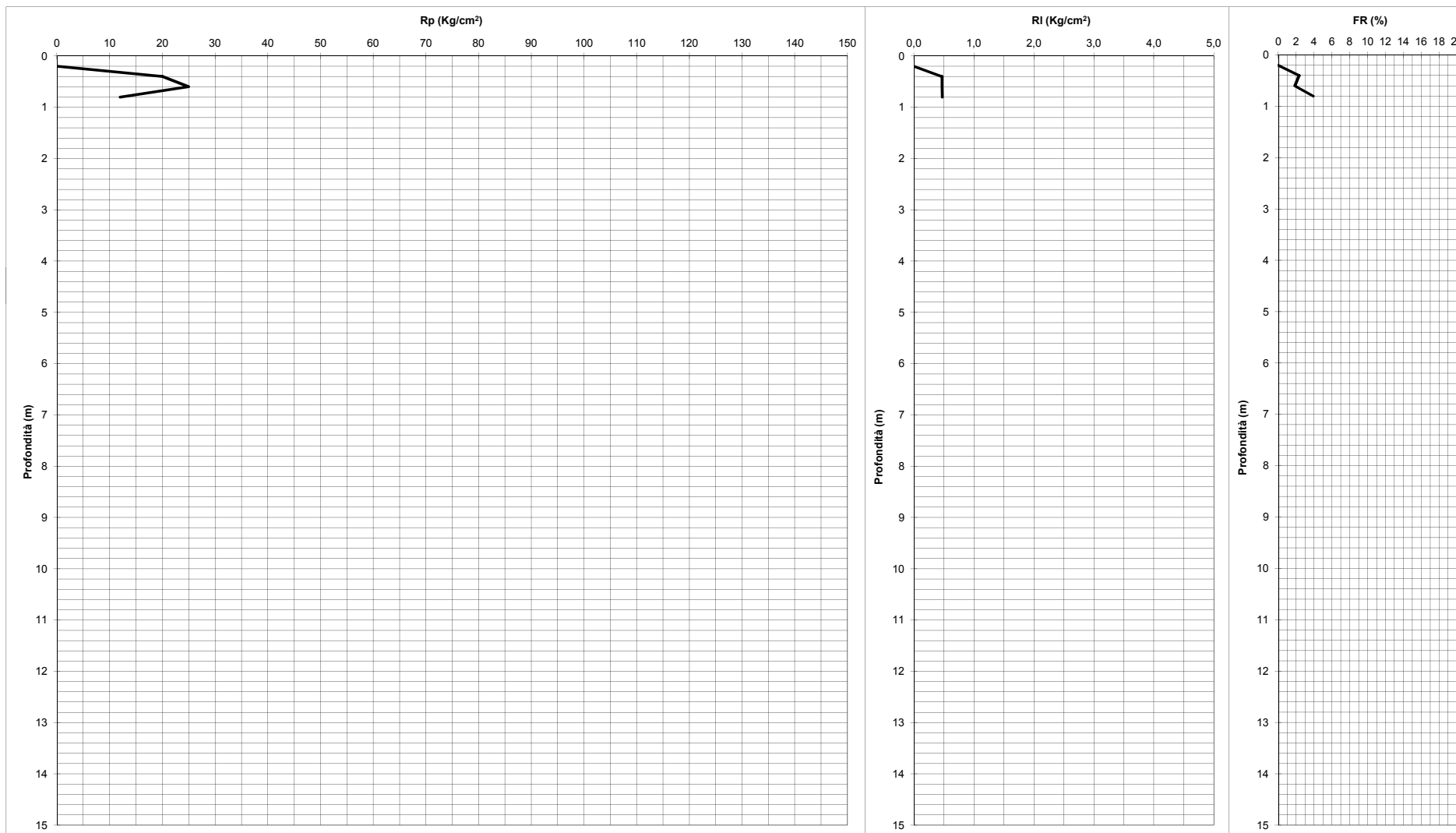
LETTURE STRUMENTALI

Prof. (m)	Rp (kg/cm ²)	R _{tot} (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI	FR (%)
0,2	-	-	-	-	-	-
0,4	15,00	20,00	15,00	1,00	15,00	6,67
0,6	10,00	25,00	10,00	0,53	18,75	5,33
0,8	12,00	20,00	12,00	0,67	18,00	5,56
1	12,00	22,00	12,00	0,67	17,91	5,58

	PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA		Certificato n°: 0346/18
			Data emissione: 24/07/2018
COMMITTENTE: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)			Prova n°
CANTIERE: Argine Sx Po	QUOTA P.C.: - m s.l.m.	CPT3 III	
LOCALITA': Ficarolo (RO)	QUOTA FALDA: N.D. m da p.c.		
RESPONSABILE DI SITO: <i>Dr. Geol. Francesco Morbin</i>	DIRETTORE DI LABORATORIO: <i>Dott. Francesco Morbin</i>		
ATTREZZATURA: TG 63-200 con punta Begemann			
DATA INIZIO: 24/07/2018		DATA FINE: 24/07/2018	

Pagina: 1	
Tot. Pagine: 1	
UBICAZIONE PUNTO DI INDAGINE: -	
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat. 44°56'7.56" N Long. 11°27'5.22" E
INFORMAZIONI SULLA PROVA	Preforo - m Prof. Finale 0,8
OPERATORE: Francesco Morbin	
ANOMALIE RISCONTRATE ED EVENTUALI NOTE:	

Rif. MQ 7.5.1 - rev.0 del 15/12/2010



Servizi Geologici s.a.s. - Via Busiagio, 106/2 Marsango di Campo San Martino (PD) - Tel. 049 9620033 - info@servizigeologici.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: AIPO (Azienda Interregionale Fiume Po)

Prova n.°: CPT3 III

Cantiere: Argine Sx Po

Certificato N°: 0346/18

Località: Ficarolo (RO)

Data: 24/07/2018

Operatore: Francesco Morbin

Penetrometro statico tipo PAGANI da 12 t (con anello allargatore) attrezzato con punta meccanica tipo "Begemann"

Diametro = 35,7 mm; Angolo apertura: 60°; Ap= 10 cm²; At= 20 cm²; Am= 150 cm²;

Velocità di avanzamento= 2 cm/s

LETTURE STRUMENTALI

Prof. (m)	Rp (kg/cm ²)	R _{tot} (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI	FR (%)
0,2	-	-	-	-	-	-
0,4	20,00	27,00	20,00	0,47	42,86	2,33
0,6	25,00	32,00	25,00	0,47	53,57	1,87
0,8	12,00	19,00	12,00	0,47	25,53	3,92

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE CPT E SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Terzaghi	2,3
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Terzaghi	0,8
Strato 6	1,20	9,276	0,333	0,2	0,2	Terzaghi	0,5
Strato 8	1,60	12,276	0,667	0,3	0,3	Terzaghi	0,6
Strato 10	2,00	9,276	0,467	0,4	0,4	Terzaghi	0,5
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Terzaghi	0,6
Strato 12	2,40	12,414	0,867	0,4	0,4	Terzaghi	0,6
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Terzaghi	1,2
Strato 14	2,80	26,414	0,933	0,5	0,5	Terzaghi	1,3
Strato 15	3,00	33,414	1,267	0,5	0,5	Terzaghi	1,7
Strato 16	3,20	32,552	1,267	0,6	0,6	Terzaghi	1,6
Strato 18	3,60	25,552	1,133	0,7	0,6	Terzaghi	1,3
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Terzaghi	1,7
Strato 22	4,40	18,69	0,733	0,8	0,7	Terzaghi	0,9
Strato 23	4,60	45,69	1,533	0,9	0,7	Terzaghi	2,3
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Terzaghi	0,5
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Terzaghi	0,3
Strato 29	5,80	4,828	0,267	1,1	0,8	Terzaghi	0,2
Strato 30	6,00	7,828	0,267	1,1	0,9	Terzaghi	0,4
Strato 31	6,20	7,966	0,467	1,2	0,9	Terzaghi	0,4
Strato 32	6,40	11,966	0,4	1,2	0,9	Terzaghi	0,6
Strato 33	6,60	10,966	0,6	1,3	0,9	Terzaghi	0,6
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Terzaghi	0,6
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Terzaghi	0,7
Strato 39	7,80	14,104	0,533	1,5	1,0	Terzaghi	0,7
Strato 40	8,00	17,104	0,6	1,5	1,0	Terzaghi	0,9
Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1	Terzaghi	1,0
Strato 42	8,40	18,242	0,6	1,6	1,1	Terzaghi	0,9
Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1	Terzaghi	0,9
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1	Terzaghi	0,6
Strato 48	9,60	13,38	0,467	1,8	1,2	Terzaghi	0,7
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2	Terzaghi	0,5
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2	Terzaghi	0,6
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3	Terzaghi	0,5
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3	Terzaghi	0,6
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3	Terzaghi	0,7
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3	Terzaghi	0,7
Strato 58	11,60	10,656	0,4	2,2	1,4	Terzaghi	0,5
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4	Terzaghi	0,5
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4	Terzaghi	0,7
Strato 63	12,60	16,794	0,8	2,4	1,4	Terzaghi	0,8
Strato 64	12,80	13,794	0,467	2,4	1,5	Terzaghi	0,7
Strato 65	13,00	14,794	0,667	2,5	1,5	Terzaghi	0,7
Strato 66	13,20	13,932	0,6	2,5	1,5	Terzaghi	0,7
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5	Terzaghi	0,8
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5	Terzaghi	0,8
Strato 69	13,80	14,932	0,533	2,6	1,6	Terzaghi	0,8
Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6	Terzaghi	0,9
Strato 71	14,20	18,07	0,6	2,7	1,6	Terzaghi	0,9
Strato 74	14,80	17,07	0,733	2,8	1,6	Terzaghi	0,9

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Metodo generale del modulo Edometrico	90,3
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	47,9
Strato 6	1,20	9,276	0,333	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	41,9
Strato 8	1,60	12,276	0,667	0,3	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	47,2
Strato 10	2,00	9,276	0,467	0,4	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	41,9
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	47,3
Strato 12	2,40	12,414	0,867	0,4	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	47,3
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Metodo generale del modulo Edometrico	46,8
Strato 14	2,80	26,414	0,933	0,5	0,5	Metodo generale del modulo Edometrico	52,8
Strato 15	3,00	33,414	1,267	0,5	0,5	Metodo generale del modulo Edometrico	66,8
Strato 16	3,20	32,552	1,267	0,6	0,6	Metodo generale del modulo Edometrico	65,1
Strato 18	3,60	25,552	1,133	0,7	0,6	Metodo generale del modulo Edometrico	51,1
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	69,1

Strato 22	4,40	18,69	0,733	0,8	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	44,8
Strato 23	4,60	45,69	1,533	0,9	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	91,4
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Metodo generale del modulo Edometrico	43,2
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Metodo generale del modulo Edometrico	34,6
Strato 29	5,80	4,828	0,267	1,1	0,8	Metodo generale del modulo Edometrico	26,7
Strato 30	6,00	7,828	0,267	1,1	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	37,9
Strato 31	6,20	7,966	0,467	1,2	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	38,3
Strato 32	6,40	11,966	0,4	1,2	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	46,8
Strato 33	6,60	10,966	0,6	1,3	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	45,4
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	45,4
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
Strato 39	7,80	14,104	0,533	1,5	1,0	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
Strato 40	8,00	17,104	0,6	1,5	1,0	Metodo generale del modulo Edometrico	47,1
Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1	Metodo generale del modulo Edometrico	43,7
Strato 42	8,40	18,242	0,6	1,6	1,1	Metodo generale del modulo Edometrico	45,5

Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1	modulo Edometrico Metodo generale del modulo	46,9
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1	Edometrico Metodo generale del modulo	45,8
Strato 48	9,60	13,38	0,467	1,8	1,2	Edometrico Metodo generale del modulo	48,1
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2	Edometrico Metodo generale del modulo	44,3
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2	Edometrico Metodo generale del modulo	46,2
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3	Edometrico Metodo generale del modulo	44,6
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3	Edometrico Metodo generale del modulo	46,2
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3	Edometrico Metodo generale del modulo	48,1
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3	Edometrico Metodo generale del modulo	48,2
Strato 58	11,60	10,656	0,4	2,2	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	44,8
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	45,1
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	48,4
Strato 63	12,60	16,794	0,8	2,4	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	47,4
Strato 64	12,80	13,794	0,467	2,4	1,5	Edometrico Metodo generale del modulo Edometrico	48,3

Strato 65	13,00	14,794	0,667	2,5	1,5	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
Strato 66	13,20	13,932	0,6	2,5	1,5	Metodo generale del modulo Edometrico	48,3
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
Strato 69	13,80	14,932	0,533	2,6	1,6	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6	Metodo generale del modulo Edometrico	47,3
Strato 71	14,20	18,07	0,6	2,7	1,6	Metodo generale del modulo Edometrico	45,8
Strato 74	14,80	17,07	0,733	2,8	1,6	Metodo generale del modulo Edometrico	47,1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Meyerhof	2,1
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Meyerhof	1,9
Strato 6	1,20	9,276	0,333	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
Strato 8	1,60	12,276	0,667	0,3	0,3	Meyerhof	1,9
Strato 10	2,00	9,276	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Meyerhof	1,9
Strato 12	2,40	12,414	0,867	0,4	0,4	Meyerhof	1,9
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Meyerhof	2,0
Strato 14	2,80	26,414	0,933	0,5	0,5	Meyerhof	2,0
Strato 15	3,00	33,414	1,267	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 16	3,20	32,552	1,267	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 18	3,60	25,552	1,133	0,7	0,6	Meyerhof	2,0
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 22	4,40	18,69	0,733	0,8	0,7	Meyerhof	2,0
Strato 23	4,60	45,69	1,533	0,9	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 29	5,80	4,828	0,267	1,1	0,8	Meyerhof	1,7
Strato 30	6,00	7,828	0,267	1,1	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 31	6,20	7,966	0,467	1,2	0,9	Meyerhof	1,8

Strato 32	6,40	11,966	0,4	1,2	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 33	6,60	10,966	0,6	1,3	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 39	7,80	14,104	0,533	1,5	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 40	8,00	17,104	0,6	1,5	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 42	8,40	18,242	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 48	9,60	13,38	0,467	1,8	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2	Meyerhof	1,8
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 58	11,60	10,656	0,4	2,2	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 63	12,60	16,794	0,8	2,4	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 64	12,80	13,794	0,467	2,4	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 65	13,00	14,794	0,667	2,5	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 66	13,20	13,932	0,6	2,5	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 69	13,80	14,932	0,533	2,6	1,6	Meyerhof	1,9
Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6	Meyerhof	1,9
Strato 71	14,20	18,07	0,6	2,7	1,6	Meyerhof	1,9
Strato 74	14,80	17,07	0,733	2,8	1,6	Meyerhof	1,9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Meyerhof	2,2
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Meyerhof	2,0
Strato 6	1,20	9,276	0,333	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 8	1,60	12,276	0,667	0,3	0,3	Meyerhof	2,0
Strato 10	2,00	9,276	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	1,9
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Meyerhof	2,0
Strato 12	2,40	12,414	0,867	0,4	0,4	Meyerhof	2,0
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 14	2,80	26,414	0,933	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 15	3,00	33,414	1,267	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 16	3,20	32,552	1,267	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 18	3,60	25,552	1,133	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 22	4,40	18,69	0,733	0,8	0,7	Meyerhof	2,0
Strato 23	4,60	45,69	1,533	0,9	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 29	5,80	4,828	0,267	1,1	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 30	6,00	7,828	0,267	1,1	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 31	6,20	7,966	0,467	1,2	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 32	6,40	11,966	0,4	1,2	0,9	Meyerhof	2,0
Strato 33	6,60	10,966	0,6	1,3	0,9	Meyerhof	1,9

Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 39	7,80	14,104	0,533	1,5	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 40	8,00	17,104	0,6	1,5	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 42	8,40	18,242	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 48	9,60	13,38	0,467	1,8	1,2	Meyerhof	2,0
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	2,0
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	2,0
Strato 58	11,60	10,656	0,4	2,2	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4	Meyerhof	2,0
Strato 63	12,60	16,794	0,8	2,4	1,4	Meyerhof	2,0
Strato 64	12,80	13,794	0,467	2,4	1,5	Meyerhof	2,0
Strato 65	13,00	14,794	0,667	2,5	1,5	Meyerhof	2,0
Strato 66	13,20	13,932	0,6	2,5	1,5	Meyerhof	2,0
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5	Meyerhof	2,0
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5	Meyerhof	2,0
Strato 69	13,80	14,932	0,533	2,6	1,6	Meyerhof	2,0
Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6	Meyerhof	2,0
Strato 71	14,20	18,07	0,6	2,7	1,6	Meyerhof	2,0
Strato 74	14,80	17,07	0,733	2,8	1,6	Meyerhof	2,0

TERRENI INCOERENTI I

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Schmertmann	42,0
Strato 3	0,60	24,138	0,267	0,1	0,1	Schmertmann	40,0
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Schmertmann	36,5
Strato 5	1,00	16,138	0,267	0,2	0,2	Schmertmann	35,4
Strato 7	1,40	18,276	0,333	0,2	0,2	Schmertmann	34,6
Strato 9	1,80	14,276	0,267	0,3	0,3	Schmertmann	32,3
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Schmertmann	30,8
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Schmertmann	33,4
Strato 17	3,40	27,552	0,6	0,6	0,6	Schmertmann	33,2
Strato 19	3,80	39,552	0,8	0,7	0,6	Schmertmann	34,8
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Schmertmann	34,0
Strato 21	4,20	29,69	0,533	0,8	0,7	Schmertmann	33,1
Strato 24	4,80	70,69	0,867	0,9	0,7	Schmertmann	37,2
Strato 25	5,00	65,69	0,267	1,0	0,8	Schmertmann	36,7
Strato 26	5,20	15,828	0,133	1,0	0,8	Schmertmann	29,3
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Schmertmann	28,7
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Schmertmann	28,7
Strato 34	6,80	12,966	0,267	1,3	0,9	Schmertmann	28,7
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Schmertmann	28,7
Strato 36	7,20	12,104	0,267	1,4	1,0	Schmertmann	28,7
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Schmertmann	28,7
Strato 38	7,60	14,104	0,267	1,4	1,0	Schmertmann	28,7

Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1 Schmertmann	29,3
Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1 Schmertmann	28,7
Strato 44	8,80	16,242	0,133	1,7	1,1 Schmertmann	28,7
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1 Schmertmann	28,7
Strato 46	9,20	19,38	0,333	1,8	1,1 Schmertmann	29,0
Strato 47	9,40	21,38	0,333	1,8	1,2 Schmertmann	29,4
Strato 49	9,80	41,38	0,267	1,9	1,2 Schmertmann	32,7
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2 Schmertmann	28,7
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2 Schmertmann	28,7
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3 Schmertmann	28,7
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3 Schmertmann	28,7
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3 Schmertmann	28,7
Strato 55	11,00	13,518	0,267	2,1	1,3 Schmertmann	28,7
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3 Schmertmann	28,7
Strato 57	11,40	14,656	0,133	2,2	1,3 Schmertmann	28,7
Strato 59	11,80	11,656	0,2	2,2	1,4 Schmertmann	28,7
Strato 60	12,00	9,656	0,133	2,3	1,4 Schmertmann	28,7
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4 Schmertmann	28,7
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4 Schmertmann	28,7
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5 Schmertmann	28,7
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5 Schmertmann	28,7
Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6 Schmertmann	28,7
Strato 72	14,40	17,07	0,067	2,7	1,6 Schmertmann	28,7
Strato 73	14,60	31,07	0,6	2,8	1,6 Schmertmann	30,1
Strato 75	15,00	18,07	0,0	2,9	1,7 Schmertmann	28,7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Buisman - Sanglerat	67,7
Strato 3	0,60	24,138	0,267	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	120,7
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	80,7
Strato 5	1,00	16,138	0,267	0,2	0,2	Buisman - Sanglerat	80,7
Strato 7	1,40	18,276	0,333	0,2	0,2	Buisman - Sanglerat	91,4
Strato 9	1,80	14,276	0,267	0,3	0,3	Buisman - Sanglerat	71,4
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Buisman - Sanglerat	62,1
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Buisman - Sanglerat	117,1
Strato 17	3,40	27,552	0,6	0,6	0,6	Buisman - Sanglerat	137,8
Strato 19	3,80	39,552	0,8	0,7	0,6	Buisman - Sanglerat	118,7
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Buisman - Sanglerat	103,7
Strato 21	4,20	29,69	0,533	0,8	0,7	Buisman - Sanglerat	148,5
Strato 24	4,80	70,69	0,867	0,9	0,7	Buisman - Sanglerat	106,0
Strato 25	5,00	65,69	0,267	1,0	0,8	Buisman -	98,5

Strato 26	5,20	15,828	0,133	1,0	0,8	Sanglerat Buisman - Sanglerat	79,1
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Buisman - Sanglerat	78,6
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Buisman - Sanglerat	54,6
Strato 34	6,80	12,966	0,267	1,3	0,9	Buisman - Sanglerat	64,8
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Buisman - Sanglerat	54,8
Strato 36	7,20	12,104	0,267	1,4	1,0	Buisman - Sanglerat	60,5
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Buisman - Sanglerat	70,5
Strato 38	7,60	14,104	0,267	1,4	1,0	Buisman - Sanglerat	70,5
Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1	Buisman - Sanglerat	96,2
Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1	Buisman - Sanglerat	86,2
Strato 44	8,80	16,242	0,133	1,7	1,1	Buisman - Sanglerat	81,2
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1	Buisman - Sanglerat	56,2
Strato 46	9,20	19,38	0,333	1,8	1,1	Buisman - Sanglerat	96,9
Strato 47	9,40	21,38	0,333	1,8	1,2	Buisman - Sanglerat	106,9
Strato 49	9,80	41,38	0,267	1,9	1,2	Buisman - Sanglerat	124,1
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2	Buisman - Sanglerat	51,9
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2	Buisman - Sanglerat	57,6
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3	Buisman - Sanglerat	52,6
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3	Buisman - Sanglerat	57,6
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3	Buisman - Sanglerat	67,6
Strato 55	11,00	13,518	0,267	2,1	1,3	Buisman - Sanglerat	67,6
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3	Buisman - Sanglerat	68,3
Strato 57	11,40	14,656	0,133	2,2	1,3	Buisman - Sanglerat	73,3
Strato 59	11,80	11,656	0,2	2,2	1,4	Buisman - Sanglerat	58,3
Strato 60	12,00	9,656	0,133	2,3	1,4	Buisman - Sanglerat	77,3
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4	Buisman - Sanglerat	54,0
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4	Buisman - Sanglerat	74,0
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5	Buisman - Sanglerat	74,7
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5	Buisman - Sanglerat	74,7

Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6	Sanglerat Buisman - Sanglerat	84,7
Strato 72	14,40	17,07	0,067	2,7	1,6	Buisman - Sanglerat	85,4
Strato 73	14,60	31,07	0,6	2,8	1,6	Buisman - Sanglerat	93,2
Strato 75	15,00	18,07	0,0	2,9	1,7	Buisman - Sanglerat	90,4

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Meyerhof	1,8
Strato 3	0,60	24,138	0,267	0,1	0,1	Meyerhof	1,9
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 5	1,00	16,138	0,267	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 7	1,40	18,276	0,333	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
Strato 9	1,80	14,276	0,267	0,3	0,3	Meyerhof	1,8
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 17	3,40	27,552	0,6	0,6	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 19	3,80	39,552	0,8	0,7	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 21	4,20	29,69	0,533	0,8	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 24	4,80	70,69	0,867	0,9	0,7	Meyerhof	1,9
Strato 25	5,00	65,69	0,267	1,0	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 26	5,20	15,828	0,133	1,0	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 34	6,80	12,966	0,267	1,3	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 36	7,20	12,104	0,267	1,4	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 38	7,60	14,104	0,267	1,4	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 44	8,80	16,242	0,133	1,7	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 46	9,20	19,38	0,333	1,8	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 47	9,40	21,38	0,333	1,8	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 49	9,80	41,38	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2	Meyerhof	1,8
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	1,8
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 55	11,00	13,518	0,267	2,1	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 57	11,40	14,656	0,133	2,2	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 59	11,80	11,656	0,2	2,2	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 60	12,00	9,656	0,133	2,3	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5	Meyerhof	1,8
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5	Meyerhof	1,8

Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 72	14,40	17,07	0,067	2,7	1,6	Meyerhof	1,9
Strato 73	14,60	31,07	0,6	2,8	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 75	15,00	18,07	0,0	2,9	1,7	Meyerhof	0,0

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0,40	45,138	1,067	0,0	0,0	Meyerhof	2,1
Strato 3	0,60	24,138	0,267	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 4	0,80	16,138	0,467	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 5	1,00	16,138	0,267	0,2	0,2	Meyerhof	2,2
Strato 7	1,40	18,276	0,333	0,2	0,2	Meyerhof	2,1
Strato 9	1,80	14,276	0,267	0,3	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 11	2,20	12,414	0,333	0,4	0,4	Meyerhof	2,1
Strato 13	2,60	23,414	0,533	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 17	3,40	27,552	0,6	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 19	3,80	39,552	0,8	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 20	4,00	34,552	1,0	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 21	4,20	29,69	0,533	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 24	4,80	70,69	0,867	0,9	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 25	5,00	65,69	0,267	1,0	0,8	Meyerhof	2,2
Strato 26	5,20	15,828	0,133	1,0	0,8	Meyerhof	2,2
Strato 27	5,40	9,828	0,267	1,0	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 34	6,80	12,966	0,267	1,3	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 36	7,20	12,104	0,267	1,4	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 37	7,40	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 38	7,60	14,104	0,267	1,4	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 41	8,20	19,242	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 43	8,60	17,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 44	8,80	16,242	0,133	1,7	1,1	Meyerhof	2,2
Strato 45	9,00	11,242	0,267	1,7	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 46	9,20	19,38	0,333	1,8	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 47	9,40	21,38	0,333	1,8	1,2	Meyerhof	2,2
Strato 49	9,80	41,38	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	2,2
Strato 50	10,00	10,38	0,333	1,9	1,2	Meyerhof	2,1
Strato 51	10,20	11,518	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	2,1
Strato 52	10,40	10,518	0,267	2,0	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 53	10,60	11,518	0,333	2,0	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 54	10,80	13,518	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 55	11,00	13,518	0,267	2,1	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 56	11,20	13,656	0,4	2,1	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 57	11,40	14,656	0,133	2,2	1,3	Meyerhof	2,2
Strato 59	11,80	11,656	0,2	2,2	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 60	12,00	9,656	0,133	2,3	1,4	Meyerhof	2,2
Strato 61	12,20	10,794	0,267	2,3	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 62	12,40	14,794	0,333	2,4	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 67	13,40	14,932	0,467	2,5	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 68	13,60	14,932	0,467	2,6	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 70	14,00	16,932	0,467	2,7	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 72	14,40	17,07	0,067	2,7	1,6	Meyerhof	2,2
Strato 73	14,60	31,07	0,6	2,8	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 75	15,00	18,07	0,0	2,9	1,7	Meyerhof	0,0

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT2

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	0,138	0,933	0,0	0,0	Terzaghi	0,0
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Terzaghi	1,1
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Terzaghi	0,9
Strato 5	1,00	19,138	0,667	0,2	0,2	Terzaghi	1,0
Strato 6	1,20	17,276	1,0	0,2	0,2	Terzaghi	0,9
Strato 7	1,40	12,276	1,667	0,2	0,2	Terzaghi	0,6
Strato 8	1,60	13,276	1,133	0,3	0,3	Terzaghi	0,7
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Terzaghi	0,9
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Terzaghi	0,8
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Terzaghi	0,8
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Terzaghi	1,4
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Terzaghi	1,8
Strato 17	3,40	43,552	1,867	0,6	0,6	Terzaghi	2,2
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Terzaghi	2,1
Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Terzaghi	1,8
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Terzaghi	2,4
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Terzaghi	3,0
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Terzaghi	1,8
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Terzaghi	2,9
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Terzaghi	0,3
Strato 29	5,80	3,828	0,267	1,1	0,9	Terzaghi	0,2
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Terzaghi	0,5
Strato 32	6,40	9,966	0,333	1,2	0,9	Terzaghi	0,5
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Terzaghi	0,5
Strato 34	6,80	10,966	0,4	1,3	0,9	Terzaghi	0,6
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Terzaghi	0,6
Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Terzaghi	0,7
Strato 37	7,40	8,104	0,267	1,4	1,0	Terzaghi	0,4
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	Terzaghi	0,8
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	Terzaghi	0,8
Strato 40	8,00	13,104	0,6	1,5	1,0	Terzaghi	0,7
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	Terzaghi	0,9
Strato 42	8,40	16,242	0,533	1,6	1,1	Terzaghi	0,8
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	Terzaghi	0,7
Strato 44	8,80	15,242	0,533	1,7	1,1	Terzaghi	0,8
Strato 46	9,20	10,38	0,733	1,8	1,1	Terzaghi	0,5
Strato 47	9,40	10,38	0,733	1,8	1,2	Terzaghi	0,5
Strato 48	9,60	11,38	0,4	1,8	1,2	Terzaghi	0,6
Strato 51	10,20	11,518	0,4	1,9	1,2	Terzaghi	0,6
Strato 53	10,60	9,518	0,4	2,0	1,3	Terzaghi	0,5
Strato 54	10,80	7,518	0,333	2,1	1,3	Terzaghi	0,4
Strato 55	11,00	9,518	0,333	2,1	1,3	Terzaghi	0,5
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Terzaghi	0,6
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Terzaghi	0,4
Strato 60	12,00	10,656	0,4	2,3	1,4	Terzaghi	0,5
Strato 61	12,20	7,794	0,333	2,3	1,4	Terzaghi	0,4
Strato 62	12,40	11,794	0,467	2,4	1,4	Terzaghi	0,6
Strato 63	12,60	8,794	0,467	2,4	1,4	Terzaghi	0,4
Strato 64	12,80	11,794	0,533	2,4	1,5	Terzaghi	0,6
Strato 65	13,00	13,794	0,467	2,5	1,5	Terzaghi	0,7

Strato 67	13,40	14,932	0,8	2,5	1,5	Terzaghi	0,8
Strato 70	14,00	13,932	0,533	2,7	1,6	Terzaghi	0,7
Strato 71	14,20	19,07	1,0	2,7	1,6	Terzaghi	1,0
Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Terzaghi	1,1
Strato 74	14,80	14,07	0,667	2,8	1,6	Terzaghi	0,7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	0,138	0,933	0,0	0,0	Metodo generale del modulo Edometrico	0,9
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Metodo generale del modulo Edometrico	42,3
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	47,0
Strato 5	1,00	19,138	0,667	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	43,9
Strato 6	1,20	17,276	1,0	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	46,9
Strato 7	1,40	12,276	1,667	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	47,2
Strato 8	1,60	13,276	1,133	0,3	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	48,0
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	46,9
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	48,3
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	48,3
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Metodo generale del modulo Edometrico	54,8
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Metodo generale del modulo	71,1

Strato 17	3,40	43,552	1,867	0,6	0,6	Edometrico Metodo generale del modulo	87,1
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Edometrico Metodo generale del modulo	85,1
Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Edometrico Metodo generale del modulo	71,1
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Edometrico Metodo generale del modulo	95,4
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Edometrico Metodo generale del modulo	119,4
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Edometrico Metodo generale del modulo	73,4
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Edometrico Metodo generale del modulo	117,4
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Edometrico Metodo generale del modulo	34,6
Strato 29	5,80	3,828	0,267	1,1	0,9	Edometrico Metodo generale del modulo	22,0
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Edometrico Metodo generale del modulo	43,5
Strato 32	6,40	9,966	0,333	1,2	0,9	Edometrico Metodo generale del modulo	43,5
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Edometrico Metodo generale del modulo	41,1
Strato 34	6,80	10,966	0,4	1,3	0,9	Edometrico Metodo generale del modulo	45,4
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Edometrico Metodo generale del modulo	45,4
Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Edometrico Metodo	48,4

Strato 37	7,40	8,104	0,267	1,4	1,0	generale del modulo Edometrico Metodo	38,8
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	generale del modulo Edometrico Metodo	48,4
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	generale del modulo Edometrico Metodo	48,4
Strato 40	8,00	13,104	0,6	1,5	1,0	generale del modulo Edometrico Metodo	47,9
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	generale del modulo Edometrico Metodo	45,5
Strato 42	8,40	16,242	0,533	1,6	1,1	generale del modulo Edometrico Metodo	47,9
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	generale del modulo Edometrico Metodo	48,0
Strato 44	8,80	15,242	0,533	1,7	1,1	generale del modulo Edometrico Metodo	48,3
Strato 46	9,20	10,38	0,733	1,8	1,1	generale del modulo Edometrico Metodo	44,3
Strato 47	9,40	10,38	0,733	1,8	1,2	generale del modulo Edometrico Metodo	44,3
Strato 48	9,60	11,38	0,4	1,8	1,2	generale del modulo Edometrico Metodo	46,0
Strato 51	10,20	11,518	0,4	1,9	1,2	generale del modulo Edometrico Metodo	46,2
Strato 53	10,60	9,518	0,4	2,0	1,3	generale del modulo Edometrico Metodo	42,5
Strato 54	10,80	7,518	0,333	2,1	1,3	generale del modulo Edometrico Metodo	36,9

Strato 55	11,00	9,518	0,333	2,1	1,3	Edometrico Metodo generale del modulo	42,5
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	46,4
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	40,3
Strato 60	12,00	10,656	0,4	2,3	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	44,8
Strato 61	12,20	7,794	0,333	2,3	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	37,8
Strato 62	12,40	11,794	0,467	2,4	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	46,6
Strato 63	12,60	8,794	0,467	2,4	1,4	Edometrico Metodo generale del modulo	40,7
Strato 64	12,80	11,794	0,533	2,4	1,5	Edometrico Metodo generale del modulo	46,6
Strato 65	13,00	13,794	0,467	2,5	1,5	Edometrico Metodo generale del modulo	48,3
Strato 67	13,40	14,932	0,8	2,5	1,5	Edometrico Metodo generale del modulo	48,4
Strato 70	14,00	13,932	0,533	2,7	1,6	Edometrico Metodo generale del modulo	48,3
Strato 71	14,20	19,07	1,0	2,7	1,6	Edometrico Metodo generale del modulo	44,0
Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Edometrico Metodo generale del modulo	42,1
Strato 74	14,80	14,07	0,667	2,8	1,6	Edometrico Metodo generale del modulo Edometrico	48,4

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,20	0,138	0,933	0,0	0,0	Meyerhof	1,1
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Meyerhof	2,0
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Meyerhof	1,9
Strato 5	1,00	19,138	0,667	0,2	0,2	Meyerhof	2,0
Strato 6	1,20	17,276	1,0	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 7	1,40	12,276	1,667	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 8	1,60	13,276	1,133	0,3	0,3	Meyerhof	1,9
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Meyerhof	1,9
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	1,9
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	1,9
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Meyerhof	2,0
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 17	3,40	43,552	1,867	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Meyerhof	2,2
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 29	5,80	3,828	0,267	1,1	0,9	Meyerhof	1,7
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 32	6,40	9,966	0,333	1,2	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 34	6,80	10,966	0,4	1,3	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 37	7,40	8,104	0,267	1,4	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 40	8,00	13,104	0,6	1,5	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 42	8,40	16,242	0,533	1,6	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 44	8,80	15,242	0,533	1,7	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 46	9,20	10,38	0,733	1,8	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 47	9,40	10,38	0,733	1,8	1,2	Meyerhof	1,8
Strato 48	9,60	11,38	0,4	1,8	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 51	10,20	11,518	0,4	1,9	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 53	10,60	9,518	0,4	2,0	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 54	10,80	7,518	0,333	2,1	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 55	11,00	9,518	0,333	2,1	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 60	12,00	10,656	0,4	2,3	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 61	12,20	7,794	0,333	2,3	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 62	12,40	11,794	0,467	2,4	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 63	12,60	8,794	0,467	2,4	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 64	12,80	11,794	0,533	2,4	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 65	13,00	13,794	0,467	2,5	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 67	13,40	14,932	0,8	2,5	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 70	14,00	13,932	0,533	2,7	1,6	Meyerhof	1,9
Strato 71	14,20	19,07	1,0	2,7	1,6	Meyerhof	2,0

Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Meyerhof	2,0
Strato 74	14,80	14,07	0,667	2,8	1,6	Meyerhof	1,9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,20	0,138	0,933	0,0	0,0	Meyerhof	1,2
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Meyerhof	2,1
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Meyerhof	2,0
Strato 5	1,00	19,138	0,667	0,2	0,2	Meyerhof	2,0
Strato 6	1,20	17,276	1,0	0,2	0,2	Meyerhof	2,0
Strato 7	1,40	12,276	1,667	0,2	0,2	Meyerhof	2,0
Strato 8	1,60	13,276	1,133	0,3	0,3	Meyerhof	2,0
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Meyerhof	2,0
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	2,0
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	2,0
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 17	3,40	43,552	1,867	0,6	0,6	Meyerhof	2,2
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Meyerhof	2,2
Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Meyerhof	2,2
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 29	5,80	3,828	0,267	1,1	0,9	Meyerhof	1,7
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 32	6,40	9,966	0,333	1,2	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 34	6,80	10,966	0,4	1,3	0,9	Meyerhof	1,9
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 37	7,40	8,104	0,267	1,4	1,0	Meyerhof	1,9
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 40	8,00	13,104	0,6	1,5	1,0	Meyerhof	2,0
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 42	8,40	16,242	0,533	1,6	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 44	8,80	15,242	0,533	1,7	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 46	9,20	10,38	0,733	1,8	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 47	9,40	10,38	0,733	1,8	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 48	9,60	11,38	0,4	1,8	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 51	10,20	11,518	0,4	1,9	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 53	10,60	9,518	0,4	2,0	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 54	10,80	7,518	0,333	2,1	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 55	11,00	9,518	0,333	2,1	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 60	12,00	10,656	0,4	2,3	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 61	12,20	7,794	0,333	2,3	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 62	12,40	11,794	0,467	2,4	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 63	12,60	8,794	0,467	2,4	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 64	12,80	11,794	0,533	2,4	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 65	13,00	13,794	0,467	2,5	1,5	Meyerhof	2,0

Strato 67	13,40	14,932	0,8	2,5	1,5	Meyerhof	2,0
Strato 70	14,00	13,932	0,533	2,7	1,6	Meyerhof	2,0
Strato 71	14,20	19,07	1,0	2,7	1,6	Meyerhof	2,0
Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Meyerhof	2,0
Strato 74	14,80	14,07	0,667	2,8	1,6	Meyerhof	2,0

TERRENI INCOERENT I

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Schmertmann	41,9
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Schmertmann	38,3
Strato 4	0,80	21,138	0,467	0,1	0,1	Schmertmann	37,9
Strato 9	1,80	20,276	0,267	0,3	0,3	Schmertmann	34,1
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Schmertmann	32,8
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Schmertmann	31,9
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Schmertmann	31,5
Strato 13	2,60	19,414	0,333	0,5	0,5	Schmertmann	32,4
Strato 14	2,80	29,414	0,6	0,5	0,5	Schmertmann	34,2
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Schmertmann	33,5
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Schmertmann	34,7
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Schmertmann	35,3
Strato 19	3,80	38,552	0,733	0,7	0,6	Schmertmann	34,7
Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Schmertmann	34,1
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Schmertmann	35,5
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Schmertmann	36,5
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Schmertmann	33,9
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Schmertmann	36,2
Strato 25	5,00	48,69	0,8	1,0	0,8	Schmertmann	35,2
Strato 26	5,20	61,828	0,4	1,0	0,8	Schmertmann	36,3
Strato 27	5,40	9,828	0,2	1,1	0,8	Schmertmann	28,7
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Schmertmann	28,7
Strato 30	6,00	7,828	0,133	1,2	0,9	Schmertmann	28,7
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Schmertmann	28,7
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Schmertmann	28,7
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Schmertmann	28,7
Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Schmertmann	28,7
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	Schmertmann	28,7
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	Schmertmann	28,7
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	Schmertmann	29,0
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	Schmertmann	28,7
Strato 45	9,00	15,242	0,267	1,7	1,1	Schmertmann	28,7
Strato 49	9,80	19,38	0,2	1,9	1,2	Schmertmann	28,8
Strato 50	10,00	13,38	0,267	1,9	1,2	Schmertmann	28,7
Strato 52	10,40	12,518	0,267	2,0	1,3	Schmertmann	28,7
Strato 56	11,20	11,656	0,2	2,1	1,3	Schmertmann	28,7
Strato 57	11,40	14,656	0,267	2,2	1,3	Schmertmann	28,7
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Schmertmann	28,7
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Schmertmann	28,7
Strato 66	13,20	14,932	0,267	2,5	1,5	Schmertmann	28,7
Strato 68	13,60	15,932	0,2	2,6	1,5	Schmertmann	28,7
Strato 69	13,80	16,932	0,333	2,6	1,5	Schmertmann	28,7
Strato 72	14,40	29,07	0,467	2,7	1,6	Schmertmann	29,8
Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Schmertmann	28,7

Strato 75 15,00 17,07 0,0 2,9 1,7 Schmertmann 28,7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Buisman - Sanglerat	105,7
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	85,7
Strato 4	0,80	21,138	0,467	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	105,7
Strato 9	1,80	20,276	0,267	0,3	0,3	Buisman - Sanglerat	101,4
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Buisman - Sanglerat	86,4
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Buisman - Sanglerat	77,1
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Buisman - Sanglerat	77,1
Strato 13	2,60	19,414	0,333	0,5	0,5	Buisman - Sanglerat	97,1
Strato 14	2,80	29,414	0,6	0,5	0,5	Buisman - Sanglerat	147,1
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Buisman - Sanglerat	137,1
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Buisman - Sanglerat	106,7
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Buisman - Sanglerat	127,7
Strato 19	3,80	38,552	0,733	0,7	0,6	Buisman - Sanglerat	115,7
Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Buisman - Sanglerat	106,7
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Buisman - Sanglerat	71,5
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Buisman - Sanglerat	89,5
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Buisman - Sanglerat	110,1
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Buisman - Sanglerat	88,0
Strato 25	5,00	48,69	0,8	1,0	0,8	Buisman - Sanglerat	73,0
Strato 26	5,20	61,828	0,4	1,0	0,8	Buisman - Sanglerat	92,7
Strato 27	5,40	9,828	0,2	1,1	0,8	Buisman - Sanglerat	78,6
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Buisman - Sanglerat	54,6
Strato 30	6,00	7,828	0,133	1,2	0,9	Buisman - Sanglerat	62,6
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Buisman - Sanglerat	79,7
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Buisman - Sanglerat	71,7
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Buisman -	54,8

Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Sanglerat Buisman - Sanglerat	70,5
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	Buisman - Sanglerat	75,5
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	Buisman - Sanglerat	75,5
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	Buisman - Sanglerat	91,2
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	Buisman - Sanglerat	66,2
Strato 45	9,00	15,242	0,267	1,7	1,1	Buisman - Sanglerat	76,2
Strato 49	9,80	19,38	0,2	1,9	1,2	Buisman - Sanglerat	96,9
Strato 50	10,00	13,38	0,267	1,9	1,2	Buisman - Sanglerat	66,9
Strato 52	10,40	12,518	0,267	2,0	1,3	Buisman - Sanglerat	62,6
Strato 56	11,20	11,656	0,2	2,1	1,3	Buisman - Sanglerat	58,3
Strato 57	11,40	14,656	0,267	2,2	1,3	Buisman - Sanglerat	73,3
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Buisman - Sanglerat	58,3
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Buisman - Sanglerat	69,3
Strato 66	13,20	14,932	0,267	2,5	1,5	Buisman - Sanglerat	74,7
Strato 68	13,60	15,932	0,2	2,6	1,5	Buisman - Sanglerat	79,7
Strato 69	13,80	16,932	0,333	2,6	1,5	Buisman - Sanglerat	84,7
Strato 72	14,40	29,07	0,467	2,7	1,6	Buisman - Sanglerat	145,4
Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Buisman - Sanglerat	105,4
Strato 75	15,00	17,07	0,0	2,9	1,7	Buisman - Sanglerat	85,4

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Meyerhof	1,8
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 4	0,80	21,138	0,467	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 9	1,80	20,276	0,267	0,3	0,3	Meyerhof	1,9
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 13	2,60	19,414	0,333	0,5	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 14	2,80	29,414	0,6	0,5	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 19	3,80	38,552	0,733	0,7	0,6	Meyerhof	1,8

Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 25	5,00	48,69	0,8	1,0	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 26	5,20	61,828	0,4	1,0	0,8	Meyerhof	1,9
Strato 27	5,40	9,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 30	6,00	7,828	0,133	1,2	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 45	9,00	15,242	0,267	1,7	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 49	9,80	19,38	0,2	1,9	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 50	10,00	13,38	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	1,8
Strato 52	10,40	12,518	0,267	2,0	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 56	11,20	11,656	0,2	2,1	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 57	11,40	14,656	0,267	2,2	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 66	13,20	14,932	0,267	2,5	1,5	Meyerhof	1,8
Strato 68	13,60	15,932	0,2	2,6	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 69	13,80	16,932	0,333	2,6	1,5	Meyerhof	1,8
Strato 72	14,40	29,07	0,467	2,7	1,6	Meyerhof	1,9
Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 75	15,00	17,07	0,0	2,9	1,7	Meyerhof	0,0

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0,40	21,138	0,6	0,0	0,0	Meyerhof	2,1
Strato 3	0,60	17,138	0,4	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 4	0,80	21,138	0,467	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 9	1,80	20,276	0,267	0,3	0,3	Meyerhof	2,2
Strato 10	2,00	17,276	0,533	0,4	0,4	Meyerhof	2,1
Strato 11	2,20	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	2,1
Strato 12	2,40	15,414	0,467	0,4	0,4	Meyerhof	2,1
Strato 13	2,60	19,414	0,333	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 14	2,80	29,414	0,6	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 15	3,00	27,414	0,8	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 16	3,20	35,552	1,133	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 18	3,60	42,552	1,2	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 19	3,80	38,552	0,733	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 20	4,00	35,552	0,933	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 21	4,20	47,69	1,133	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 22	4,40	59,69	1,467	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 23	4,60	36,69	1,2	0,9	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 24	4,80	58,69	1,467	0,9	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 25	5,00	48,69	0,8	1,0	0,8	Meyerhof	2,2
Strato 26	5,20	61,828	0,4	1,0	0,8	Meyerhof	2,2

Strato 27	5,40	9,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 28	5,60	6,828	0,2	1,1	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 30	6,00	7,828	0,133	1,2	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 31	6,20	9,966	0,267	1,2	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 33	6,60	8,966	0,267	1,3	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 35	7,00	10,966	0,333	1,3	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 36	7,20	14,104	0,333	1,4	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 38	7,60	15,104	0,467	1,5	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 39	7,80	15,104	0,4	1,5	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 41	8,20	18,242	0,467	1,6	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 43	8,60	13,242	0,4	1,6	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 45	9,00	15,242	0,267	1,7	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 49	9,80	19,38	0,2	1,9	1,2	Meyerhof	2,2
Strato 50	10,00	13,38	0,267	1,9	1,2	Meyerhof	2,1
Strato 52	10,40	12,518	0,267	2,0	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 56	11,20	11,656	0,2	2,1	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 57	11,40	14,656	0,267	2,2	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 58	11,60	11,656	0,333	2,2	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 59	11,80	8,656	0,2	2,2	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 66	13,20	14,932	0,267	2,5	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 68	13,60	15,932	0,2	2,6	1,5	Meyerhof	2,2
Strato 69	13,80	16,932	0,333	2,6	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 72	14,40	29,07	0,467	2,7	1,6	Meyerhof	2,2
Strato 73	14,60	21,07	0,6	2,8	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 75	15,00	17,07	0,0	2,9	1,7	Meyerhof	0,0

Allegato 3

*Certificati laboratorio geotecnico (Geodata
Sas)*



Commessa n.	32218
-------------	-------

Data emissione relazione	08/08/18
--------------------------	----------

Verbale di accettazione n.	32218 del 26/07/18
Committente:	AIPO Agenzia Interregionale per il fiume PO Strada Giuseppe Garibaldi, 75 43121 Parma
Cantiere:	Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 1563-164 – Ficarolo (RO)
Tipologia di prove richieste:	Analisi di laboratorio su campioni indisturbati e rimaneggiati
Data consegna campioni:	26/07/18
Prove di laboratorio/in sito richieste da:	Dott. Francesco Morbin

Data esecuzione prove	27/07-08/08/18	Data emissione documento	08/08/18
-----------------------	----------------	--------------------------	----------

Per Vostro incarico, ricevuto tramite il Dott. Francesco Morbin della Servizi Geologici S.a.s., abbiamo eseguito analisi di laboratorio su n. 4 campioni indisturbati e n. 4 campioni rimaneggiati provenienti dal cantiere in oggetto, consegnati presso nostra sede il 26/07/18 dal Dott. Francesco Morbin.

Seguendo il programma di prove predisposto dal Dott. Francesco Morbin, sui campioni consegnati sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- Classificazione geotecnica visiva con il rilievo della resistenza al penetrometro tascabile (P.P. in kPa) ed al Torvane (TORV. in kPa)
- W = determinazione contenuto naturale di acqua
- γ = peso naturale dell'unità di volume
- L = determinazione dei limiti di Atterberg (WL, WP, IP)
- D = analisi granulometrica per via umida
- DS_{CD} = prova di taglio diretto con la cella circolare di Casagrande, del tipo consolidato e drenato
- TX_{CID} = prova di taglio triassiale del tipo consolidata e drenata (CID) con saturazione iniziale dei provini in back-pressure
- TX_{UU} = prova di taglio triassiale del tipo non consolidata e non drenata (UU) con saturazione iniziale dei provini in back-pressure
- DSA = prova di taglio anulare residuo

I risultati delle prove eseguite sono riportati nei certificati allegati.

CERTIFICATI DI PROVA EMESSI

Identificativo campione/prova	Tipo di prova	n. certificato
S1/C1	Classificazione geotecnica visiva	101299
	Contenuto naturale d'acqua (ASTM D2216)	101300
	Peso di volume (procedura interna)	101301
	Limiti di Atterberg (ASTM D4318)	101302
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101303
	Prova di taglio triassiale CD (ASTM D4767)	101304
S1/C2	Classificazione geotecnica visiva	101305
	Contenuto naturale d'acqua (ASTM D2216)	101306
	Peso di volume (procedura interna)	101307
	Limiti di Atterberg (ASTM D4318)	101308
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101309
	Prova di taglio triassiale CD (ASTM D4767)	101310
S1/C3	Prova di taglio anulare residuo (BS 1377)	101311
	Classificazione geotecnica visiva	101312
	Contenuto naturale d'acqua (ASTM D2216)	101313
	Peso di volume (procedura interna)	101314
	Limiti di Atterberg (ASTM D4318)	101315
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101316
S1/C4	Prova di taglio triassiale UU (ASTM D2850)	101317
	Classificazione geotecnica visiva	101318
	Contenuto naturale d'acqua (ASTM D2216)	101319
	Peso di volume (procedura interna)	101320
	Limiti di Atterberg (ASTM D4318)	101321
S1/SPT1	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101322
	Classificazione geotecnica visiva	101323
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101324



PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
E CONTROLLI GEOTECNICI IN SITO

GEODATA S.a.s. di Pietro Daminato & C.

Viale Benelux, 1/C - 35020 PONTE SAN NICOLÒ (PD)
Tel. 049 8705575 - Fax 049 7628815 - C.F. / P.I. 01370550285
E-mail: info@geodatapadova.it - www.geodatapadova.com



*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*



S1/SPT2	Classificazione geotecnica visiva	101325
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101326
	Prova di taglio diretto (ASTM D3080)	101327
S1/SPT3	Classificazione geotecnica visiva	101328
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101329
S1/SPT4	Classificazione geotecnica visiva	101330
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	101331

Ponte San Nicolò, 08 Agosto 2018

Dott. Geol. Pietro Daminato

Direttore Laboratorio

GEODATA S.a.s. di P. Daminato & C.
Viale Benelux, 1/C
35020 Ponte San Nicolò (PD)
Tel. 049 8705575 - Fax 049 7628815
P.IVA 01370550285 - C.C.I.A.A. 206643
Iscr. Tribunale Padova n. 28254

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

COMMESSA n. **32218**

del **26/07/2018**

RIASSUNTO DELLE PROVE ESEGUITE

Tipo di prova	sondaggio	S1					
	indisturbato	C1	C2	C3	C4		
	rimaneggiato						
	profondità	3,00-3,60	6,20-6,80	8,00-8,60	13,40-14,00		
Classificazione geotecnica		limo debolmente sabbioso marrone	argilla limosa grigia con punti scuri organici	argilla limosa grigio scuro	argilla limosa grigio scuro		
Pocket Penetrometer	P.P. kPa	127-147	78-177	78-177	98-127		
Torvane	Torv. kPa	13-14	33-45	29-44	26-31		
Contenuto naturale d'acqua	(w %)	31,4	33,2	35,0	38,5		
Peso dell'unità di volume	(γ kN/m ³)	19,35	18,33	18,52	18,97		
Peso di volume secco	(γ_d kN/m ³)	---	---	---	---		
Peso specifico dei grani	(γ_s kN/m ³)	---	---	---	---		
Porosità totale	(n _t %)	---	---	---	---		
Contenuto di Sostanza Organica	(SO %)	---	---	---	---		
Limiti di Atterberg							
	WL %	23	64	78	55		
	WP %	19	33	33	31		
	IP %	4	31	45	24		
Analisi granulometrica con vagliatura							
	ciottoli %	0,00	0,00	0,00	0,00		
	ghiaia %	0,21	0,00	0,00	0,00		
	sabbia %	9,41	0,79	0,93	0,13		
	limo %	90,39	99,21	99,07	99,87		
	argilla %						
Classificazione UNI 11531-1							
	classe	A4	A7-5	A7-5	A7-5		
	Ig	8	16	20	13		
Prova Triassiale CID							
	ϕ°	34,0	23,0	---	---		
	c' kPa	5	20	---	---		
Prova Triassiale UU							
	cu kPa	---	---	70,4	---		
Prova taglio diretto CD							
	ϕ°	---	---	---	---		
	c' kPa	---	---	---	---		
Prova taglio anulare residuo							
	ϕ°	---	14,2	---	---		
	c' kPa	---	0	---	---		

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

COMMESSA n. **32218**

del **26/07/2018**

RIASSUNTO DELLE PROVE ESEGUITE

Tipo di prova	sondaggio	S1					
	indisturbato						
	rimaneggiato	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4		
	profondità	1,50	4,50	12,00	19,00		
Classificazione geotecnica		argilla limosa marrone con sabbia	sabbia limosa marrone	sabbia limosa grigia	argilla limosa grigia		
Pocket Penetrometer	P.P. kPa	---	---	---	---		
Torvane	Torv. kPa	---	---	---	---		
Contenuto naturale d'acqua	(w %)	---	---	---	---		
Peso dell'unità di volume	(γ kN/m ³)	---	---	---	---		
Peso di volume secco	(γ_s kN/m ³)	---	---	---	---		
Peso specifico dei grani	(γ_s kN/m ³)	---	---	---	---		
Porosità totale	(n_t %)	---	---	---	---		
Contenuto di Sostanza Organica	(SO %)	---	---	---	---		
Limiti di Atterberg							
	WL %	---	---	---	---		
	WP %	---	---	---	---		
	IP %	---	---	---	---		
Analisi granulometrica con vagliatura							
	ciottoli %	0,00	0,00	0,00	0,00		
	ghiaia %	0,01	0,00	0,00	0,00		
	sabbia %	13,34	80,00	80,08	0,68		
	limo %	86,66	20,00	19,92	99,32		
	argilla %						
Classificazione UNI 11531-1							
	classe	---	---	---	---		
	Ig	---	---	---	---		
Prova Triassiale CID							
	ϕ' °	---	---	---	---		
	c' kPa	---	---	---	---		
Prova Triassiale UU							
	cu kPa	---	---	---	---		
Prova taglio diretto CD							
	ϕ' °	---	33,5	---	---		
	c' kPa	---	15	---	---		
Prova taglio anulare residuo							
	ϕ' °	---	---	---	---		
	c' kPa	---	---	---	---		



CERTIFICATO N° 101299	pag. 1/1	emesso il 08/08/18								
Verbale di Accettazione n. 32218	data ricevimento campione 26/07/18	data prova 27/07/18								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> COMMITTENTE: AIPO - Parma </div> <div> Sond./Prel.: S1 Prof.: 3,00-3,60 </div> </div> <p style="text-align: center;">CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)</p> <p style="text-align: center;">Campione: C1</p>										
CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA CAMPIONE INDISTURBATO										
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="margin-left: 20px;"> 49 cm lunghezza campione </div> </div>										
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">P.P. kPa</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">---</td> <td style="width: 30%;">127-137</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">137-147</td> </tr> <tr> <td>TORV. kPa</td> <td style="text-align: center;">---</td> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: right;">13</td> </tr> </table>			P.P. kPa	---	127-137	137-147	TORV. kPa	---	14	13
P.P. kPa	---	127-137	137-147							
TORV. kPa	---	14	13							
Prove Eseguite: w - γ - L - D - TXCD										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> note: </div> <div style="width: 40%;"> QUALITA' CAMPIONE: <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">buona</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">sufficiente</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">scadente</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> </div> <div style="width: 30%; text-align: right;"> Direttore Laboratorio Dott. Pietro Daminato </div> </div>			buona	<input checked="" type="checkbox"/>	sufficiente	<input type="checkbox"/>	scadente	<input type="checkbox"/>		
buona	<input checked="" type="checkbox"/>									
sufficiente	<input type="checkbox"/>									
scadente	<input type="checkbox"/>									

CERTIFICATO N° **101300**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C1**Prof.: **3,00-3,60****CONTENUTO D'ACQUA**

Classificazione geotecnica: limo debolmente sabbioso marrone

id.tara

massa umida lorda

massa secca lorda

tara

prov. 1

139

g 83,39

g 73,14

g 40,15

W% **31,07**

prov. 2

128

g 91,32

g 79,10

g 40,68

W% **31,81**

media

W % **31,4**

norma di riferimento: ASTM D 2216

Sperimentatore
Perito A. FioreDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101301**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 30/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C1**Prof.: **3,00-3,60****PESO DI VOLUME**

Classificazione geotecnica: limo debolmente sabbioso marrone

		prov. 1		prov. 2
diametro	mm	33,2	mm	34,2
altezza	mm	75,0	mm	71,7
massa lorda	g	128,91	g	128,95
tara	g	0,00	g	0,00
massa netta	g	128,91	g	128,95
γ kN/m ³		19,48		19,21

media

 γ kN/m³ **19,35**

norma di riferimento: procedura interna

note: eseguito con il metodo della misura lineare di provino

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101302**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 31/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C1**Prof.: **3,00-3,60****LIMITI DI ATTERBERG**

Classificazione geotecnica: limo debolmente sabbioso marrone

naturale ☐<40 secco ☐<40 umido ☒**LIMITE DI LIQUIDITA'**

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	33	30	62
massa umida lorda g	30,151	30,149	31,999
massa secca lorda g	26,612	26,721	28,498
tara g	11,671	11,346	11,125
numero colpi	20	26	35
WL%	23,69	22,30	20,15

WL % 23**LIMITE DI PLASTICITA'**

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	68	18	65
massa umida lorda g	14,612	17,472	14,601
massa secca lorda g	14,255	17,095	14,291
tara g	12,287	15,068	12,696
WP%	18,14	18,60	19,44

media

WP % 19**INDICE DI PLASTICITA'****IP 4**

note:

norma di riferimento: ASTM D 4318

cucchiaio Casagrande Controls n° 87121946

legenda: ND = NON DETERMINATO
NP = NON PLASTICOSperimentatore
Perito A. FioreDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101303**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

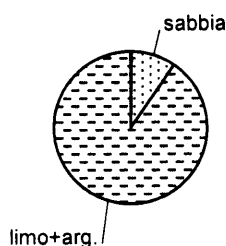
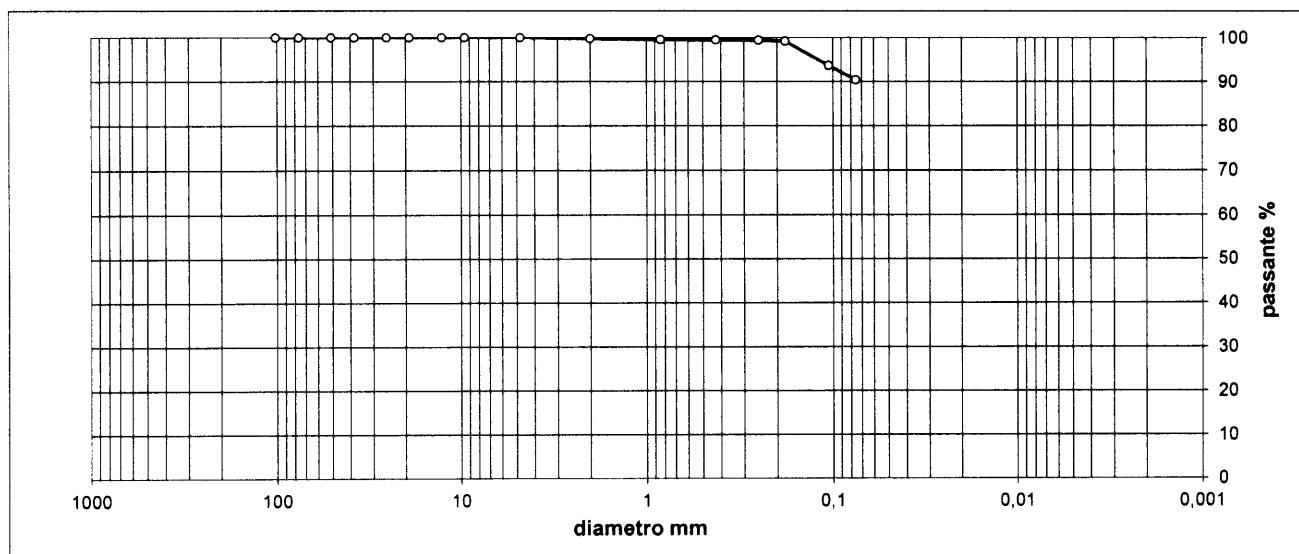
Camp.: C1

Prof.: 3,00-3,60

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,21	99,79
No. 20	0,84	0,25	99,54
No. 40	0,43	0,09	99,45
No. 60	0,25	0,04	99,40
No. 80	0,18	0,21	99,20
No. 140	0,105	5,53	93,66
No. 200	0,075	3,28	90,39



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0.6 mm	0.6 - 0.2 mm	0.2 - 0.075 mm	< 0.075 mm
0.00	0.00	0.00	0.21	0.31	0.23	8.87	90.39

classificazione geotecnica: limo debolmente sabbioso marrone

UNI 11531-1 **A4**

Ig **8**

USCS **---**

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

CERTIFICATO N° **101304**

pag. 1/3

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 30/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C1**prof.: **3,00-3,60****PROVA TRIASSIALE C.I.D.****(consolidata e drenata)**

classificazione geotecnica: limo debolmente sabbioso marrone

CARATTERISTICHE DEI PROVINI		1	2	3
diametro	(mm)	33,2	34,2	33,6
altezza iniziale	(mm)	75,0	71,7	73,0
altezza di taglio	(mm)	74,2	70,8	70,4
umidità iniziale	(%)	32,5	33,7	31,8
umidità finale	(%)	33,1	32,0	30,6
peso di vol. iniziale	(kN/m3)	19,48	18,17	19,23

FASE DI SATURAZIONE				
tempo	(d)	3	3	3
s3	(kPa)	60	60	60
Bp di saturazione	(kPa)	50	50	50
B finale	(%)	95	96	96

FASE DI CONSOLIDAZIONE				
tempo	(d)	1	1	1
s3	totale (kPa)	150	250	350
Bp di consolidazione	(kPa)	50	50	50
s3	di cons. (kPa)	100	200	300
variazione di altezza	(mm)	0,84	0,91	2,59
variazione di volume	(cm3)	2,18	2,51	6,89

FASE DI ROTTURA				
velocità	(mm/min)	0,04	0,04	0,04
s3	di cons. (kPa)	100	200	300

norma di riferimento: ASTM D4767

pressa triassiale TX2 - cella di carico 3.5kN n° 84935

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101304**

pag. 2/3

emesso il 08/08/18

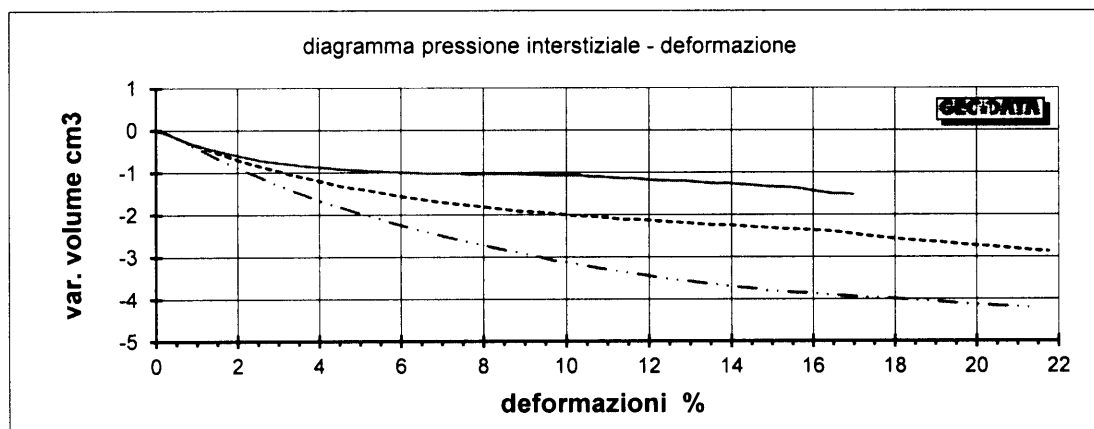
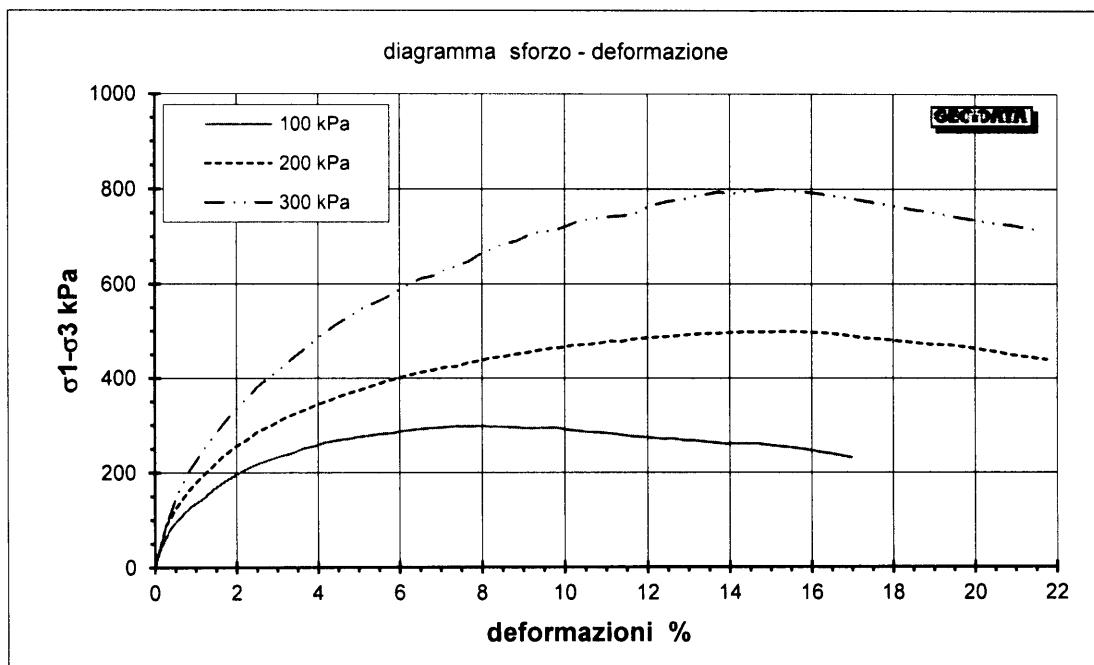
Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 30/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C1**Prof.: **3,00-3,60****PROVA TRIASSIALE C.I.D.****(consolidata e drenata)**

norma di riferimento: ASTM D4767

pressa triassiale TX2 - cella di carico 3.5kN n° 84935

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato



CERTIFICATO N° **101304**

pag. 3/3

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 30/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: C1

Prof.: 3,00-3,60

Provino 1		100		kPa	
%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	12,62	271,61		
0,12	34,23	12,88	267,72		
0,38	80,07	13,13	267,96		
0,63	106,87	13,39	265,13		
0,90	128,84	13,65	263,32		
1,17	144,84	13,90	260,51		
1,44	165,41	14,16	260,74		
1,71	181,22	14,41	260,98		
2,00	195,76	14,67	261,21		
2,28	209,05	14,93	258,41		
2,55	218,84	15,18	255,63		
2,83	227,39	15,44	253,86		
3,09	234,81	15,70	251,09		
3,37	240,98	15,95	247,35		
3,64	250,55	16,21	243,63		
3,91	255,53	16,46	239,92		
4,18	262,74	16,72	236,23		
4,45	267,65	16,98	231,58		
4,72	270,27				
4,99	275,12				
5,26	277,70				
5,53	281,38				
5,80	282,80				
6,07	287,54				
6,35	289,99				
6,62	292,47				
6,89	293,83				
7,17	296,22				
7,43	297,59				
7,71	297,78				
7,98	297,99				
8,25	297,12				
8,52	296,25				
8,78	295,42				
9,03	293,51				
9,29	293,76				
9,55	294,00				
9,80	294,23				
10,06	290,20				
10,32	288,32				
10,57	285,38				
10,83	284,56				
11,08	282,69				
11,34	279,78				
11,60	276,89				
11,85	275,04				
12,11	273,20				
12,37	271,37				

Provino 2		200		kPa	
%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	13,74	495,36		
0,27	88,03	14,04	496,53		
0,54	127,80	14,34	497,69		
0,82	160,68	14,63	497,88		
1,12	188,93	14,93	498,05		
1,40	211,52	15,23	498,20		
1,68	235,08	15,52	498,35		
1,96	254,12	15,82	497,54		
2,25	268,68	16,12	496,72		
2,53	286,42	16,41	494,97		
2,81	297,53	16,71	492,28		
3,11	311,78	17,01	488,67		
3,39	322,75	17,30	485,08		
3,69	332,52	17,60	483,34		
3,97	343,34	17,90	480,68		
4,25	351,96	18,19	478,03		
4,53	361,59	18,49	475,38		
4,82	369,03	18,79	471,84		
5,10	376,41	19,08	471,02		
5,38	384,81	19,38	470,19		
5,66	393,15	19,68	466,67		
5,95	399,32	19,97	463,16		
6,23	406,51	20,27	458,77		
6,51	411,55	20,57	455,28		
6,79	416,55	20,86	450,05		
7,09	422,49	21,16	446,60		
7,37	424,31	21,46	443,16		
7,66	432,30	21,75	439,74		
7,95	437,09				
8,24	442,92				
8,52	445,65				
8,81	450,31				
9,10	454,00				
9,38	458,66				
9,66	462,28				
9,94	464,86				
10,23	469,42				
10,51	470,94				
10,79	472,44				
11,09	477,83				
11,37	477,30				
11,67	482,61				
11,96	484,92				
12,26	487,21				
12,56	488,49				
12,85	490,73				
13,15	492,94				
13,45	494,16				

Provino 3		300		kPa	
%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	13,73	793,93		
0,27	86,20	14,03	790,14		
0,55	156,17	14,33	794,70		
0,84	202,80	14,63	796,09		
1,12	240,74	14,93	799,52		
1,41	273,66	15,21	799,95		
1,69	305,18	15,52	797,00		
1,97	332,94	15,82	794,18		
2,26	358,15	16,12	791,37		
2,54	383,21	16,42	787,54		
2,81	402,26	16,72	783,71		
3,10	419,96	17,01	779,90		
3,38	442,25	17,31	775,08		
3,66	460,89	17,61	771,28		
3,95	481,75	17,91	766,49		
4,23	500,14	18,21	761,72		
4,53	518,34	18,51	756,95		
4,81	533,02	18,80	753,19		
5,10	548,76	19,10	748,46		
5,40	559,71	19,40	743,74		
5,68	571,80	19,70	739,03		
5,97	587,25	20,00	735,31		
6,25	600,32	20,30	730,63		
6,53	612,15	20,59	726,93		
6,82	617,10	20,89	724,20		
7,10	629,92	21,19	719,55		
7,39	637,01	21,49	714,91		
7,67	647,42				
7,97	663,26				
8,25	673,49				
8,54	684,77				
8,83	690,31				
9,12	702,54				
9,40	710,27				
9,69	712,44				
9,98	719,95				
10,27	730,79				
10,55	736,09				
10,82	739,30				
11,11	742,36				
11,39	744,30				
11,67	748,37				
11,96	760,96				
12,26	769,07				
12,54	775,10				
12,84	777,76				
13,14	784,61				
13,44	789,30				

Sperimentatore: Dott. Pietro Daminato

Direttore Laboratorio: Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: C1

prof.: 3,00-3,60

PROVA TRIASSIALE C.I.D.

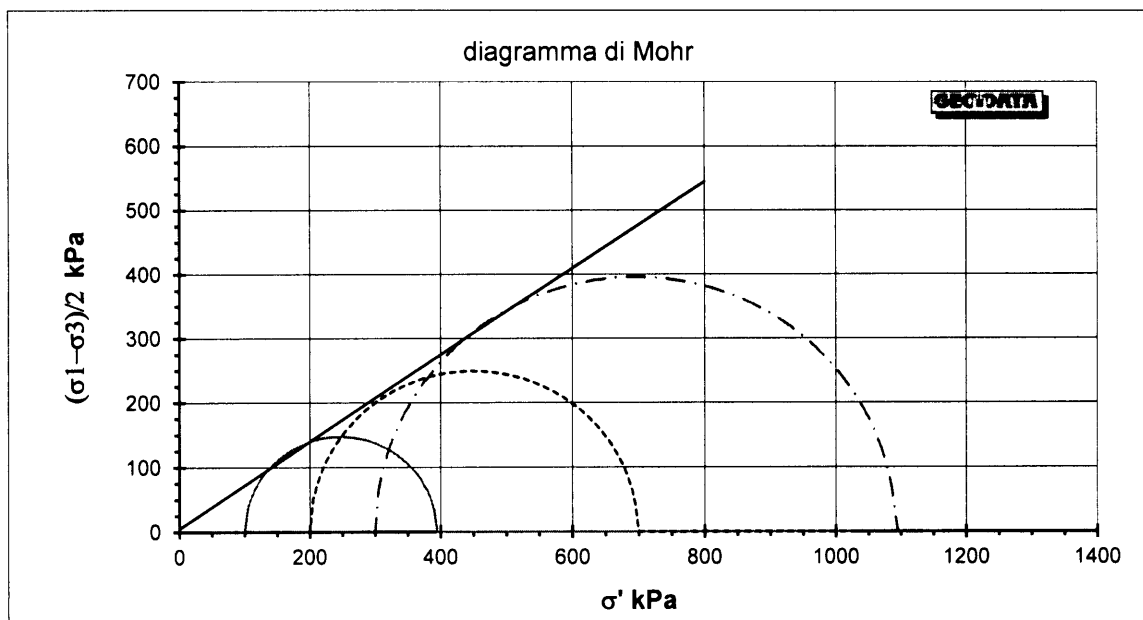
(consolidata e drenata)

INTERPRETAZIONE DELLA PROVA TRIASSIALE C.I.D.

		1	2	3
σ_3 di cons.	(kPa)	100	200	300
$\sigma_1 - \sigma_3$	(kPa)	294,2	498,4	791,4
σ_1	(kPa)	394,2	698,4	1091,4
var. volume	cm ³	-1,07	-2,34	-3,88
ε	(%)	9,80	15,52	16,12

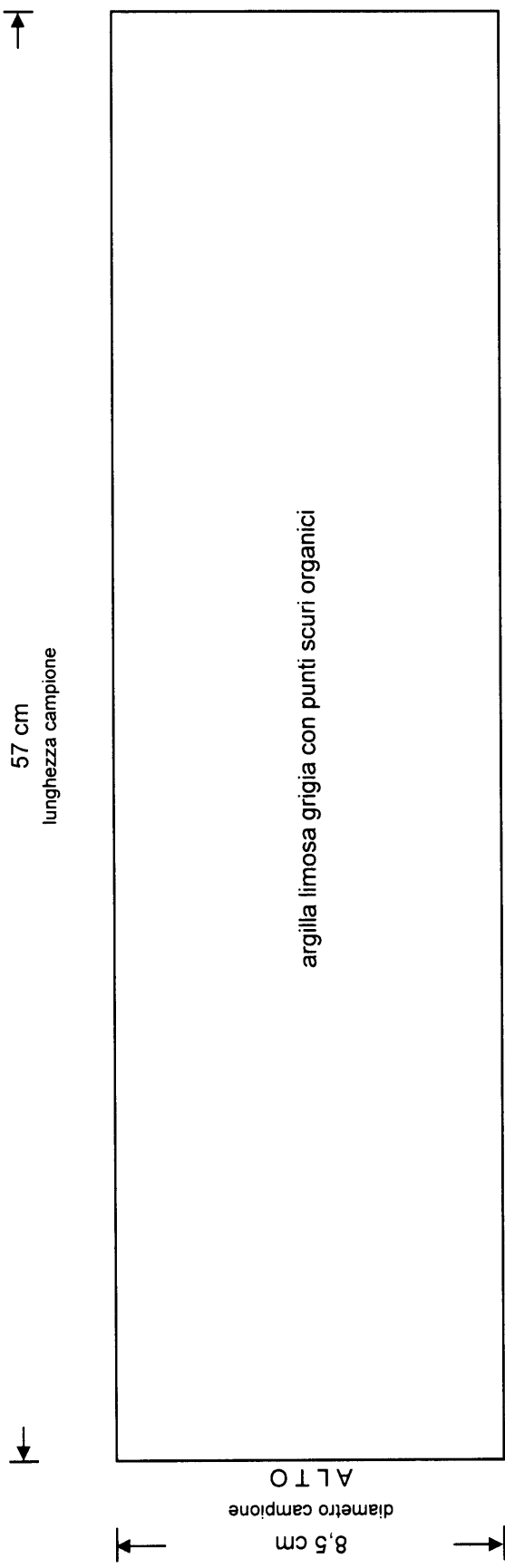
$\phi' = 34,0^\circ$

$c' = 5$ kPa



norma di riferimento: ASTM D4767



CERTIFICATO N° <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">101305</div>	pag. 1/1	emesso il 08/08/18												
Verbale di Accettazione n. 32218	data ricevimento campione 26/07/18	data prova 27/07/18												
COMMITTENTE: AIPO - Parma	Sond./Prel.: S1	Prof.: 6,20-6,80												
CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)														
CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA CAMPIONE INDISTURBATO														
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>8,5 cm ALTO diametro campione</p> <p>57 cm lunghezza campione</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>argilla limosa grigia con punti scuri organici</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>BASSO</p> </div> </div>														
P.P. kPa 78-98	167-177	167-177												
TORV. kPa 33	45	35												
Prove Eseguite: w - γ - L - D - TXCD - DS anulare														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>note:</p> </div> <div style="width: 40%;"> <p>QUALITA' CAMPIONE:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 30px; text-align: center;">buona</td> <td style="width: 30px; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 30px; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 30px; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">sufficiente</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">scadente</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Sperimentatore Dott. L. Sironiglio</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Direttore Laboratorio Dott. Pietro Daminato</p> </div> </div>			buona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sufficiente				scadente			
buona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
sufficiente														
scadente														

CERTIFICATO N° **101306**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C2**Prof.: **6,20-6,80****CONTENUTO D'ACQUA**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigia con punti scuri organici

	prov. 1	prov. 2
id.tara	143	119
massa umida lorda	g 82,57	g 89,31
massa secca lorda	g 75,99	g 81,22
tara	g 56,32	g 56,67
W%	33,45	32,95

media

W % 33,2

norma di riferimento: ASTM D 2216

Sperimentatore
Perito A. FioreDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101307**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 03/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C2**Prof.: **6,20-6,80****PESO DI VOLUME**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigia con punti scuri organici

		prov. 1		prov. 2
diametro	mm	34,1	mm	33,9
altezza	mm	76,1	mm	76,3
massa lorda	g	130,37	g	128,14
tara	g	0,00	g	0,00
massa netta	g	130,37	g	128,14
γ kN/m ³		18,40		18,26

media

 γ kN/m³ **18,33**

norma di riferimento: procedura interna

note: eseguito con il metodo della misura lineare di provino

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101308**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 31/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C2**Prof.: **6,20-6,80****LIMITI DI ATTERBERG**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigia con punti scuri organici

naturale ☒<40 secco ☐<40 umido ☐**LIMITE DI LIQUIDITA'**id. tara
massa umida lorda
massa secca lorda
tara
numero colpi

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	1	35	12
massa umida lorda g	31,925	33,156	32,068
massa secca lorda g	24,052	25,082	24,856
tara g	12,612	12,546	12,705
numero colpi	16	25	34
WL%	68,82	64,41	59,35

WL % 64**LIMITE DI PLASTICITA'**id. tara
massa umida lorda
massa secca lorda
tara

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	30	68	44
massa umida lorda g	12,808	13,711	15,212
massa secca lorda g	12,445	13,354	14,832
tara g	11,346	12,287	13,701
WP%	33,03	33,46	33,60

media

WP % 33**INDICE DI PLASTICITA'****IP 31**

note:

norma di riferimento: ASTM D 4318

cucchiaio Casagrande Controls n° 87121946

legenda: ND = NON DETERMINATO
NP = NON PLASTICOSperimentatore
Perito A. FioreDirettore Laboratorio
Dot. Pietro Daminato



CERTIFICATO N° **101309**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

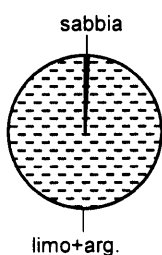
Camp.: C2

Prof.: 6,20-6,80

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	100,00
No. 20	0,84	0,00	100,00
No. 40	0,43	0,00	100,00
No. 60	0,25	0,00	100,00
No. 80	0,18	0,00	100,00
No. 140	0,105	0,00	100,00
No. 200	0,075	0,79	99,21



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0.6 mm	0.6 - 0.2 mm	0.2 - 0.075 mm	< 0.075 mm
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	99.21

classificazione geotecnica: argilla limosa grigia con punti scuri organici

UNI 11531-1 **A7-5**

Ig **16**

USCS **---**

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

CERTIFICATO N° **101310**

pag. 1/3

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 03/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C2**prof.: **6,20-6,80****PROVA TRIASSIALE C.I.D.****(consolidata e drenata)**

classificazione geotecnica: argilla limosa grigia con punti scuri organici

CARATTERISTICHE DEI PROVINI		1	2	3
diametro	(mm)	34,1	33,9	33,8
altezza iniziale	(mm)	76,1	76,3	76,1
altezza di taglio	(mm)	75,5	75,1	74,6
umidità iniziale	(%)	33,2	33,1	33,4
umidità finale	(%)	34,4	33,6	33,0
peso di vol. iniziale	(kN/m3)	18,40	18,26	18,75

FASE DI SATURAZIONE				
tempo	(d)	3	3	3
s3	(kPa)	100	100	100
Bp di saturazione	(kPa)	92	92	92
B finale	(%)	92	91	93

FASE DI CONSOLIDAZIONE				
tempo	(d)	1	1	1
s3	totale (kPa)	190	290	390
Bp di consolidazione	(kPa)	90	90	90
s3	di cons. (kPa)	100	200	300
variazione di altezza	(mm)	0,63	1,19	1,52
variazione di volume	(cm3)	1,73	3,22	4,09

FASE DI ROTTURA				
velocità	(mm/min)	0,04	0,04	0,04
s3	di cons. (kPa)	100	200	300

norma di riferimento: ASTM D4767

pressa triassiale TX2 - cella di carico 3.5kN n° 84935

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101310**

pag. 2/3 emesso il 08/08/18

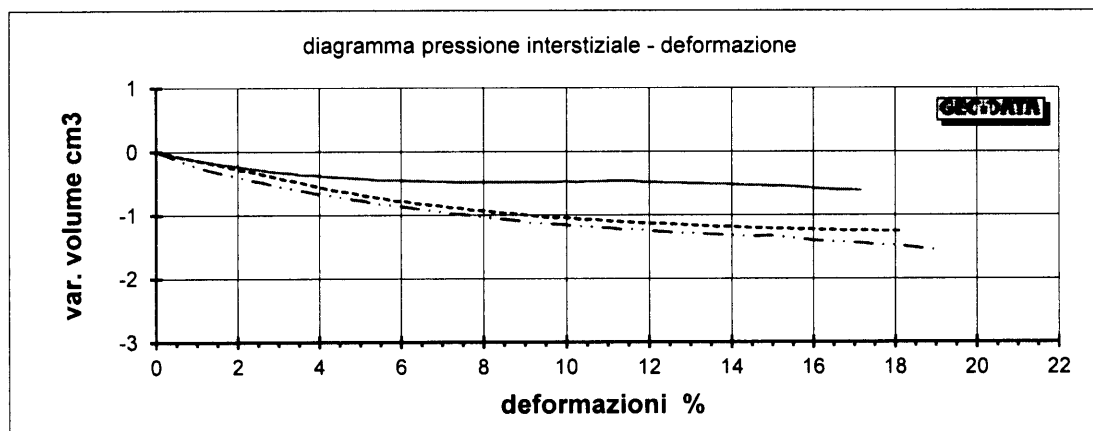
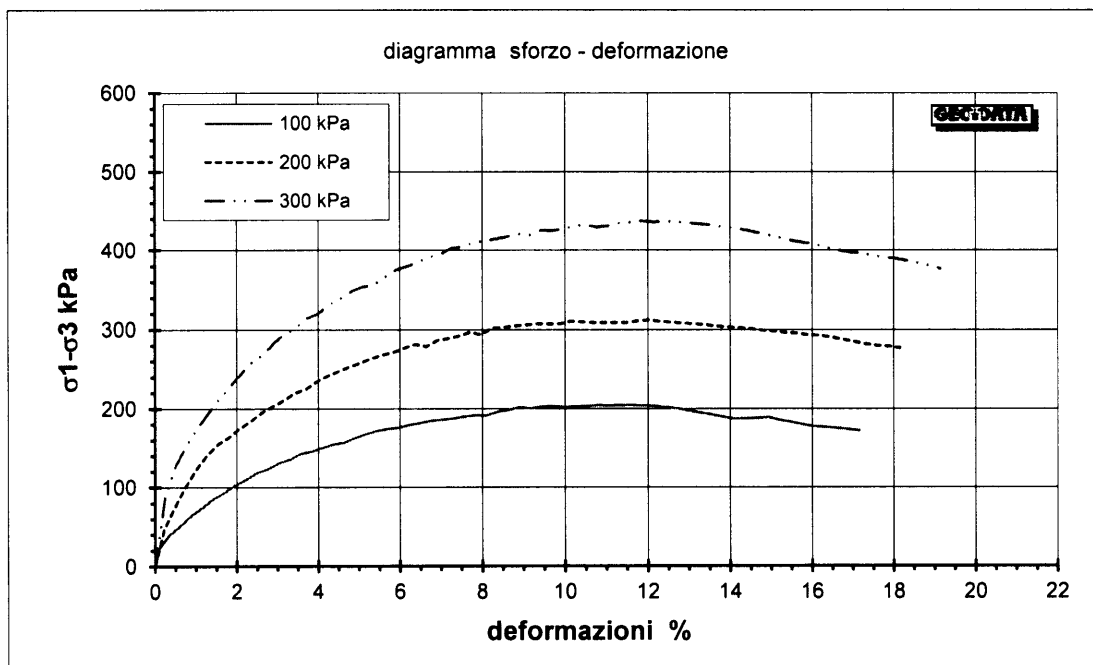
Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 03/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C2**Prof.: **6,20-6,80****PROVA TRIASSIALE C.I.D.****(consolidata e drenata)**

norma di riferimento: ASTM D4767

pressa triassiale TX2 - cella di carico 3.5kN n° 84935

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101310**

pag. 3/3

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 03/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C2**Prof.: **6,20-6,80**

Provino 1		100 kPa	
%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	12,71	200,24
0,12	24,47	12,99	197,67
0,36	39,94	13,26	195,10
0,61	50,91	13,54	192,55
0,87	64,02	13,82	190,01
1,14	73,76	14,10	187,49
1,42	85,63	14,38	187,83
1,68	93,06	14,65	188,17
1,95	102,64	14,93	189,45
2,23	109,97	15,21	186,00
2,49	118,35	15,49	183,51
2,76	123,45	15,77	180,09
3,02	130,67	16,05	177,63
3,30	135,68	16,32	177,04
3,56	142,82	16,60	175,52
3,83	145,64	16,88	174,01
4,11	150,56	17,16	172,50
4,37	154,41		
4,64	157,16		
4,90	163,08		
5,17	167,91		
5,42	171,67		
5,70	174,32		
5,96	175,92		
6,23	179,60		
6,49	182,22		
6,76	184,82		
7,02	186,36		
7,30	187,87		
7,57	190,42		
7,83	191,93		
8,10	191,38		
8,37	195,90		
8,64	198,38		
8,90	201,87		
9,17	200,27		
9,43	202,71		
9,70	203,12		
9,98	202,50		
10,24	202,90		
10,51	203,30		
10,79	204,65		
11,05	204,04		
11,33	204,39		
11,59	204,77		
11,87	204,12		
12,15	203,48		
12,43	201,86		

Provino 2		200 kPa	
%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	12,85	308,13
0,23	47,95	13,13	307,14
0,49	76,28	13,41	306,15
0,75	101,07	13,69	304,18
1,01	123,45	13,97	303,19
1,28	141,19	14,25	302,20
1,54	155,46	14,53	301,22
1,81	164,03	14,80	299,26
2,06	174,81	15,08	298,28
2,34	184,37	15,36	296,33
2,61	195,01	15,64	295,35
2,89	203,34	15,92	293,41
3,16	210,53	16,20	292,43
3,42	219,90	16,48	290,50
3,69	224,80	16,76	287,82
3,95	234,07	17,04	284,76
4,21	241,13	17,32	281,91
4,49	246,98	17,60	280,01
4,75	252,83	17,88	279,06
5,02	257,56	18,16	277,17
5,29	263,34		
5,57	267,97		
5,83	271,52		
6,11	277,16		
6,38	281,73		
6,64	278,79		
6,91	286,52		
7,18	288,88		
7,44	292,29		
7,71	296,73		
7,97	293,77		
8,24	302,37		
8,51	302,54		
8,79	304,74		
9,05	305,93		
9,32	307,11		
9,60	307,20		
9,87	307,33		
10,13	310,53		
10,41	309,57		
10,69	308,60		
10,96	308,70		
11,22	308,79		
11,49	308,88		
11,76	310,98		
12,02	312,05		
12,30	310,06		
12,57	309,12		

Provino 3		300 kPa	
%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	12,97	434,82
0,24	88,09	13,23	433,48
0,50	127,17	13,52	432,07
0,76	153,35	13,80	429,66
1,03	175,93	14,08	428,26
1,30	194,95	14,36	425,86
1,57	212,71	14,64	422,48
1,85	229,21	14,92	419,11
2,12	245,64	15,21	415,75
2,39	259,71	15,49	412,41
2,65	269,18	15,77	410,05
2,92	284,23	16,05	407,71
3,19	294,69	16,33	403,42
3,46	302,85	16,61	400,13
3,73	314,31	16,89	397,81
4,00	320,13	17,18	396,46
4,28	331,42	17,46	393,20
4,55	339,37	17,74	390,90
4,81	348,37	18,02	389,56
5,08	354,00	18,30	387,27
5,35	356,30	18,58	384,05
5,63	366,20	18,87	380,83
5,90	375,00	19,15	376,69
6,17	379,39		
6,44	384,82		
6,70	391,31		
6,97	394,51		
7,24	401,99		
7,51	404,05		
7,78	409,31		
8,05	411,33		
8,33	414,33		
8,59	417,36		
8,86	420,37		
9,14	419,07		
9,41	425,21		
9,69	424,93		
9,96	426,81		
10,23	430,75		
10,50	432,59		
10,77	429,22		
11,04	431,03		
11,32	434,81		
11,58	435,55		
11,85	437,31		
12,13	435,91		
12,40	436,61		
12,68	436,23		

Sperimentatore: Dott. Pietro Daminato

Direttore Laboratorio: Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: C2

prof.: 6,20-6,80

PROVA TRIASSIALE C.I.D.

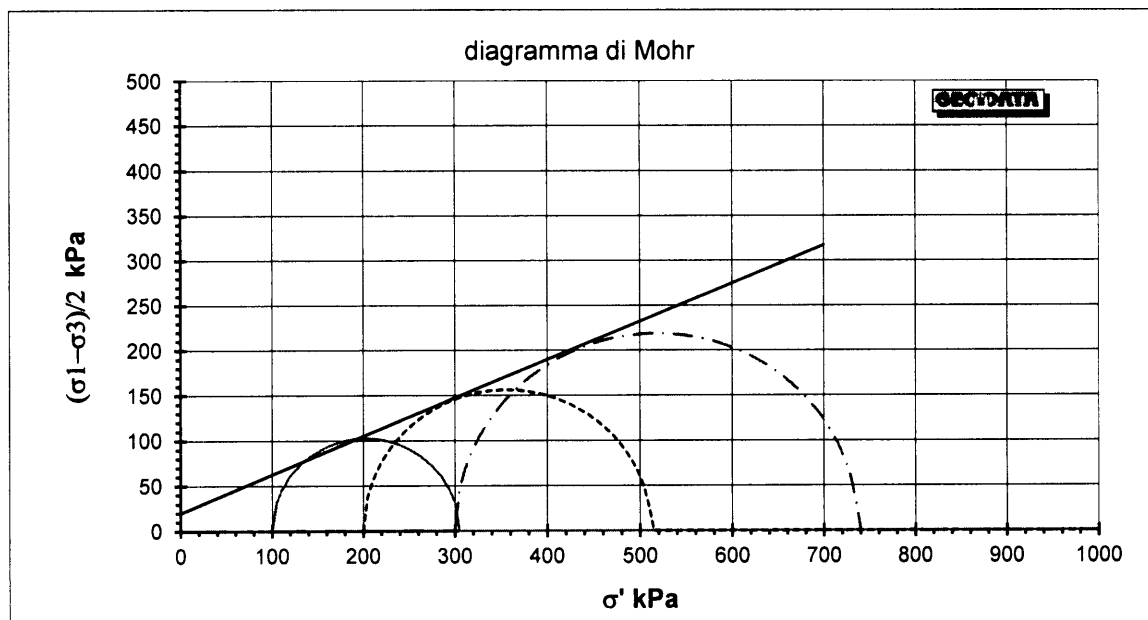
(consolidata e drenata)

INTERPRETAZIONE DELLA PROVA TRIASSIALE C.I.D.

		1	2	3
σ_3 di cons.	(kPa)	100	200	300
$\sigma_1 - \sigma_3$	(kPa)	204,8	312,1	437,3
σ_1	(kPa)	304,8	512,1	737,3
var. volume	cm ³	-0,46	1,13	-1,13
ε	(%)	11,59	12,02	11,85

$\phi' = 23,0^\circ$

$c' = 20$ kPa



norma di riferimento: ASTM D4767

CERTIFICATO N° 101311

pag. 1/2

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 08/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: C2

Prof.: 6,20-6,80

PROVA DI TAGLIO ANULARE - RESIDUO

Tipo di prova:

C.D. Consolidata Drenata con taglio anulare

classificazione geotecnica:

argilla limosa grigia con punti scuri organici

tipo di campione:

indisturbato

dimensioni del provino:

h: 20 mm

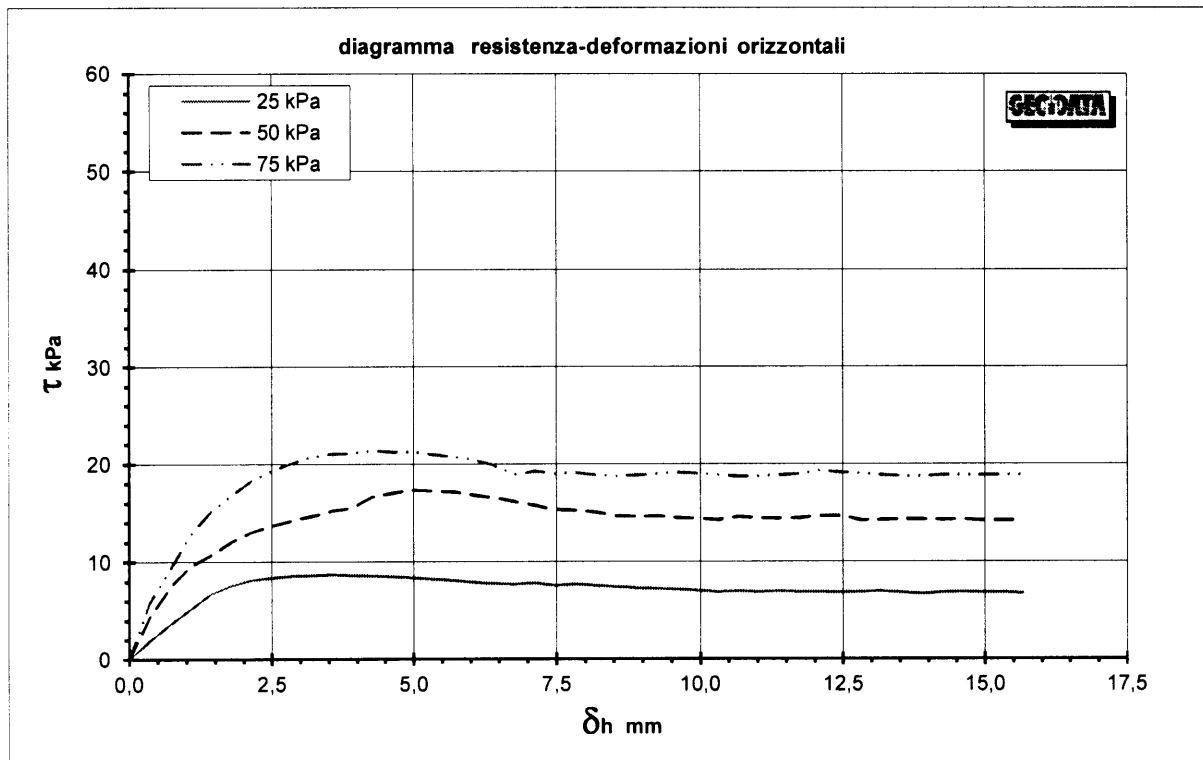
area: 400 mm²

braccio: 42,5 mm

velocità di prova: 0,08 gradi/min

umidità provino :

% 49,1



norma di riferimento: BS 1377

Torsiometro 8935

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio:
Dott. Pietro Daminato



CERTIFICATO N° **101311**

pag. 2/2

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 08/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: C2

Prof.: 6,20-6,80

Provino 1		25 kPa	
mm	kPa	mm	kPa
0,00	0,00		
0,36	1,88		
0,71	3,59		
1,07	5,18		
1,42	6,76		
1,78	7,59		
2,14	8,12		
2,49	8,35		
2,85	8,59		
3,20	8,65		
3,56	8,71		
3,92	8,65		
4,27	8,59		
4,63	8,53		
4,98	8,41		
5,34	8,24		
5,70	8,12		
6,05	7,94		
6,41	7,76		
6,76	7,71		
7,12	7,82		
7,48	7,59		
7,83	7,71		
8,19	7,59		
8,54	7,47		
8,90	7,35		
9,26	7,24		
9,61	7,18		
9,97	7,06		
10,32	6,94		
10,68	7,00		
11,04	6,94		
11,39	7,00		
11,75	6,94		
12,10	6,94		
12,46	6,88		
12,82	6,94		
13,17	7,00		
13,53	6,88		
13,88	6,76		
14,24	6,88		
14,60	6,94		
14,95	6,88		
15,31	6,88		
15,66	6,82		

Provino 2		50 kPa	
mm	kPa	mm	kPa
0,00	0,00		
0,36	4,29		
0,71	7,41		
1,07	9,53		
1,42	10,65		
1,78	12,06		
2,14	13,06		
2,49	13,71		
2,85	14,24		
3,20	14,71		
3,56	15,18		
3,92	15,53		
4,27	16,65		
4,63	17,06		
4,98	17,35		
5,34	17,24		
5,70	17,18		
6,05	16,82		
6,41	16,59		
6,76	16,18		
7,12	15,82		
7,48	15,35		
7,83	15,29		
8,19	15,06		
8,54	14,71		
8,90	14,59		
9,26	14,71		
9,61	14,47		
9,97	14,41		
10,32	14,29		
10,68	14,59		
11,04	14,47		
11,39	14,41		
11,75	14,47		
12,10	14,65		
12,46	14,71		
12,82	14,24		
13,17	14,29		
13,53	14,35		
13,88	14,35		
14,24	14,29		
14,60	14,35		
14,95	14,24		
15,31	14,24		
15,66	14,24		

Provino 3		75 kPa	
mm	kPa	mm	kPa
0,00	0,00		
0,36	5,82		
0,71	9,24		
1,07	12,76		
1,42	15,12		
1,78	16,76		
2,14	18,29		
2,49	19,35		
2,85	20,06		
3,20	20,71		
3,56	21,06		
3,92	21,12		
4,27	21,35		
4,63	21,24		
4,98	21,24		
5,34	21,00		
5,70	20,71		
6,05	20,47		
6,41	19,88		
6,76	18,94		
7,12	19,24		
7,48	19,00		
7,83	19,12		
8,19	18,88		
8,54	18,76		
8,90	18,88		
9,26	19,00		
9,61	19,12		
9,97	19,00		
10,32	18,88		
10,68	18,76		
11,04	18,76		
11,39	18,88		
11,75	19,00		
12,10	19,35		
12,46	19,12		
12,82	19,00		
13,17	18,88		
13,53	18,76		
13,88	18,76		
14,24	18,88		
14,60	18,88		
14,95	18,88		
15,31	18,88		
15,66	18,88		

Sperimentatore: Dott. Pietro Daminato

Direttore Laboratorio: Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

COMMITTENTE: AIPO - Parma

1° foglio

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**

Camp.: **C2**

Prof.: **6,20-6,80**

PROVA DI TAGLIO ANULARE-RESIDUO

Tipo di prova:

C.D. Consolidata Drenata con cella circolare di Casagrande

natura del terreno

argilla limosa grigia con punti scuri organici

tipo di campione:

indisturbato

dimensioni del provino:

h: 20 mm

area: 400 mm²

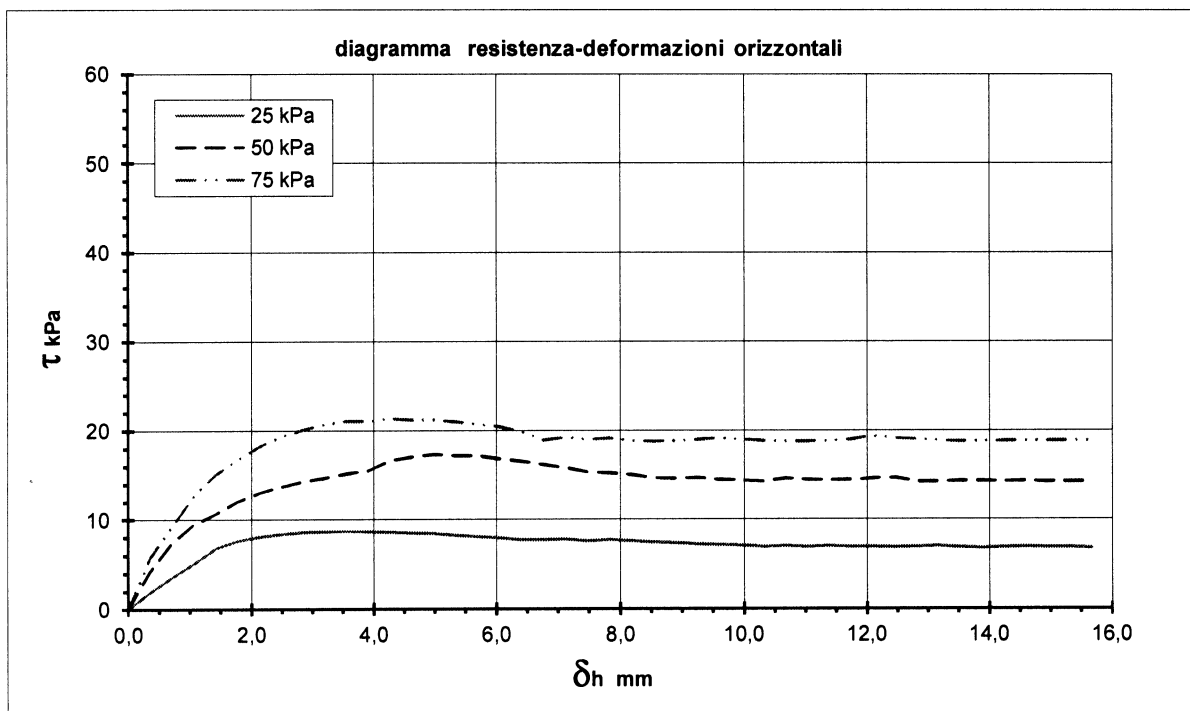
velocità di prova:

0,08 gradi/min

data di prova:

08.08.18

σ_v kPa	τ kPa	def. mm
25	6,9	15,31
50	14,2	15,31
75	18,9	15,31



COMMITTENTE: AIPO - Parma

II° foglio

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

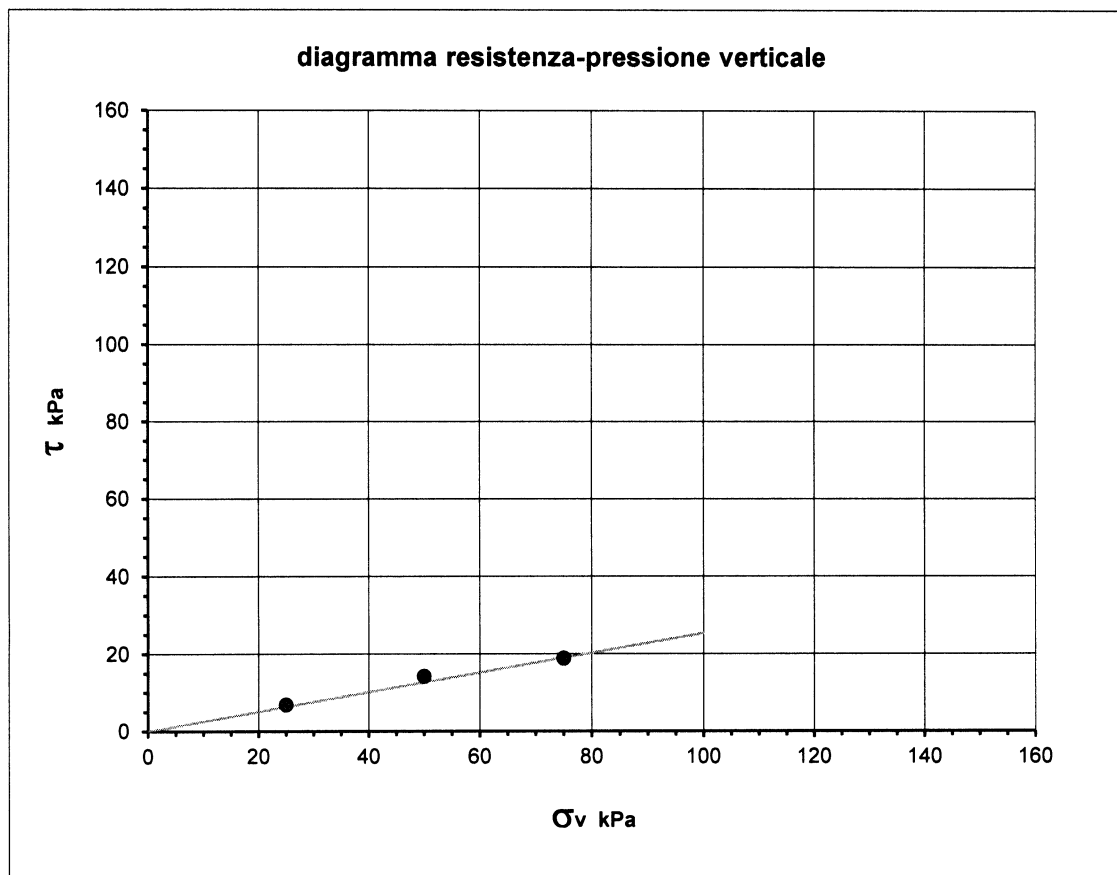
Camp.: C2

Prof.: 6,20-6,80

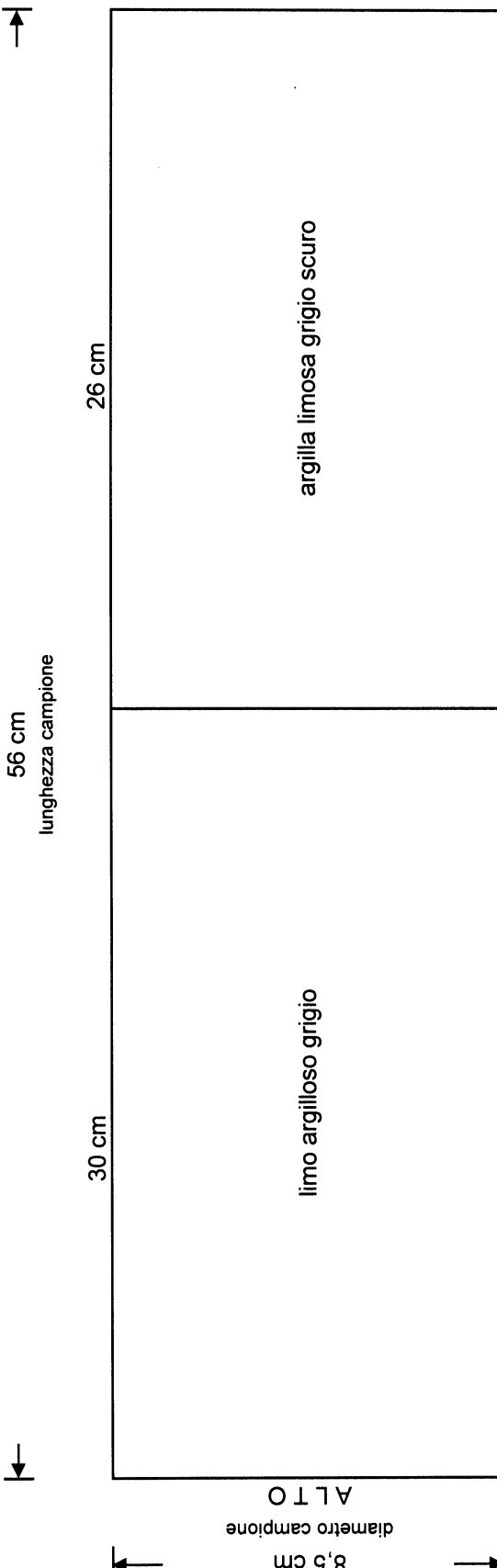
INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI TAGLIO ANULARE-RESIDUO

$\phi'_r = 14,2$ gradi

$c'_r = 0$ kPa





CERTIFICATO N° 101312	emesso il 08/08/18	pag. 1/1					
Verbale di Accettazione n. 32218	data ricecimento campione 26/07/18	data prova 27/07/18					
COMMITTENTE: AIPO - Parma	Sond./Prel.: S1	Prof.: 8,00-8,60					
CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)	Campione: C3						
CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA CAMPIONE INDISTURBATO							
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> 56 cm lunghezza campione </div> </div>							
P.P. kPa 49-59	59-78	78-98	157-177				
TORV. kPa 11	15	29	44				
Prove Eseguite: w - γ - L - D - TXUU							
note: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> QUALITA' CAMPIONE: <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 30px; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 30px; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 30px; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> </div> <div style="text-align: center;"> buona sufficiente scadente </div> <div style="text-align: center;"> Sperimentatore Dott. L. Stivagniglio </div> <div style="text-align: center;"> Direttore Laboratorio Dott. Pietro Daminato </div> </div>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

CERTIFICATO N° **101313**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C3**Prof.: **8,00-8,60****CONTENUTO D'ACQUA**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

id.tara

massa umida lorda

massa secca lorda

tara

prov. 1

prov. 2

127

106

g 78,79

g 86,62

g 68,89

g 74,71

g 40,72

g 40,61

W% 35,14

34,93

media

W % 35,0

norma di riferimento: ASTM D 2216

Sperimentatore

Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio

Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101314**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C3**Prof.: **8,00-8,60****PESO DI VOLUME**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

	prov. 1	prov. 2
diametro	mm 34,0	mm 33,7
altezza	mm 75,5	mm 75,7
massa lorda	g 127,79	g 129,01
tara	g 0,00	g 0,00
massa netta	g 127,79	g 129,01
γ kN/m ³	18,29	18,75

media

 γ kN/m³ **18,52**

norma di riferimento: procedura interna

note: eseguito con il metodo della misura lineare di provino

Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101315**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 31/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C3**Prof.: **8,00-8,60****LIMITI DI ATTERBERG**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

naturale ☒<40 secco ☐<40 umido ☐**LIMITE DI LIQUIDITA'**id. tara
massa umida lorda
massa secca lorda
tara
numero colpi

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	49	47	52
g massa umida lorda	31,252	28,670	29,035
g massa secca lorda	22,798	21,729	22,185
g tara	12,582	12,679	12,756
numero colpi	15	28	35
WL%	82,75	76,70	72,65

WL % 78**LIMITE DI PLASTICITA'**id. tara
massa umida lorda
massa secca lorda
tara

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	25	78	21
g massa umida lorda	17,053	14,237	16,513
g massa secca lorda	16,748	13,929	16,205
g tara	15,853	13,003	15,264
WP%	34,08	33,26	32,73

media

WP % 33**INDICE DI PLASTICITA'****IP 45**

note:

norma di riferimento: ASTM D 4318

cucchiaio Casagrande Controls n° 87121946

legenda: ND = NON DETERMINATO
NP = NON PLASTICOSperimentatore
Perito A. FioreDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101316**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

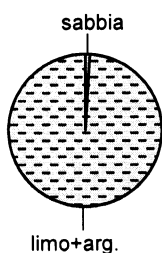
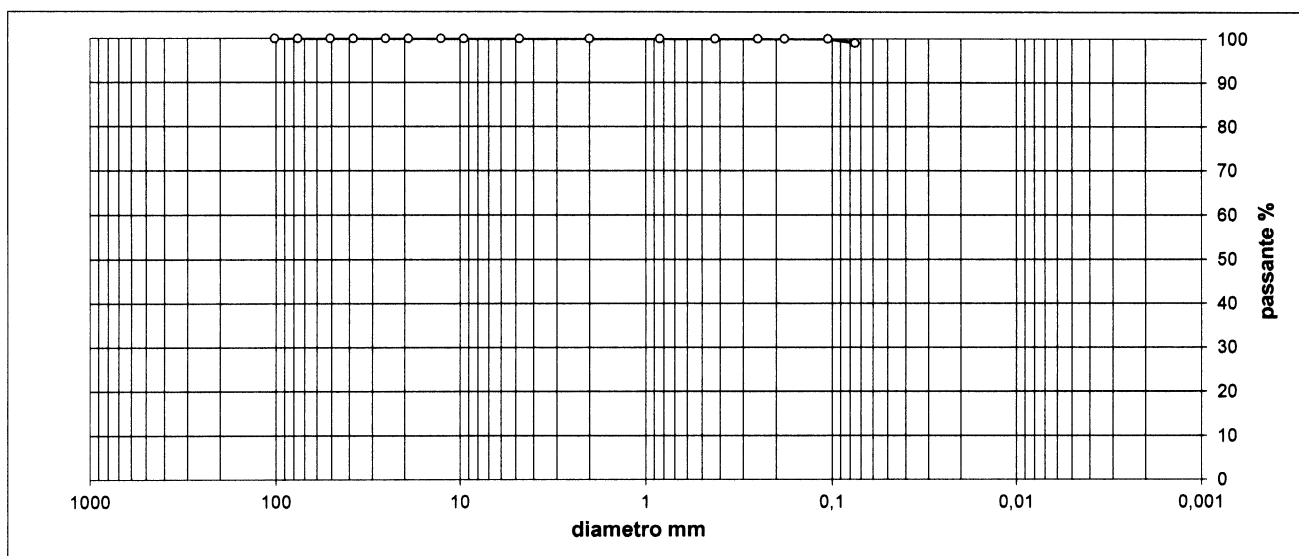
Camp.: C3

Prof.: 8,00-8,60

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	100,00
No. 20	0,84	0,00	100,00
No. 40	0,43	0,00	100,00
No. 60	0,25	0,00	100,00
No. 80	0,18	0,00	100,00
No. 140	0,105	0,00	100,00
No. 200	0,075	0,93	99,07



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	99,07

classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

UNI 11531-1 **A7-5**

Ig **20**

USCS **---**

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

CERTIFICATO N° **101317**

pag. 1/2 emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218 data ricevimento campione 26/07/18 data prova 01/08/018

COMMITTENTE: AIPO - Parma

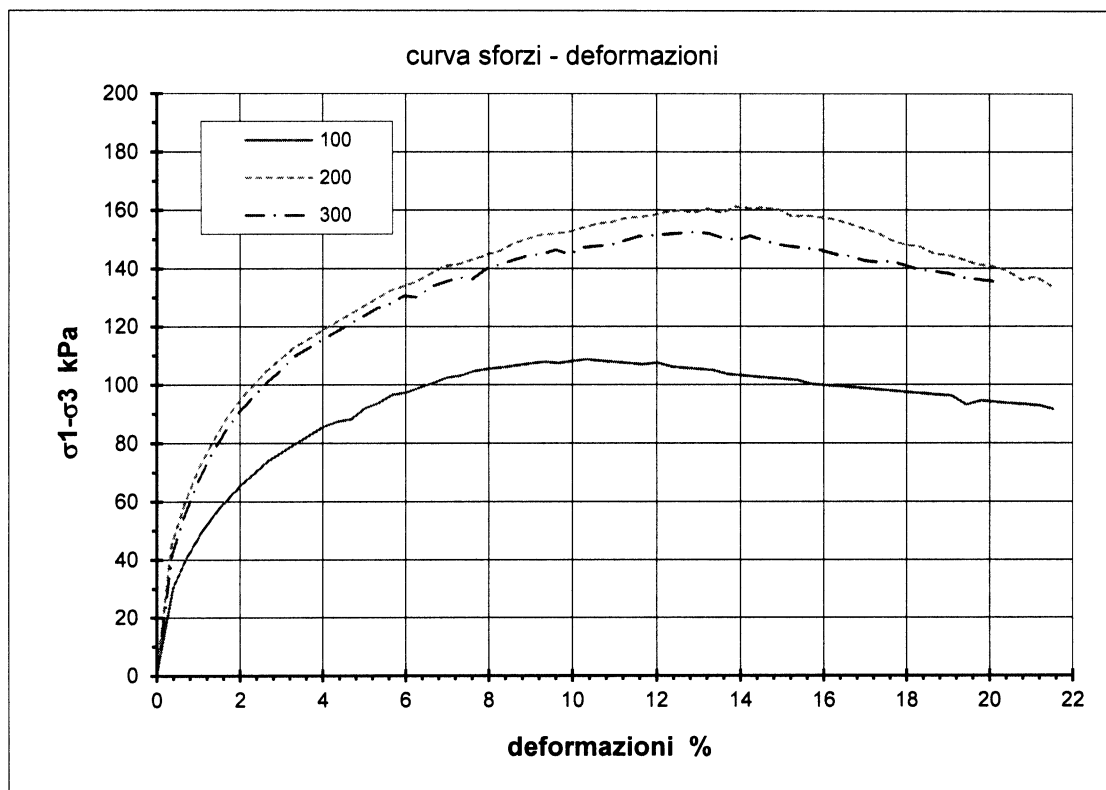
CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C3**prof.: **8,00-8,60****PROVA TRIASSIALE U.U. (non consolidata e non drenata)**

classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

note: eseguita la saturazione dei provini

PROVINO N.		1	2	3
diametro	(mm)	34	33,7	34
altezza	(mm)	75,5	75,7	76,0
σ_3	(kPa)	100	200	300
γ	(kN/m ³)	18,28	18,74	18,60
w	(%)	34,7	34,9	34,7

norma di riferimento: ASTM D 2850
pressa triassiale TX1 - cella di carico 3.5kN n° 104063Sperimentatore
Dott. Pietro DaminatoDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101317**

pag. 2/2

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/018

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

PROVA TRIASSIALE U.U. (non consolidata e non drenata)Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C3**Prof.: **8,00-8,60**

Provino 1		100 kPa	
%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	15,68	100,30
0,40	30,72	16,05	99,86
0,72	40,46	16,40	99,45
1,06	49,04	16,73	99,05
1,36	55,41	17,06	98,66
1,70	60,63	17,39	98,27
2,03	65,82	17,72	97,87
2,36	69,90	18,08	97,45
2,68	73,96	18,40	97,07
3,01	76,92	18,74	96,66
3,34	79,85	19,09	96,25
3,68	82,75	19,44	93,16
4,01	85,63	19,80	94,52
4,36	87,43	20,13	94,13
4,69	88,18	20,49	93,70
5,02	92,06	20,83	93,30
5,35	93,82	21,19	92,88
5,68	96,61	21,54	91,61
6,01	97,31		
6,34	99,03		
6,68	100,73		
7,01	102,42		
7,32	103,10		
7,66	104,76		
7,99	105,40		
8,33	106,01		
8,66	106,64		
8,99	107,25		
9,32	107,86		
9,66	107,47		
10,00	108,05		
10,33	108,64		
10,66	108,24		
10,99	107,84		
11,34	107,42		
11,67	107,02		
12,01	107,57		
12,34	106,20		
12,68	105,80		
13,01	105,40		
13,34	105,00		
13,68	103,63		
14,03	103,22		
14,34	102,83		
14,70	102,40		
15,02	102,02		
15,35	101,63		

Provino 2		200 kPa	
%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	15,59	158,04
0,34	44,69	15,92	157,42
0,66	59,03	16,27	156,76
0,99	71,04	16,63	155,15
1,32	79,65	16,99	153,56
1,65	88,21	17,32	152,02
1,98	94,51	17,64	149,59
2,31	99,66	17,97	148,07
2,64	104,78	18,34	147,40
2,97	108,78	18,65	145,01
3,30	112,75	19,02	144,35
3,65	115,59	19,38	142,81
3,96	118,44	19,72	141,30
4,31	121,23	20,07	140,70
4,64	124,02	20,41	139,20
4,97	126,79	20,78	135,89
5,30	129,53	21,11	137,09
5,63	132,25	21,48	133,81
5,96	133,90		
6,27	135,55		
6,61	138,21		
6,94	140,85		
7,27	141,39		
7,61	142,94		
7,93	144,52		
8,27	146,03		
8,60	148,58		
8,93	150,09		
9,27	151,56		
9,60	152,02		
9,93	152,47		
10,26	153,92		
10,59	155,36		
10,92	155,79		
11,25	157,20		
11,59	157,61		
11,92	158,00		
12,25	159,38		
12,58	159,76		
12,91	159,16		
13,24	160,50		
13,57	158,92		
13,90	161,21		
14,24	160,56		
14,57	160,90		
14,91	160,26		
15,26	157,71		

Provino 3		300 kPa	
%	kPa	%	kPa
0,00	0,00	15,61	146,87
0,37	41,70	15,93	146,29
0,68	55,79	16,28	144,78
1,01	67,60	16,61	144,21
1,34	77,15	16,95	142,70
1,67	84,48	17,28	142,14
1,99	90,68	17,64	142,41
2,32	95,76	17,99	140,92
2,64	100,80	18,33	139,43
2,97	104,73	18,66	138,87
3,30	109,70	19,01	138,26
3,64	112,50	19,32	136,86
3,97	115,28	19,67	136,25
4,32	118,03	20,11	135,52
4,64	120,78	20,42	0,00
4,97	123,50		
5,30	126,20		
5,63	127,85		
5,96	130,51		
6,29	130,05		
6,61	133,73		
6,95	135,29		
7,28	136,85		
7,61	136,37		
7,95	139,92		
8,28	141,44		
8,62	142,92		
8,95	144,41		
9,28	144,89		
9,61	146,36		
9,93	144,83		
10,26	147,27		
10,59	147,71		
10,92	148,15		
11,25	149,56		
11,58	150,95		
11,92	151,34		
12,25	151,74		
12,58	152,13		
12,92	152,50		
13,25	151,92		
13,58	150,39		
13,91	149,82		
14,24	151,14		
14,58	149,59		
14,91	148,08		
15,26	147,49		

Sperimentatore: Dott. Pietro Daminato

Direttore Laboratorio: Dott. Pietro Daminato

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**

Camp.: **C3**

Prof.: **8,00-8,60**

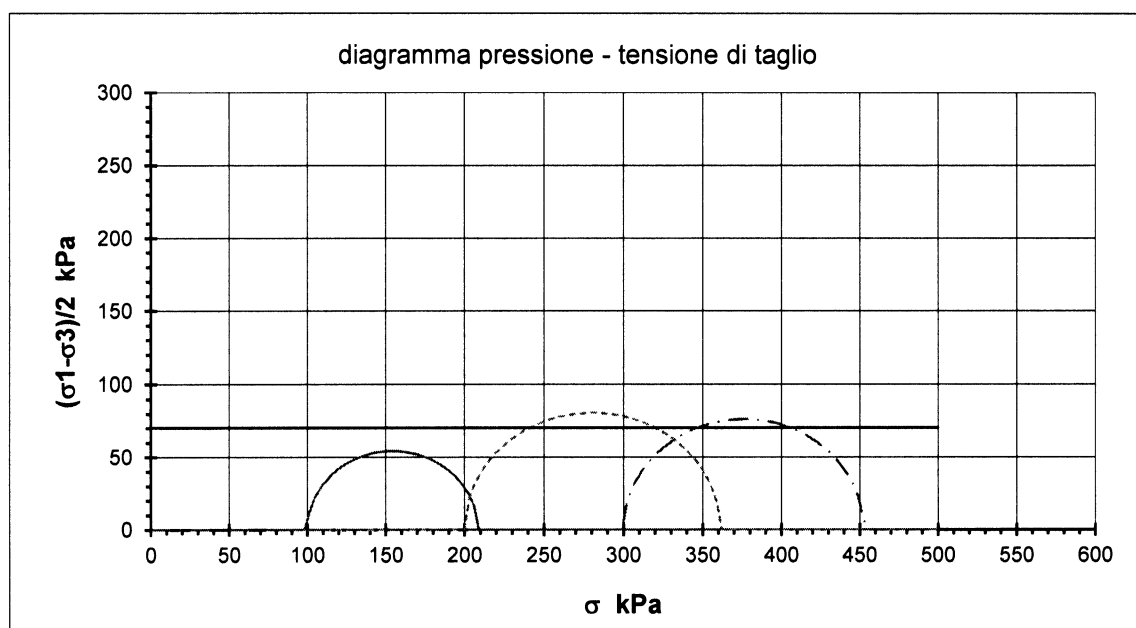
PROVA TRIASSIALE U.U. (non consolidata e non drenata)

classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

PROVINO N.		1	2	3
diametro	(mm)	34,0	33,7	34,0
altezza	(mm)	75,5	75,7	76,0
σ_3	(kPa)	100	200	300
$\sigma_1 - \sigma_3$	(kPa)	108,6	161,2	152,5
σ_1	(kPa)	208,6	361,2	452,5
ε	(%)	10,33	13,89	12,92
γ	(kN/m ³)	18,28	18,74	18,60
w	(%)	34,7	34,9	34,7

RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA

cu	(kPa)	70,4
-----------	-------	-------------



norma di riferimento: ASTM D 2850
pressa triassiale TX1 - cella di carico 3.5kN n° 104063



PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
E CONTROLLI GEOTECNICI IN SITO

GEODATA S.a.s. di Pietro Daminato & C.

Viale Benelux, 1/C - 35020 PONTE SAN NICOLÒ (PD)
Tel. 049 8705575 - Fax 049 7628815 - C.F. / P.I. 01370550285
E-mail: info@geodatapadova.it - www.geodatapadova.com



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001



Cert. n° Q-0784-09

CERTIFICATO N° 101318	emesso il 08/08/18			
Verbale di Accettazione n. 32218	data ricevimento campione 26/07/18			
	data prova 27/07/18			
COMMITTENTE: AIPO - Parma	Sond./Prel.: S1			
CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)	Prof.: 13,40-14,00			
CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA CAMPIONE INDISTURBATO				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div>ALTO 8,5 cm ↓</div><div>argilla limosa grigio scuro</div><div>↑ 58 cm lunghezza campione</div></div>				
P.P. kPa 98-108	118-127			
TORV. kPa 26	31			
Prove Eseguite: w - γ - L - D				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div>P.108-118</div><div>29</div></div>				
note:				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div>QUALITA' CAMPIONE: <table border="1"><tr><td>X</td><td></td><td></td></tr></table></div><div>buona sufficiente scadente</div><div>Sperimentatore Dott. L. Stipa Direttore Laboratorio Dott. Pietro Daminato</div></div>		X		
X				

CERTIFICATO N° **101319**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C4**Prof.: **13,40-14,00****CONTENUTO D'ACQUA**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

	prov. 1	prov. 2
id.tara	103	104
massa umida lorda	g 81,41	g 83,26
massa secca lorda	g 69,21	g 69,48
tara	g 37,34	g 33,84
W%	38,28	38,66

media

W % 38,5

norma di riferimento: ASTM D 2216

Sperimentatore
Perito A. FioreDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101320**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C4**Prof.: **13,40-14,00****PESO DI VOLUME**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

		prov. 1		prov. 2
diametro	mm	33,8	mm	33,7
altezza	mm	74,2	mm	74,6
massa lorda	g	129,03	g	128,30
tara	g	0,00	g	0,00
massa netta	g	129,03	g	128,30
γ kN/m ³		19,02		18,92

media

 γ kN/m³ **18,97**

norma di riferimento: procedura interna

note: eseguito con il metodo della misura lineare di provino

Sperimentatore
Dott. L. SanmiglioDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101321**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 31/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **C4**Prof.: **13,40-14,00****LIMITI DI ATTERBERG**

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

naturale ☒<40 secco ☐<40 umido ☐**LIMITE DI LIQUIDITA'**id. tara
massa umida lorda
massa secca lorda
tara
numero colpi

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	29	58	51
g massa umida lorda	37,204	36,337	33,012
g massa secca lorda	29,055	27,856	25,802
g tara	15,345	12,566	11,918
numero colpi	16	25	33
WL%	59,44	55,47	51,93

WL % 55**LIMITE DI PLASTICITA'**id. tara
massa umida lorda
massa secca lorda
tara

	prov. 1	prov. 2	prov. 3
id. tara	66	3	22
g massa umida lorda	13,542	13,704	13,658
g massa secca lorda	13,291	13,442	13,423
g tara	12,485	12,586	12,650
WP%	31,14	30,61	30,40

media

WP % 31**INDICE DI PLASTICITA'****IP 24**

note:

norma di riferimento: ASTM D 4318

cucchiaio Casagrande Controls n° 87121946

legenda: ND = NON DETERMINATO
NP = NON PLASTICOSperimentatore
Perito A. FioreDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101322**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

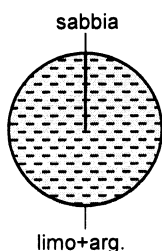
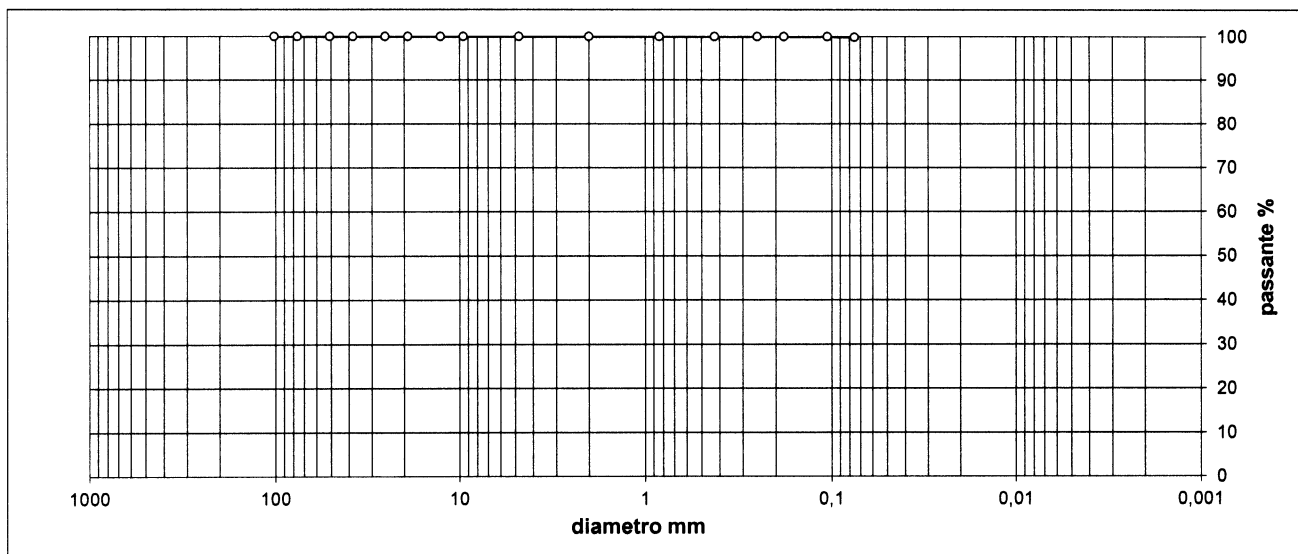
Camp.: C4

Prof.: 13,40-14,00

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	100,00
No. 20	0,84	0,00	100,00
No. 40	0,43	0,00	100,00
No. 60	0,25	0,00	100,00
No. 80	0,18	0,00	100,00
No. 140	0,105	0,00	100,00
No. 200	0,075	0,13	99,87



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	99,87

classificazione geotecnica: argilla limosa grigio scuro

UNI 11531-1 **A7-5**

Ig **13**

USCS **---**

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

CERTIFICATO N° **101323**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **SPT1**Prof.: **1,50****CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA**

Tipologia campione: rimaneggiato contenuto in sacchetto

Classificazione geotecnica: argilla limosa marrone con sabbia

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe **ND**lg **ND**Classificazione USCS: **ND**

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. SinigagliaDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato



CERTIFICATO N° **101324**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

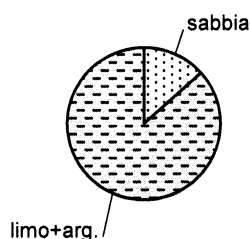
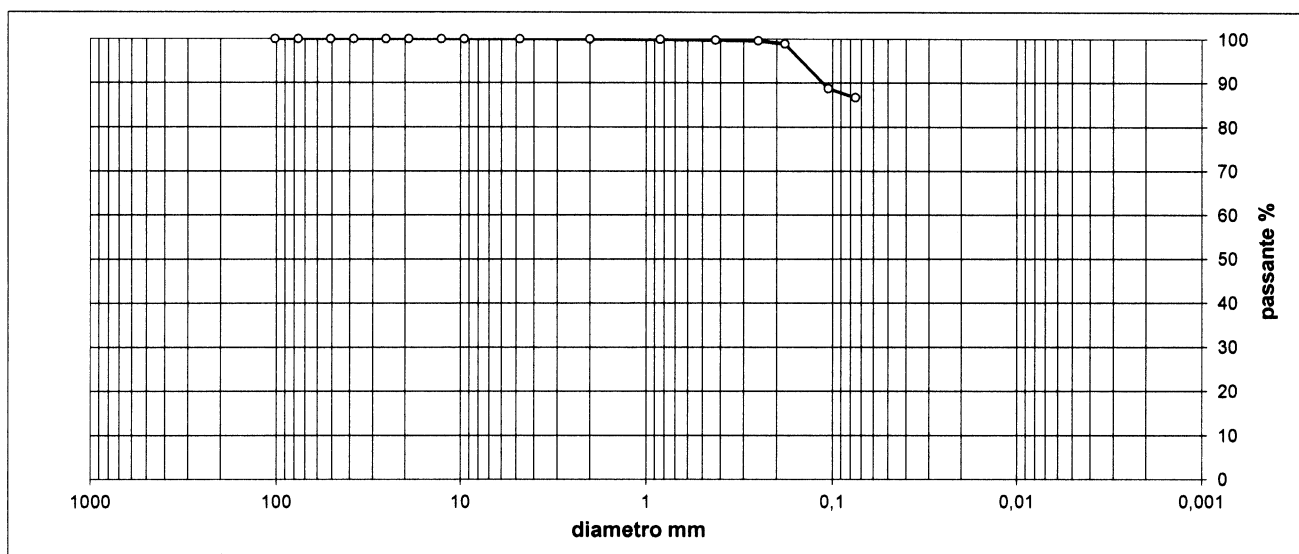
Camp.: SPT1

Prof.: 1,50

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,01	99,99
No. 20	0,84	0,07	99,92
No. 40	0,43	0,13	99,79
No. 60	0,25	0,14	99,65
No. 80	0,18	0,74	98,91
No. 140	0,105	10,21	88,69
No. 200	0,075	2,04	86,66



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,73	12,46	86,66

classificazione geotecnica: argilla limosa marrone con sabbia

UNI 11531-1 ---

Ig ---

USCS ---

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

CERTIFICATO N° **101325**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **SPT2**Prof.: **4,50****CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA**

Tipologia campione: rimaneggiato contenuto in sacchetto

Classificazione geotecnica: sabbia limosa marrone

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe **ND**lg **ND**Classificazione USCS: **ND**

Prove eseguite: granulometria - taglio diretto

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. StinamiglioDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101326**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

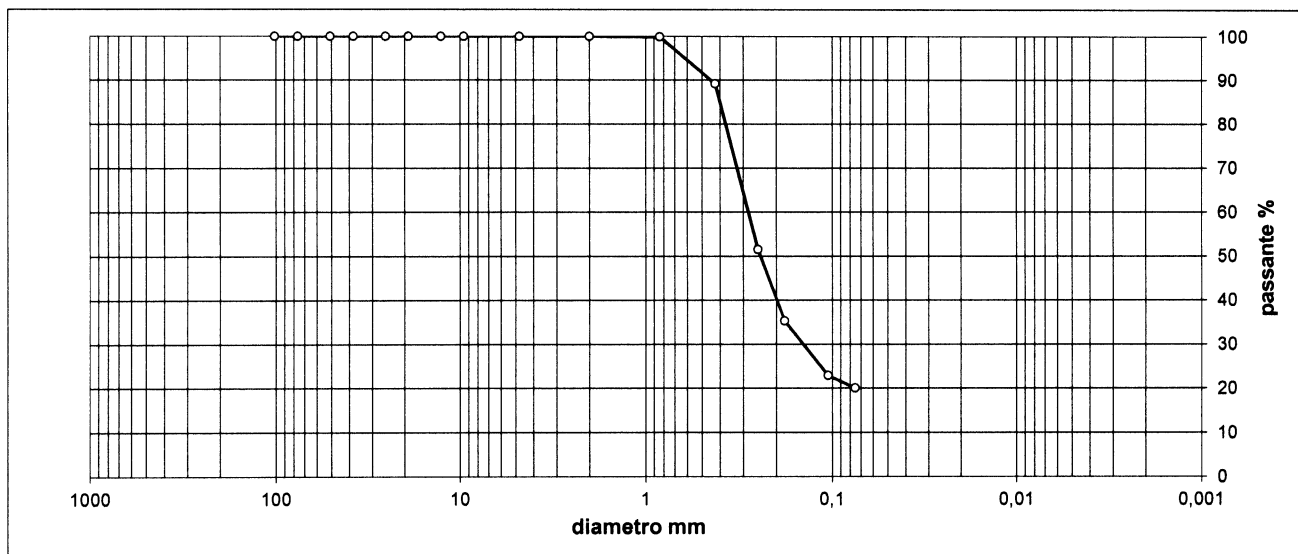
Camp.: SPT2

Prof.: 4,50

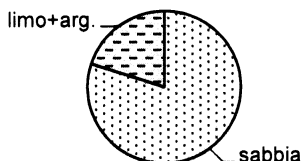
ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	100,00
No. 20	0,84	0,05	99,95
No. 40	0,43	10,82	89,13
No. 60	0,25	37,60	51,53
No. 80	0,18	16,21	35,32
No. 140	0,105	12,43	22,89
No. 200	0,075	2,89	20,00



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
0,00	0,00	0,00	0,00	6,31	53,74	19,95	20,00



classificazione geotecnica: sabbia limosa marrone

UNI 11531-1 ---

Ig ---

USCS ---

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

CERTIFICATO N° **101327**

pag. 1/2

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 30/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **SPT2**Prof.: **4,50****PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Tipo di prova: C.D. Consolidata Drenata con cella circolare di Casagrande

classificazione geotecnica: sabbia limosa marrone

tipo di campione: provini ricostruiti con addensamento manuale medio

σ_v kPa	γ_i kN/m ³	w _i %	h _c mm	γ_f kN/m ³
100	19,35	20,7	30,50	19,48
200	19,50	20,7	30,24	19,80
400	19,41	20,7	29,93	19,91

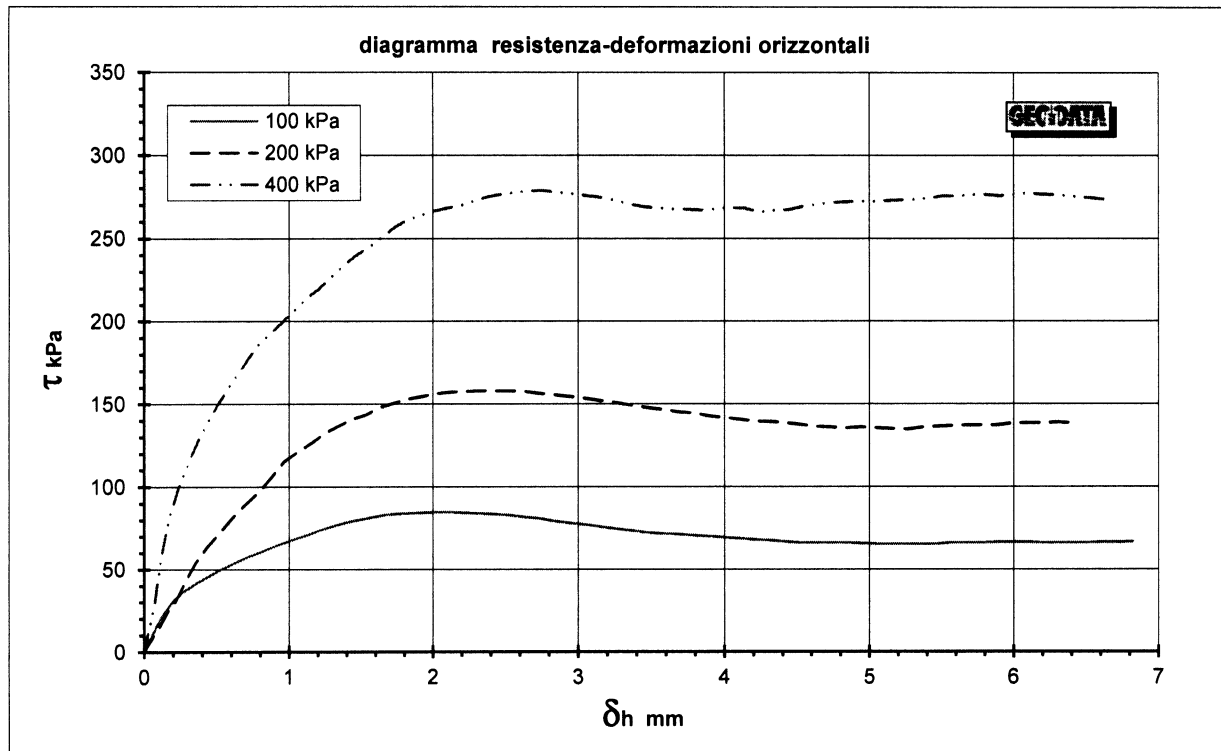
dimensioni del provino:

 ϕ : 60.0 mm

h: 30.7 mm

area: 2827 mm²

velocità di prova: 0,05 mm/min



norma di riferimento: ASTM D3080

DS1 n° B33932; DS2 n° B01000; DS3 n° 110283

Sperimentatore

Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio:

Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N°	101327	pag.	2/2	emesso il	08/08/18
Verbale di Accettazione n.	32218	data ricevimento campione	26/07/18	data prova	30/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: SPT2

Prof.: 4,50

Provino 1		100 kPa	
mm	kPa	mm	kPa
0,00	0,00	4,85	66,18
0,11	18,91	4,96	65,83
0,19	29,41	5,07	65,48
0,27	36,42	5,17	65,48
0,36	41,67	5,27	65,48
0,45	45,87	5,37	65,48
0,53	50,07	5,46	65,48
0,62	53,93	5,57	66,18
0,72	57,78	5,67	66,18
0,82	61,28	5,78	66,18
0,92	64,78	5,89	66,53
1,02	67,93	6,00	66,53
1,12	70,73	6,11	66,53
1,22	73,89	6,21	66,18
1,31	76,34	6,31	66,18
1,39	78,44	6,40	66,18
1,49	80,19	6,50	66,18
1,59	81,94	6,61	66,53
1,69	83,34	6,71	66,53
1,80	84,04	6,82	66,88
1,91	84,39		
2,02	84,74		
2,12	84,74		
2,22	84,39		
2,32	84,04		
2,42	83,69		
2,52	82,99		
2,63	81,94		
2,74	80,89		
2,85	79,14		
2,96	78,09		
3,07	77,04		
3,18	75,64		
3,28	74,59		
3,38	73,54		
3,47	72,48		
3,58	71,78		
3,68	71,43		
3,79	70,73		
3,91	70,03		
4,02	69,33		
4,13	68,63		
4,23	67,93		
4,33	67,58		
4,43	66,88		
4,53	66,18		
4,63	66,18		
4,74	66,18		

Provino 2		200 kPa	
mm	kPa	mm	kPa
0,00	0,00	4,42	138,67
0,06	9,10	4,52	137,62
0,12	16,81	4,63	136,57
0,15	21,36	4,73	136,22
0,18	26,61	4,84	135,51
0,21	30,11	4,94	136,22
0,28	42,37	5,05	135,51
0,35	53,93	5,16	135,16
0,43	63,73	5,26	134,81
0,52	71,78	5,36	135,86
0,60	80,89	5,46	136,57
0,69	88,94	5,56	136,92
0,79	96,30	5,67	137,27
0,87	105,40	5,77	137,27
0,97	115,21	5,87	137,27
1,06	121,16	5,98	138,32
1,16	126,76	6,09	138,67
1,25	132,71	6,19	138,67
1,35	136,92	6,29	139,02
1,44	140,77	6,39	138,67
1,53	143,22		
1,62	147,77		
1,72	150,22		
1,82	153,02		
1,92	154,42		
2,02	156,17		
2,13	157,23		
2,23	157,58		
2,33	157,93		
2,43	157,93		
2,53	157,93		
2,63	157,58		
2,73	156,52		
2,84	155,47		
2,95	154,42		
3,06	153,37		
3,16	151,97		
3,27	150,57		
3,37	149,17		
3,47	147,77		
3,58	146,72		
3,68	145,32		
3,79	144,62		
3,89	142,87		
4,00	141,82		
4,11	140,77		
4,22	139,72		
4,32	139,37		

Provino 3		400 kPa	
mm	kPa	mm	kPa
0,00	0,00	4,24	266,06
0,07	30,43	4,34	266,86
0,12	56,55	4,44	267,25
0,17	81,34	4,54	269,31
0,24	99,52	4,63	270,29
0,31	115,03	4,73	271,66
0,38	129,63	4,83	271,97
0,46	142,38	4,93	272,33
0,54	153,79	5,03	272,22
0,62	164,75	5,12	272,78
0,70	175,08	5,22	273,06
0,78	185,17	5,32	273,41
0,87	192,59	5,41	274,36
0,95	199,28	5,51	275,58
1,04	206,67	5,61	275,44
1,12	214,13	5,71	276,49
1,21	219,87	5,80	276,49
1,30	226,91	5,90	275,58
1,38	234,16	6,00	276,49
1,47	240,11	6,10	277,37
1,56	245,19	6,19	276,63
1,65	251,07	6,27	276,35
1,74	256,95	6,37	275,69
1,83	261,19	6,46	274,92
1,92	263,89	6,55	274,36
2,01	266,41	6,64	273,27
2,10	268,19		
2,19	269,87		
2,28	272,36		
2,38	274,81		
2,47	276,39		
2,56	277,54		
2,66	278,56		
2,76	278,77		
2,86	277,79		
2,95	276,74		
3,05	275,76		
3,14	274,85		
3,24	273,10		
3,34	270,82		
3,45	269,07		
3,55	268,23		
3,65	267,63		
3,75	267,53		
3,85	267,04		
3,95	267,70		
4,04	268,47		
4,14	268,23		

Sperimentatore: Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio: Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

COMMITTENTE: AIPO - Parma

1° foglio

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**

Camp.: **SPT2**

Prof.: **4,50**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Tipo di prova:

C.D. Consolidata Drenata con cella circolare di Casagrande

natura del terreno

sabbia limosa marrone

tipo di campione:

provini ricostruiti con addensamento manuale medio

dimensioni del provino:

ϕ : 60,0 mm

h: 30,7

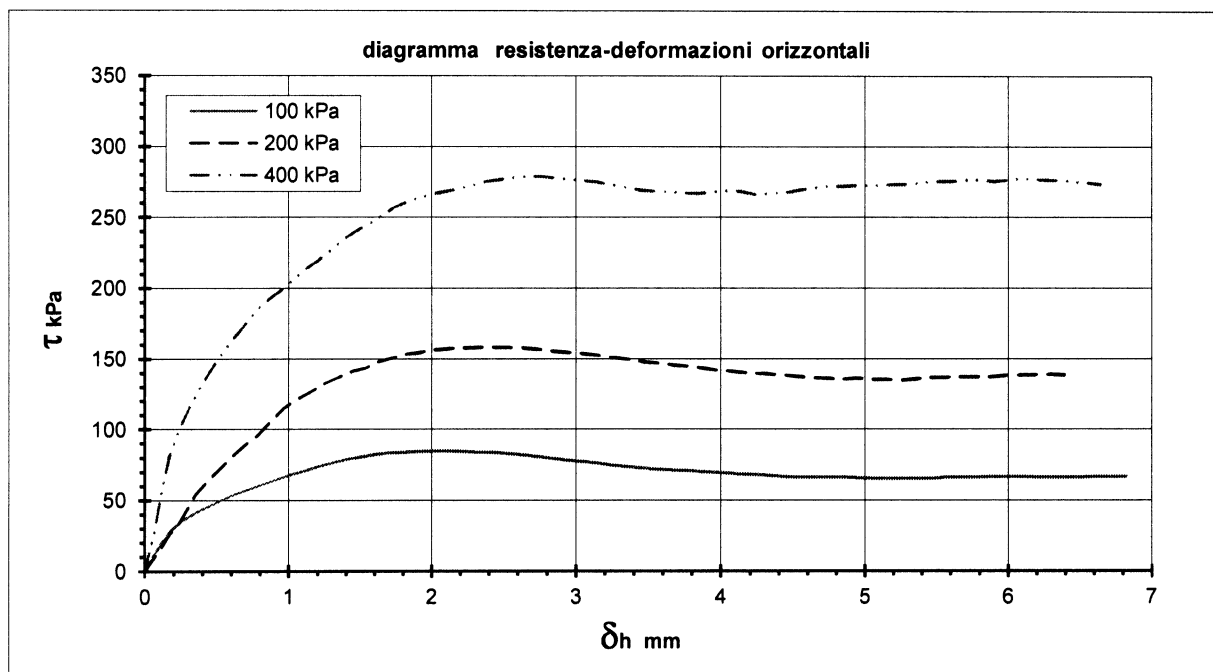
area: 2827 mm²

velocità di prova:

0,05 mm/min

data di prova: 30.07.18

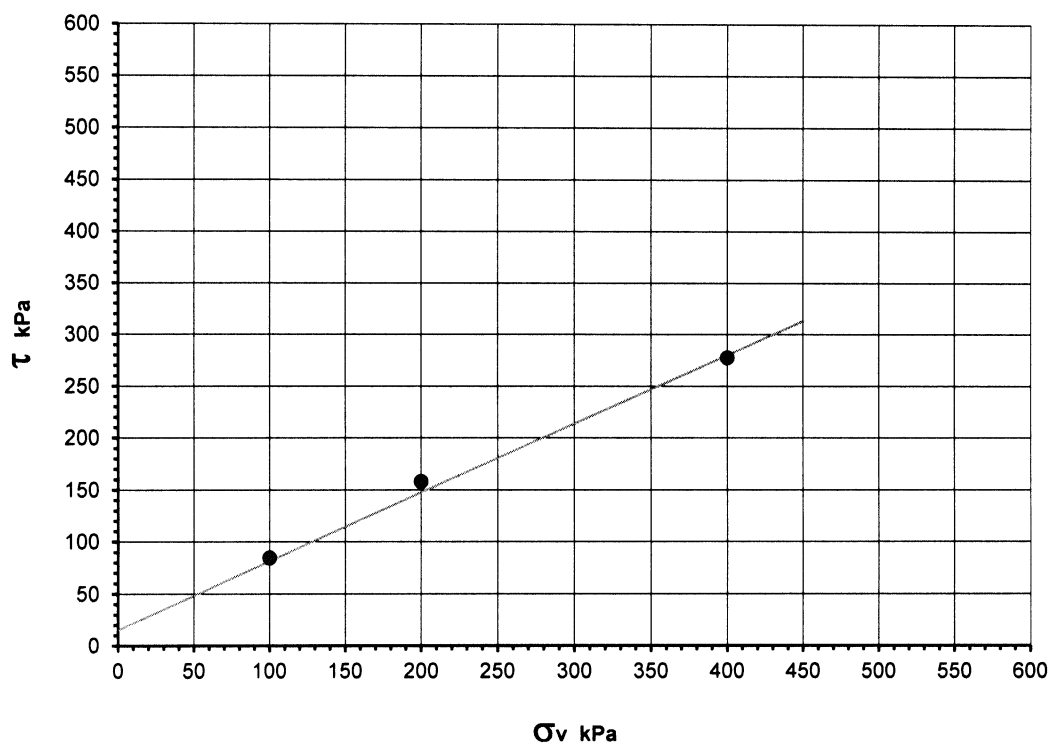
σ_v kPa	τ kPa	def. mm	γ_i kN/m ³	w _i %	h _c mm	γ_f kN/m ³
100	84,7	2,02	19,35	20,7	30,50	19,48
200	157,9	2,33	19,50	20,7	30,24	19,80
400	277,4	6,09	19,41	20,7	29,93	19,91



COMMITTENTE: AIPO - Parma

II° foglio

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: **S1**Camp.: **SPT2**Prof.: **4,50****INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO** $\phi' = 33,5$ gradi $c' = 15$ kPa**diagramma resistenza-p pressione verticale**

CERTIFICATO N° **101328**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: SPT3

Prof.: 12,00

CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA

Tipologia campione: rimaneggiato contenuto in sacchetto

Classificazione geotecnica: sabbia limosa grigia

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe **ND**lg **ND**Classificazione USCS: **ND**

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. Stinamiglio
Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101329**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

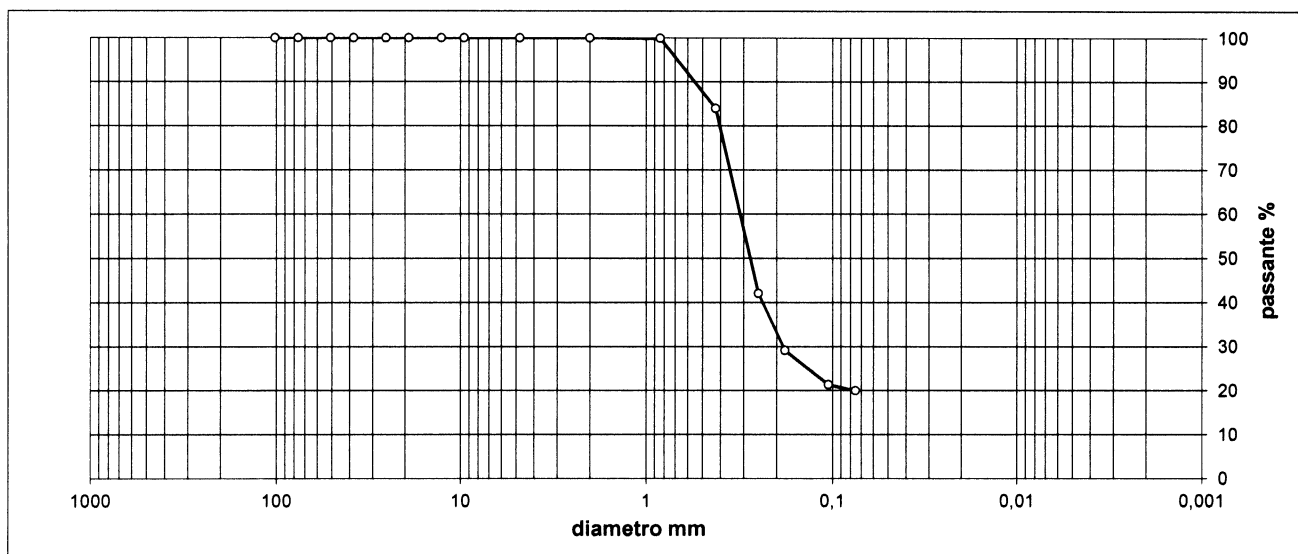
Camp.: SPT3

Prof.: 12,00

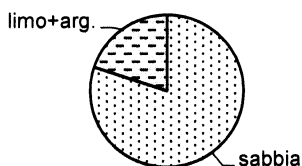
ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	100,00
No. 20	0,84	0,12	99,88
No. 40	0,43	15,95	83,93
No. 60	0,25	41,91	42,02
No. 80	0,18	12,93	29,09
No. 140	0,105	7,73	21,36
No. 200	0,075	1,44	19,92



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
0,00	0,00	0,00	0,00	9,35	57,87	12,86	19,92



classificazione geotecnica: sabbia limosa grigia

UNI 11531-1 ---

Ig ---

USCS ---

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Siorre

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

CERTIFICATO N° **101330**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 27/07/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

Camp.: SPT4

Prof.: 19,00

CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA VISIVA

Tipologia campione: rimaneggiato contenuto in sacchetto

Classificazione geotecnica: argilla limosa grigia

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe **ND**lg **ND**Classificazione USCS: **ND**

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. SymamiglioDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

CERTIFICATO N° **101331**

pag. 1/1

emesso il 08/08/18

Verbale di Accettazione n. 32218

data ricevimento campione 26/07/18

data prova 01/08/18

COMMITTENTE: AIPO - Parma

CANTIERE: Argine maestro in sinistra del fiume Po tra gli stanti 163-164 - Comune di Ficarolo (RO)

Sond./Prel.: S1

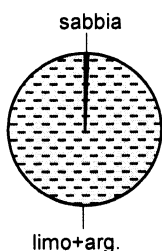
Camp.: SPT4

Prof.: 19,00

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	100,00
No. 20	0,84	0,00	100,00
No. 40	0,43	0,00	100,00
No. 60	0,25	0,00	100,00
No. 80	0,18	0,00	100,00
No. 140	0,105	0,00	100,00
No. 200	0,075	0,68	99,32



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	99,32

classificazione geotecnica: argilla limosa grigia

UNI 11531-1 ---

Ig ---

USCS ---

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

Allegato 4

*Report indagine geofisica con tomografia
elettrica (ERT)*



INDICE

1	Premessa	2
2	Limitazioni responsabilità.....	2
3	Inquadramento del territorio	3
4	Metodologia delle operazioni di rilievo ed acquisizione dei dati.....	4
4.1	Indagini Geoelettriche: Metodologie e strumentazione utilizzate	4
4.2	Rilievo Topografico: Metodologie e strumentazione utilizzate	6
5	Analisi ed elaborazione dei dati	6
5.1	Dati Geoelettrici – Tomografie Elettriche	6

INDICE ALLEGATI

Allegato 01	ATLANTE FOTOGRAFICO E TAVOLE ELABORAZIONI
-------------	---

1 Premessa

Sevizi Geologici sas è stata incaricata da AIPO (Agenzia Interregionale Fiume PO) di eseguire delle indagini geoelettriche finalizzate alla mappatura del sottosuolo dell'argine sinistro del fiume Po, interessato da un fenomeno franoso, nel comune di Ficarolo (Ro).

In particolare le indagini geofisiche avevano come scopo:

- La ricostruzione stratigrafica e strutturale dell'argine sinistro del fiume Po, di modo da individuare litologie rappresentanti zone di circolazione preferenziali di acqua, connesse al fenomeno franoso.

La strumentazione geofisica utilizzata è stata:

- Georesistivimetro IRIS Syscal Pro a 48 canali per le acquisizioni della tomografia elettrica.

La tecnica di prospezione geofisica utilizzata è stata la tomografia elettrica 2D. In particolare sono state effettuate:

- nr. 7 tomografie elettriche longitudinali all'asse dell'argine con configurazione Dipolo Dipolo, di cui 6 sono state eseguite nella parte bassa dell'argine, con interdistanza elettroica di 1m e una, sulla parte superiore dell'argine (bordo strada), con interdistanza di 5m, ciò ha permesso di raggiungere profondità di investigazione che vanno dai 10 ai 20 m. Al fine di garantire una mappatura continua dell'argine le tomografie elettriche sono state eseguite applicando la tecnica di avanzamento denominata "Roll Along", per cui la tomografia precedente e quella successiva hanno in comune 24 elettrodi su 48.

Le indagini sono state eseguite nel giorno 3 settembre 2018.

2 Limitazioni responsabilità

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute ma anche di calcoli e di valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione.

Le stime e le considerazioni espresse nella presente relazione sono basate su informazioni acquisite o comunque disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, nonché dal programma di lavoro concordato con il Cliente.

E' importante ricordare che le procedure di misura impiegate per l'indagine geofisica si basano su tecniche di esplorazione indiretta che, nonostante siano utilizzate allo stato dell'arte sia delle conoscenze scientifiche che degli avanzamenti tecnologici, hanno una serie di intrinseche limitazioni. L'indagine geofisica non può, infatti, sostituire integralmente l'esplorazione diretta.

Questo rapporto si basa inoltre sulla conoscenza professionale degli attuali standard e codici, tecnologia e legislazione della Comunità Europea. Modifiche e aggiornamenti di quanto sopra citato

potrebbero rendere inappropriate o scorrette le conclusioni, le raccomandazioni e le indicazioni stilate nel testo.

Le conclusioni ed i suggerimenti operativi contenuti nel presente rapporto vanno intesi come proposte di intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato.

Con il presente rapporto non si intende, inoltre, fornire alcuna garanzia, espressa o implicita, utilizzabile per qualsiasi finalità, relativa allo stato di qualità ambientale di settori di proprietà non indagati e, più in generale, al valore commerciale del sito in argomento.

Si tiene a precisare, infine, che le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere legale.

Gli Autori rispondono unicamente al Committente circa la corrispondenza del rapporto emesso, in ordine agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico, e non possono farsi carico di responsabilità per danni, rivendicazioni, perdite, azioni o spese, qualora subite anche da terzi, come risultato di decisioni prese o azioni condotte e basate sul rapporto stesso.

3 Inquadramento del territorio

L'area oggetto di indagine corrisponde all'argine sinistro del fiume Po nel territorio comunale di Ficarolo (RO).



Immagine satellitare dell'area in esame (Google Earth)

4 Metodologia delle operazioni di rilievo ed acquisizione dei dati

Le informazioni pre-esistenti, rese disponibili dalla Committenza, dalle indagini dirette (sondaggi e prove penetrometriche effettuate dagli scriventi) e i test effettuati in situ al fine di verificare la qualità dei risultati prima di procedere con le acquisizioni hanno permesso di definire le migliori metodologie ed i parametri di acquisizione più idonei per l'esecuzione e l'elaborazione delle indagini geofisiche. L'ubicazione delle linee è riportata nelle tavole allegate.

4.1 INDAGINI GEOELETTRICHE: METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATE

Le prospezioni geoelettriche di **resistività** si basano sugli effetti sotterranei di una corrente elettrica, rilevabili in superficie attraverso misure di differenza di potenziale o intensità di corrente. Con il metodo della Resistività viene immessa nel sottosuolo una corrente elettrica che determina una differenza di potenziale e condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista o sia elevato il contrasto di resistività tra gli oggetti dell'indagine. Grazie, quindi, all'esecuzione di tomografie elettriche ed alla misura dei valori di resistività è possibile individuare discontinuità di resistività sia in profondità che laterali al terreno ed in condizioni di presenza d'acqua di falda. Tale metodo permette di delimitare in sezione ed in volume anomalie generate da strutture localizzate come corpi e strutture in genere.

La strumentazione impiegata per l'esecuzione dei profili ERT consiste in un **georesistivimetro a 48 elettrodi IRIS Syscal PRO**.



IRIS SYSCAL PRO 48 CANALI

Il sistema integra un'unità di energizzazione (capace di una tensione massima di 800 V), una matrice di commutazione per l'indirizzamento dei quadripoli elettrodici, un canale di lettura e un'unità di misura delle tensioni e delle correnti.

Il metodo geo-elettrico consiste in una determinazione sperimentale della distribuzione di resistività (ρ) nel sottosuolo effettuando delle misure dalla superficie. Le misure di resistività vengono effettuate iniettando una corrente elettrica nel terreno mediante una coppia di elettrodi (generalmente indicati con A e B) e sulla misura dei potenziali elettrici attraverso una seconda coppia di elettrodi, generalmente indicati come M ed N. Dall'intensità della corrente (I) e della tensione (V) è possibile calcolare il valore della resistività apparente (ρ_a) secondo la (1):

$$\rho_a = \frac{KV}{I} \quad (1)$$

dove K è il fattore geometrico che dipende dalla disposizione spaziale del quadripolo di misura. I georesistivimetri misurano generalmente un valore di resistenza $R = V/I$ dal quale si calcola la resistività apparente come:

$$\rho_a = K \cdot R \quad (2)$$

La resistività così ottenuta non è la vera resistività del sottosuolo ma un valore apparente definito come la resistività di un terreno omogeneo che darà lo stesso valore di resistenza per la medesima disposizione del quadripolo. La relazione tra la resistività apparente e la resistività vera è di tipo complesso. Per determinare la vera resistività è necessario applicare un processo di inversione alle misure di resistività apparente. La distribuzione ed il numero dei punti di misura nel sottosuolo è in stretta dipendenza con le geometrie del quadripolo base e con le combinazioni del quadripolo base programmate nella sequenza di misura.

Il concetto di inversione in geofisica equivale alla costruzione di un modello fisico che generi un responso simile a quello delle misure. Questo modello sarà costituito da una serie di parametri che sono le quantità fisiche che noi vogliamo stimare dai nostri dati. Il responso del modello altro non è che un dato sintetico calcolato per un certo insieme di questi parametri. In generale tutte le tecniche di inversione tentano di determinare un modello del sottosuolo il cui responso sintetico sia simile ai dati misurati e che sia soggetto a certi requisiti. Nel caso delle tomografie elettriche i parametri del modello sono i valori di resistività delle celle del modello stesso, mentre i dati sono le misure di resistività apparente.

La relazione matematica tra parametri del modello e responso del modello si ottiene mediante tecniche di calcolo numerico basate su codici alle differenze o agli elementi finiti. In tutte le tecniche di ottimizzazione, il modello iniziale viene modificato in modo iterativo affinché le differenze tra il responso del modello ed i dati misurati siano progressivamente ridotte.

4.2 RILIEVO TOPOGRAFICO: METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATE

Come riportato in precedenza, al fine di ubicare correttamente gli stendimenti e consentire il successivo processing dei dati è stato effettuato un apposito rilievo topografico con strumentazione GPS.

Successivamente si è provveduto a realizzare un rilievo topografico delle aree d'interesse con lo scopo di mapparne nel dettaglio la morfologia, indispensabile per comprendere e correlare le evidenze di superficie con le informazioni inerenti il sottosuolo.

Tutti gli elementi del rilievo sono stati georeferenziati mediante rilievo GPS con strumentazione GPS/GNSS TrimbleR8s in modalità Real-Time.

Da un punto di vista metodologico il rilievo è stato effettuato in modalità Real-Time VRS. La precisione di questa configurazione di misura non è risultata inferiore ai 15mm +1ppm in planimetria e 20mm + 2ppm in quota.

La restituzione e proiezione su sistema UTM fuso 32N è stata eseguita attraverso il software topografico MERIDIANA con conversione delle coordinate native WGS 84.

5 Analisi ed elaborazione dei dati

5.1 DATI GEOELETTRICI – TOMOGRAFIE ELETTRICHE

Per il trattamento numerico dei dati sono stati utilizzati i software per l'elaborazione dei dati geoelettrici Prosys della Iris Instruments e ERTLab della Geostudi Astier.

I dati sono stati convertiti dal formato interno dello strumento ad un formato ASCII standard e successivamente nel formato dei codici utilizzati per il trattamento. Le misure di resistività sono state controllate manualmente per verificarne la congruenza e, nel caso di deviazioni significative, il punto-misura è stato rimosso dall'insieme.

Dall'analisi delle sezioni della resistività apparente, ottenute con le configurazioni e geometrie scelte per le misure, è possibile verificare la buona qualità dei dati raccolti, che permettono di riscontrare già in fase preliminare il raggiungimento degli obiettivi preposti.



ALLEGATO 1
ATLANTE FOTOGRAFICO



Foto 1 Acquisizione linee elettriche longitudinali all'asse dell'argine del fiume Po (parte inferiore dell'argine).



Foto 2 Acquisizione linee elettriche longitudinali all'asse dell'argine del fiume Po (parte superiore dell'argine).



Foto 3 Strumentazione elettrica IRIS SYSCAL PRO 48canali.



Foto 4 Rilievo GPS con strumentazione GPS/GNSS TrimbleR8s in modalità Real-Time.

LEGENDA:

- ×

272.30

Punto misurato

Quota a terra
- s1

164.51

Sondaggio
- cordolo

Indicazioni

Linea Indagine

Geo Elettrica

PLANIMETRIA GENERALE
SCALA 1:500

CPT1

S1

CPT2

CPT3 III

CPT3

CPT3 I

CPT3 IV

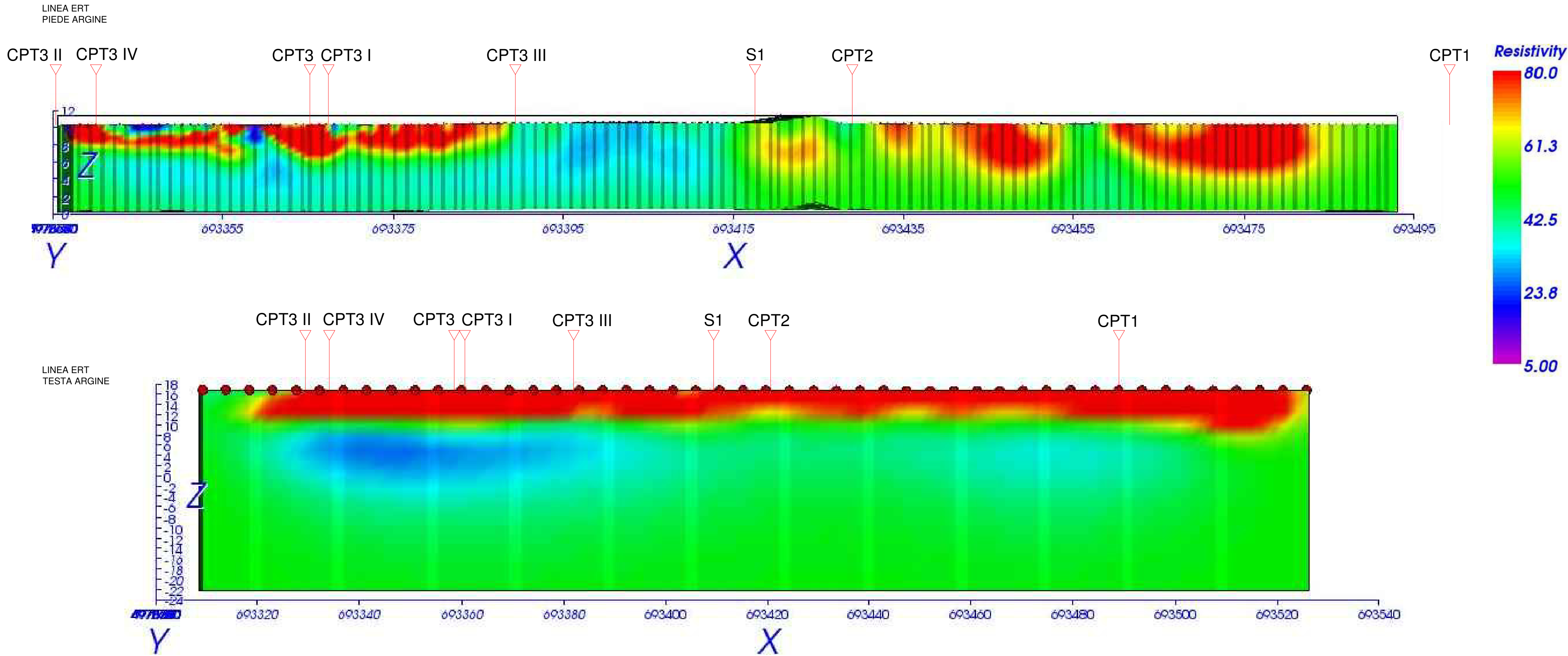
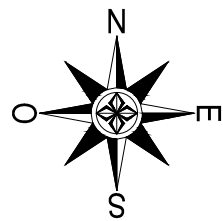
CPT3 II

LINEA ERT
TESTA ARGINE

LINEA ERT
PIEDE ARGINE

VISTA SEZIONI ERT

Scala 1:500
0 5 12.5 25 50

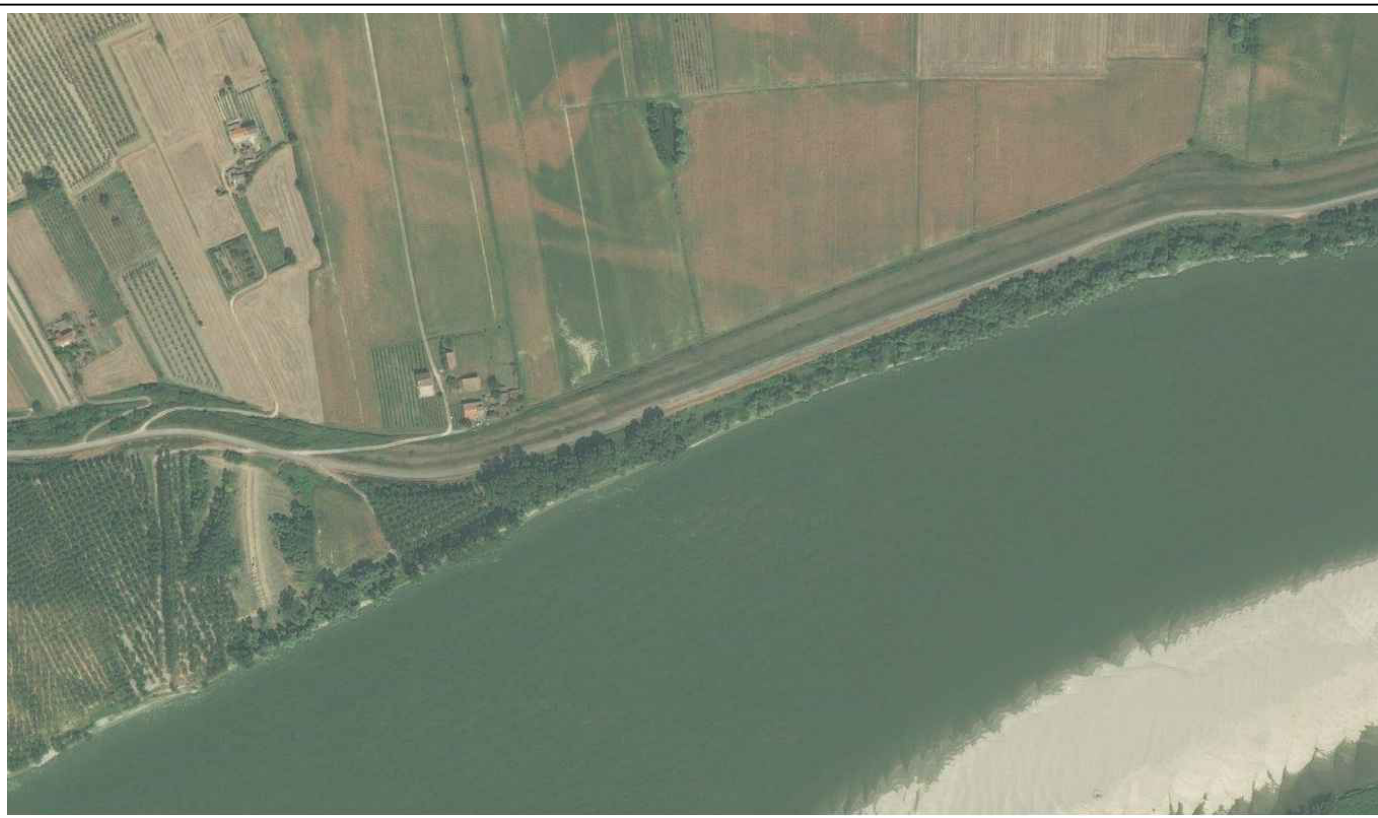


COMMITTENTE

Agenzia Interregionale per il fiume Po
Strada Giuseppe Garibaldi 75
43121 Parma
protocollo@cert.agenziapo.it
C. F.: 92116650349
P. IVA: 02297750347

CONSULENTI TECNICI

Servizi Geologici s.a.s.
di Morfin Francesco e C.
Via Busiagio 108/2
35010 Campo San Martino (PD)
Tel 049 9620033



LUOGO COMUNE DI FICAROLO (RO)		DATA RILIEVO 03-09-2018
OGGETTO INDAGINE GEOFISICA CON METODO GEOELETTTRICO E RILIEVO TOPOGRAFICO GEOREFERENZIATO PER LA MAPPATURA DELLA RESISTIVITÀ DEL SOTTOSUOLO		DATA CONSEGNA 11-09-2018
ELABORATO PLANIMETRIA E SEZIONI ERT		CODICE COMMESSA C 493/18
Servizi Geologici s.a.s		REVISIONE 00 TAVOLA A01
		SCALA 1:500 FILE DI STAMPA BASE - 2018.ctb

Il presente elaborato è di proprietà di Servizi Geologici s.a.s. e non può essere modificato, distribuito o in altro modo utilizzato senza l'autorizzazione scritta di Servizi Geologici s.a.s.

Allegato 5

*Report indagine sismica passiva con
tomografo digitale (Tromino)*

C4323 - AIPO AIPO FICAROLO

Instrument: TRZ-0027/01-09

Start recording: 03/09/18 15:21:04 End recording: 03/09/18 15:41:04

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

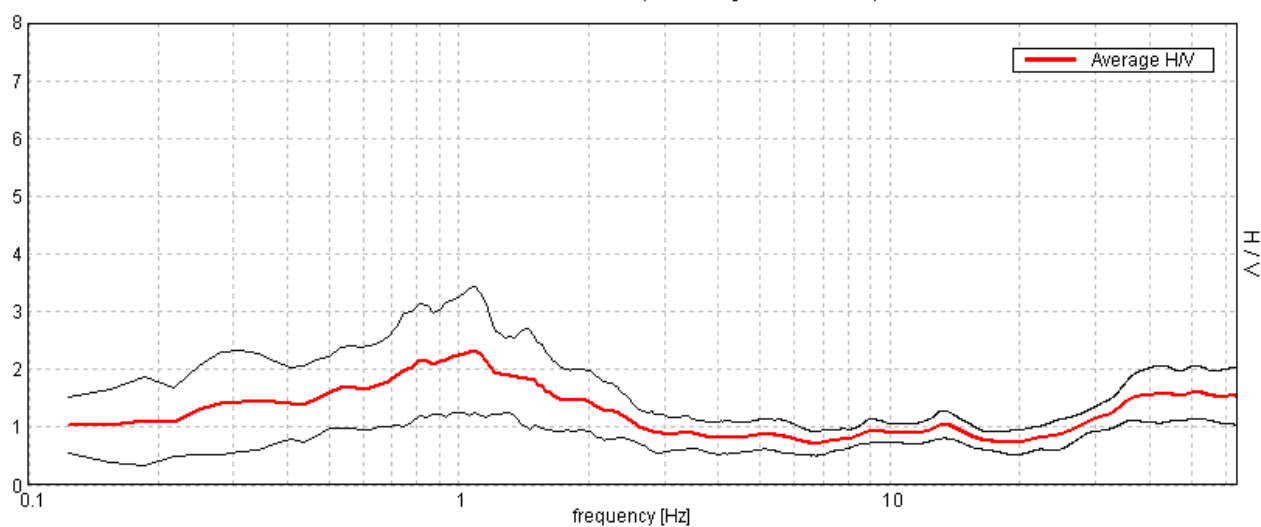
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

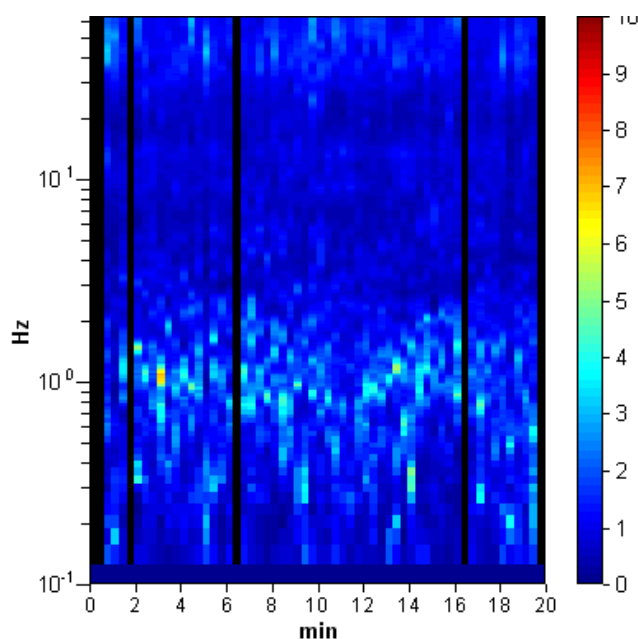
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

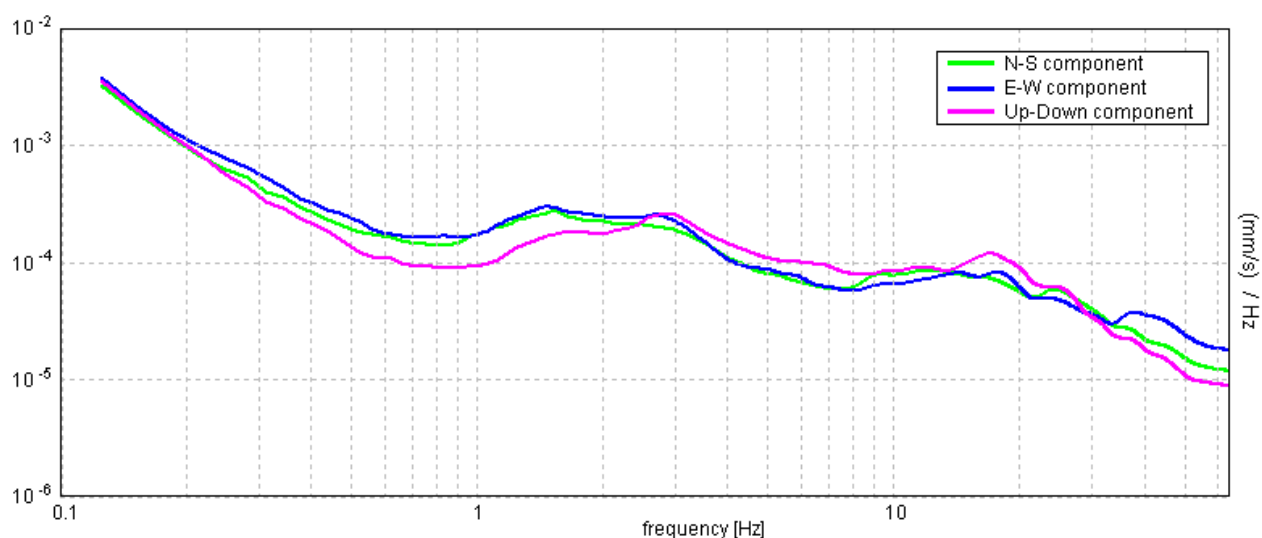
Max. H/V at 1.09 ± 2.92 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

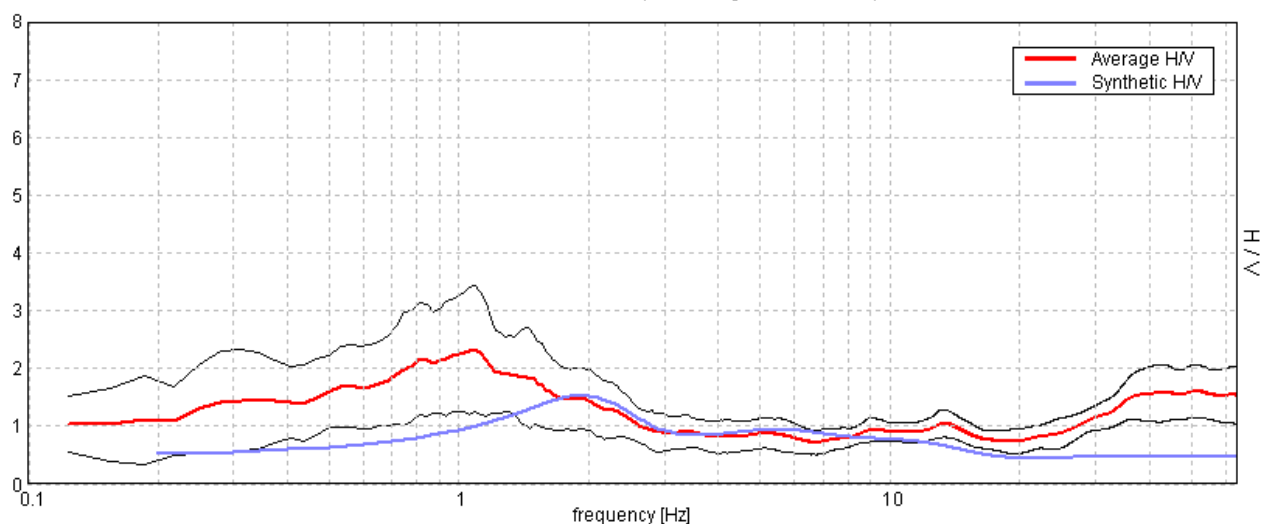


SINGLE COMPONENT SPECTRA



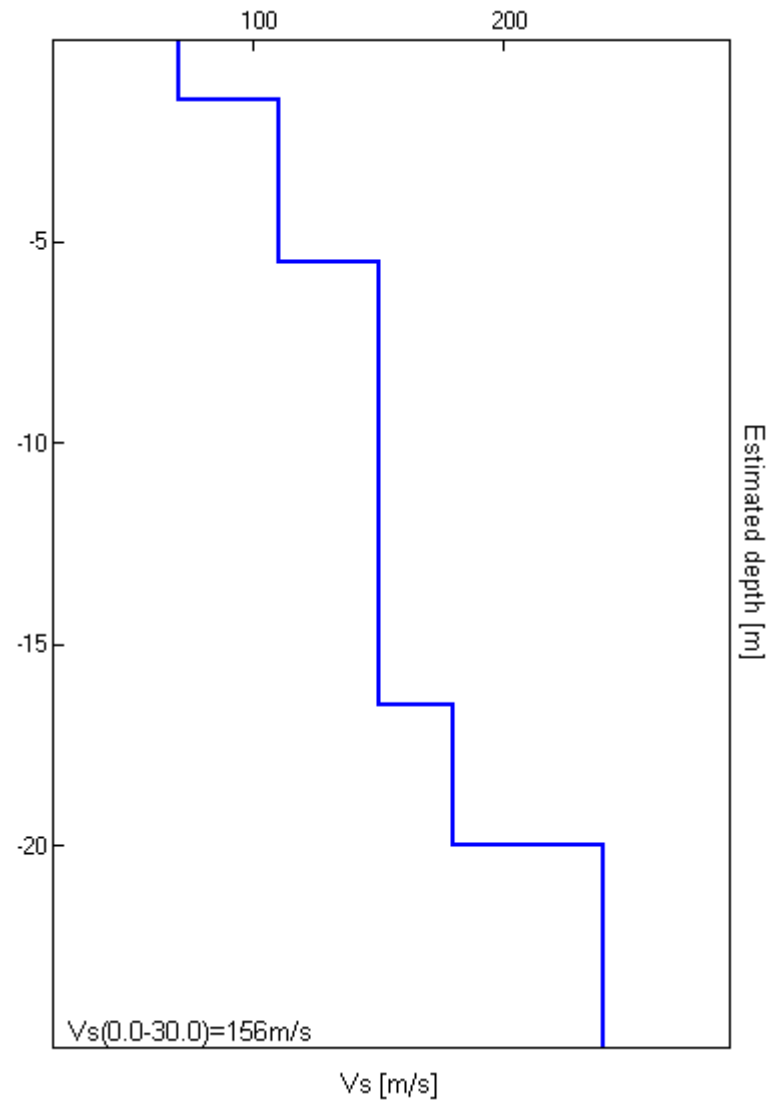
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.09 ± 2.92 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	70	0.35
5.50	4.00	110	0.35
16.50	11.00	150	0.35
20.00	3.50	180	0.35
inf.	inf.	240	0.35

Vs(0.0-30.0)=156m/s





INDICE

1	Premessa	2
2	Limitazioni responsabilità.....	2
3	Inquadramento del territorio	3
4	Metodologia delle operazioni di rilievo ed acquisizione dei dati.....	4
4.1	Indagini Geoelettriche: Metodologie e strumentazione utilizzate	4
4.2	Rilievo Topografico: Metodologie e strumentazione utilizzate	6
5	Analisi ed elaborazione dei dati	6
5.1	Dati Geoelettrici – Tomografie Elettriche	6

INDICE ALLEGATI

Allegato 01	ATLANTE FOTOGRAFICO E TAVOLE ELABORAZIONI
-------------	---

1 Premessa

Sevizi Geologici sas è stata incaricata da AIPO (Agenzia Interregionale Fiume PO) di eseguire delle indagini geoelettriche finalizzate alla mappatura del sottosuolo dell'argine sinistro del fiume Po, interessato da un fenomeno franoso, nel comune di Ficarolo (Ro).

In particolare le indagini geofisiche avevano come scopo:

- La ricostruzione stratigrafica e strutturale dell'argine sinistro del fiume Po, di modo da individuare litologie rappresentanti zone di circolazione preferenziali di acqua, connesse al fenomeno franoso.

La strumentazione geofisica utilizzata è stata:

- Georesistivimetro IRIS Syscal Pro a 48 canali per le acquisizioni della tomografia elettrica.

La tecnica di prospezione geofisica utilizzata è stata la tomografia elettrica 2D. In particolare sono state effettuate:

- nr. 7 tomografie elettriche longitudinali all'asse dell'argine con configurazione Dipolo Dipolo, di cui 6 sono state eseguite nella parte bassa dell'argine, con interdistanza elettroica di 1m e una, sulla parte superiore dell'argine (bordo strada), con interdistanza di 5m, ciò ha permesso di raggiungere profondità di investigazione che vanno dai 10 ai 20 m. Al fine di garantire una mappatura continua dell'argine le tomografie elettriche sono state eseguite applicando la tecnica di avanzamento denominata "Roll Along", per cui la tomografia precedente e quella successiva hanno in comune 24 elettrodi su 48.

Le indagini sono state eseguite nel giorno 3 settembre 2018.

2 Limitazioni responsabilità

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute ma anche di calcoli e di valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione.

Le stime e le considerazioni espresse nella presente relazione sono basate su informazioni acquisite o comunque disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, nonché dal programma di lavoro concordato con il Cliente.

E' importante ricordare che le procedure di misura impiegate per l'indagine geofisica si basano su tecniche di esplorazione indiretta che, nonostante siano utilizzate allo stato dell'arte sia delle conoscenze scientifiche che degli avanzamenti tecnologici, hanno una serie di intrinseche limitazioni. L'indagine geofisica non può, infatti, sostituire integralmente l'esplorazione diretta.

Questo rapporto si basa inoltre sulla conoscenza professionale degli attuali standard e codici, tecnologia e legislazione della Comunità Europea. Modifiche e aggiornamenti di quanto sopra citato

potrebbero rendere inappropriate o scorrette le conclusioni, le raccomandazioni e le indicazioni stilate nel testo.

Le conclusioni ed i suggerimenti operativi contenuti nel presente rapporto vanno intesi come proposte di intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato.

Con il presente rapporto non si intende, inoltre, fornire alcuna garanzia, espressa o implicita, utilizzabile per qualsiasi finalità, relativa allo stato di qualità ambientale di settori di proprietà non indagati e, più in generale, al valore commerciale del sito in argomento.

Si tiene a precisare, infine, che le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere legale.

Gli Autori rispondono unicamente al Committente circa la corrispondenza del rapporto emesso, in ordine agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico, e non possono farsi carico di responsabilità per danni, rivendicazioni, perdite, azioni o spese, qualora subite anche da terzi, come risultato di decisioni prese o azioni condotte e basate sul rapporto stesso.

3 Inquadramento del territorio

L'area oggetto di indagine corrisponde all'argine sinistro del fiume Po nel territorio comunale di Ficarolo (RO).



Immagine satellitare dell'area in esame (Google Earth)

4 Metodologia delle operazioni di rilievo ed acquisizione dei dati

Le informazioni pre-esistenti, rese disponibili dalla Committenza, dalle indagini dirette (sondaggi e prove penetrometriche effettuate dagli scriventi) e i test effettuati in situ al fine di verificare la qualità dei risultati prima di procedere con le acquisizioni hanno permesso di definire le migliori metodologie ed i parametri di acquisizione più idonei per l'esecuzione e l'elaborazione delle indagini geofisiche. L'ubicazione delle linee è riportata nelle tavole allegate.

4.1 INDAGINI GEOELETTRICHE: METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATE

Le prospezioni geoelettriche di **resistività** si basano sugli effetti sotterranei di una corrente elettrica, rilevabili in superficie attraverso misure di differenza di potenziale o intensità di corrente. Con il metodo della Resistività viene immessa nel sottosuolo una corrente elettrica che determina una differenza di potenziale e condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista o sia elevato il contrasto di resistività tra gli oggetti dell'indagine. Grazie, quindi, all'esecuzione di tomografie elettriche ed alla misura dei valori di resistività è possibile individuare discontinuità di resistività sia in profondità che laterali al terreno ed in condizioni di presenza d'acqua di falda. Tale metodo permette di delimitare in sezione ed in volume anomalie generate da strutture localizzate come corpi e strutture in genere.

La strumentazione impiegata per l'esecuzione dei profili ERT consiste in un **georesistivimetro a 48 elettrodi IRIS Syscal PRO**.



IRIS SYSCAL PRO 48 CANALI

Il sistema integra un'unità di energizzazione (capace di una tensione massima di 800 V), una matrice di commutazione per l'indirizzamento dei quadripoli elettrodici, un canale di lettura e un'unità di misura delle tensioni e delle correnti.

Il metodo geo-elettrico consiste in una determinazione sperimentale della distribuzione di resistività (ρ) nel sottosuolo effettuando delle misure dalla superficie. Le misure di resistività vengono effettuate iniettando una corrente elettrica nel terreno mediante una coppia di elettrodi (generalmente indicati con A e B) e sulla misura dei potenziali elettrici attraverso una seconda coppia di elettrodi, generalmente indicati come M ed N. Dall'intensità della corrente (I) e della tensione (V) è possibile calcolare il valore della resistività apparente (ρ_a) secondo la (1):

$$\rho_a = \frac{KV}{I} \quad (1)$$

dove K è il fattore geometrico che dipende dalla disposizione spaziale del quadripolo di misura. I georesistivimetri misurano generalmente un valore di resistenza $R = V/I$ dal quale si calcola la resistività apparente come:

$$\rho_a = K \cdot R \quad (2)$$

La resistività così ottenuta non è la vera resistività del sottosuolo ma un valore apparente definito come la resistività di un terreno omogeneo che darà lo stesso valore di resistenza per la medesima disposizione del quadripolo. La relazione tra la resistività apparente e la resistività vera è di tipo complesso. Per determinare la vera resistività è necessario applicare un processo di inversione alle misure di resistività apparente. La distribuzione ed il numero dei punti di misura nel sottosuolo è in stretta dipendenza con le geometrie del quadripolo base e con le combinazioni del quadripolo base programmate nella sequenza di misura.

Il concetto di inversione in geofisica equivale alla costruzione di un modello fisico che generi un responso simile a quello delle misure. Questo modello sarà costituito da una serie di parametri che sono le quantità fisiche che noi vogliamo stimare dai nostri dati. Il responso del modello altro non è che un dato sintetico calcolato per un certo insieme di questi parametri. In generale tutte le tecniche di inversione tentano di determinare un modello del sottosuolo il cui responso sintetico sia simile ai dati misurati e che sia soggetto a certi requisiti. Nel caso delle tomografie elettriche i parametri del modello sono i valori di resistività delle celle del modello stesso, mentre i dati sono le misure di resistività apparente.

La relazione matematica tra parametri del modello e responso del modello si ottiene mediante tecniche di calcolo numerico basate su codici alle differenze o agli elementi finiti. In tutte le tecniche di ottimizzazione, il modello iniziale viene modificato in modo iterativo affinché le differenze tra il responso del modello ed i dati misurati siano progressivamente ridotte.

4.2 RILIEVO TOPOGRAFICO: METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATE

Come riportato in precedenza, al fine di ubicare correttamente gli stendimenti e consentire il successivo processing dei dati è stato effettuato un apposito rilievo topografico con strumentazione GPS.

Successivamente si è provveduto a realizzare un rilievo topografico delle aree d'interesse con lo scopo di mapparne nel dettaglio la morfologia, indispensabile per comprendere e correlare le evidenze di superficie con le informazioni inerenti il sottosuolo.

Tutti gli elementi del rilievo sono stati georeferenziati mediante rilievo GPS con strumentazione GPS\GNSS TrimbleR8s in modalità Real-Time.

Da un punto di vista metodologico il rilievo è stato effettuato in modalità Real-Time VRS. La precisione di questa configurazione di misura non è risultata inferiore ai 15mm +1ppm in planimetria e 20mm + 2ppm in quota.

La restituzione e proiezione su sistema UTM fuso 32N è stata eseguita attraverso il software topografico MERIDIANA con conversione delle coordinate native WGS 84.

5 Analisi ed elaborazione dei dati

5.1 DATI GEOELETTRICI – TOMOGRAFIE ELETTRICHE

Per il trattamento numerico dei dati sono stati utilizzati i software per l'elaborazione dei dati geoelettrici Prosys della Iris Instruments e ERTLab della Geostudi Astier.

I dati sono stati convertiti dal formato interno dello strumento ad un formato ASCII standard e successivamente nel formato dei codici utilizzati per il trattamento. Le misure di resistività sono state controllate manualmente per verificarne la congruenza e, nel caso di deviazioni significative, il punto-misura è stato rimosso dall'insieme.

Dall'analisi delle sezioni della resistività apparente, ottenute con le configurazioni e geometrie scelte per le misure, è possibile verificare la buona qualità dei dati raccolti, che permettono di riscontrare già in fase preliminare il raggiungimento degli obiettivi preposti.



ALLEGATO 1
ATLANTE FOTOGRAFICO



Foto 1 Acquisizione linee elettriche longitudinali all'asse dell'argine del fiume Po (parte inferiore dell'argine).



Foto 2 Acquisizione linee elettriche longitudinali all'asse dell'argine del fiume Po (parte superiore dell'argine).



Foto 3 Strumentazione elettrica IRIS SYSCAL PRO 48canali.



Foto 4 Rilievo GPS con strumentazione GPS\GNSS TrimbleR8s in modalità Real-Time.

LEGENDA:

×

272.30

Punto misurato

Quota a terra

⊙

s1

164.51

Sondaggio

cordolo

Indicazioni

Linea Indagine

Geo Elettrica

PLANIMETRIA GENERALE
SCALA 1:500

LINEA ERT
TESTA ARGINE

LINEA ERT
PIEDE ARGINE

CPT1

CPT2

S1

CPT3 III

CPT3 I

CPT3 II

CPT3 IV

VISTA SEZIONI ERT

Scala 1:500

0 5 12.5 25 50

N
O
S

LINEA ERT
PIEDE ARGINE

CPT3 II

CPT3 IV

CPT3 I

CPT3 III

S1

CPT2

CPT1

Resistivity

80.0

61.3

42.5

23.8

5.00

Z

X

LINEA ERT
TESTA ARGINE

CPT3 II

CPT3 IV

CPT3 I

CPT3 III

S1

CPT2

CPT1

Z

X

COMMITTENTE

Agenzia Interregionale per il fiume Po
Strada Giuseppe Garibaldi 75
43121 Parma
protocollo@ierl.agenziaipo.it
C. F.: 92116650349
P. IVA: 02297750347

CONSULENTI TECNICI

Servizi Geologici s.a.s.
di Morfin Francesco e C.
Via Busiagio 108/2
35010 Campo San Martino (PD)
Tel 049 9620033

LUOGO COMUNE DI FICAROLO (RO)		DATA RILIEVO 03-09-2018	
OGGETTO INDAGINE GEOFISICA CON METODO GEOELETTTRICO E RILIEVO TOPOGRAFICO GEOREFERENZIATO PER LA MAPPATURA DELLA RESISTIVITÀ DEL SOTTOSUOLO		DATA CONSEGNA 11-09-2018	
ELABORATO PLANIMETRIA E SEZIONI ERT		CODICE COMMESSA C 493/18	
Servizi Geologici s.a.s		REVISIONE 00	TAVOLA A01
		SCALA 1:500	FILE DI STAMPA BASE - 2018.ctb

Il presente elaborato è di proprietà di Servizi Geologici s.a.s. e non può essere modificato, distribuito o in altro modo utilizzato senza l'autorizzazione scritta di Servizi Geologici s.a.s.