

REGIONE TOSCANA



## REGIONE TOSCANA

Direzione Difesa del Suolo e  
Protezione Civile

LAVORI DI ADEGUAMENTO STATICO DEL TORRENTE CARRIONE A VALLE DEL PONTE  
DELLA RFI LINEA PI-GE.

TRATTO DA PONTE DELLA RFI LINEA PI-GE A PONTE DI VIA MENCONI.

2° LOTTO

CIG: 6756773976

CUP: F83B08000130002

## PROGETTO ESECUTIVO



Elaborato n. :

E.03.01

Scala:

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA SULLE INDAGINI

REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
1	Agosto 2016	Emissione		CECCARELLI	CECCARELLI
2	Ottobre 2016	Revisione aggiunta rampa			

PROGETTO:

Ing. MARCO GIOVANNI CECCARELLI  
V.le Puccini, 1780 55100 - LUCCA  
Tel.: 0583/511648 - Fax: 0583/511030  
E-mail: tecnico@deltaingegneriasrl.com

Dott. Geol. GIORGIO MAZZANTI  
Regione Toscana

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. LUIGI D'ARGLIANO  
Regione Toscana

IL R.U.P.:

Dott. Ing. ANDREA MORELLI  
Regione Toscana

019-2016

SOMMARIO

1. PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI	pag. 2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	pag. 2
2.1 Geologia e Geomorfologia	pag. 2
2.2 Idrografia e Idrogeologia	pag. 3
3. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA	pag. 5
3.1 Campagna geognostica	pag. 5
3.2 Stratigrafia di dettaglio del sito (Condominio l'Argine)	pag. 6
3.3.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni (valutazione dei valori geotecnici medi Condominio l'Argine)	pag. 7
3.3.2 Caratterizzazione geotecnica dei terreni (valutazione dei valori geotecnici caratteristici Cond. Argine)	pag. 8
3.4.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni (valutazione dei valori geotecnici medi Segheria Vennai)	pag. 9
3.4.2 Caratterizzazione geotecnica dei terreni (valutazione dei valori geotecnici caratteristici Seg. Vennai)	pag. 9
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	pag. 10
4.1 Generalità	pag. 10
4.2 Pericolosità sismica di base	pag. 11
4.3 Categorie di sottosuolo e coefficienti sismici	pag. 13
5. CONCLUSIONI	pag. 15

TAVOLA 1 – COROGRAFIA scala 1:25.000

TAVOLA 2 - CARTA GEOLOGICA scala 1:10.000

TAVOLA 3 - PLANIMETRIA DEI SONDAGGI E PROVE PENETROMETRICHE

TAVOLA 4 - SEZIONI TIPO ZONA CONDOMINIO L'ARGINE

TAVOLA 5 – SEZIONE TIPO ZONA SEGHERIA VENNAI

ALL. 1 – RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE (GeoTirreno)

ALL. 2 – STRATIGRAFIE INTERPRETATIVE INDAGINI GEOELETTRICHE (Eptaconsult)

ALL. 3 – INDAGINI SISMICHE DI RIFERIMENTO

ALL. 4 – CALCOLI SISMICI GEOSTRU

## **1. PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI**

L'intervento di adeguamento statico degli argini del Torrente Carrione a valle del ponte ferroviario (linea Genova-Pisa) è inserito nel *Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio idraulico sul bacino del Torrente Carrione*, elaborato dal settore Assetto Idrogeologico ed approvato con delibera di Giunta regionale n. 779 dell'1 agosto 2016.

Il presente studio riguarda il tratto di corso d'acqua sopra descritto ed è stato redatto in osservanza alle NTC 2008 di cui al D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

In materia di rischio sismico è stata osservata la riclassificazione sismica del territorio regionale, attuazione del D.M. 14 settembre 2005 e ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 (G.U. 108 11 maggio 2006), in particolare la deliberazione di giunta regionale 19 giugno 2006, n°431.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

L'area d'intervento è ubicata lungo l'asta idrica del torrente Carrione nella pianura costiera apuo-versiliese, nel centro abitato di Avenza ed il mare, all'incirca a metà della distanza tra il mare ed i primi rilievi collinari. (Tav. 1 Corografia).

### **2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA**

La pianura apuana fa parte, geologicamente, di un'area subsidente delimitata ad est dalle Alpi Apuane e ad ovest dalla dorsale sommersa della Meloria – Maestra. Questa depressione è il risultato di uno sprofondamento per faglie dirette iniziato a partire dal Miocene superiore a seguito della fase tettonica distensiva successiva all'orogenesi appenninica. A partire dal Pleistocene superiore (125.000 anni fa) e fino all'Olocene (circa 10.000 anni fa) nella costruzione del litorale apuo-versiliese hanno avuto importanza le oscillazioni climatiche con le conseguenti variazioni del livello del mare.

La situazione attuale è il prodotto dell'ultimo grande evento climatico verificatosi e cioè il periodo glaciale conosciuto come "Würm" che ha messo in gioco, in conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai, una grande quantità d'acqua che ha eroso e trasportato a valle enormi masse di detriti. La deposizione di questi materiali ha dato luogo alla formazione del cono di deiezione del torrente Carrione il cui accrescimento è avvenuto, verosimilmente, dal Pleistocene (fasi Würmiane) sino alle fasi climatiche più umide dell'Olocene dopo le quali, la diminuita piovosità e un generale aumento delle temperature, ha interrotto la fase deposizionale e il corso d'acqua ha inciso i propri sedimenti praticando prima un profondo solco al loro interno e quindi asportandoli quasi completamente. Il cono di deiezione formato dal torrente Carrione si sviluppa verso mare con pendenza uni-

forme e si raccorda alla pianura costiera in corrispondenza di un gradino morfologico, non sempre rilevabile, il cui limite corrisponde, all'incirca, alla via provinciale Massa-Avenza.

Il gradino morfologico delle conoidi fluviali rappresenta l'antica ripa marina di erosione della trasgressione Versiliana, ovvero il punto massimo raggiunto dal livello medio marino a causa dello scioglimento dei ghiacciai (circa 10.000 anni fa). Il successivo apporto di sedimenti dai grandi fiumi (il Magra a nord, il Serchio e l'Arno a sud) ha originato una serie di tomboli sabbiosi paralleli alla linea di riva. L'accrescimento e l'unione di più tomboli hanno dato luogo alla formazione del litorale attuale, delle dune retrostanti e di un'ampia fascia lacustre e paludosa della quale il lago di Porta, presso Montignoso, ed il lago di Massaciuccoli ne rappresentano l'ultimo residuo.

Il sito oggetto di intervento ricade nella parte distale del cono di deiezione del torrente Carrione, indicato nella Tav. 2 Carta Geologica, con la sigla (**bnb**) e costituito da ghiaie, sabbie e limi, databile al Pleistocene. La conoide è al contatto con i depositi sabbiosi eolici costieri dell'Olocene (**da**): sabbie, sabbie e limi. Inoltre è incisa dall'alveo attivo del torrente Carrione al cui interno sono depositati sedimenti grossolani attuali (ciottoli, ghiaia e sabbia). L'assetto stratigrafico di dettaglio si è ricavato sulla base dei sondaggi effettuati.

## **2.2 IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA**

Il torrente Carrione è originato dalla confluenza del carrione di Torano e del Carrione di Colonnata presso la località di Monterosso nel centro di Carrara. La superficie del bacino è di Km<sup>2</sup> 46.6 e la lunghezza dell'asta principale è di Km 15.4. E' un corso d'acqua a carattere tipicamente torrentizio caratterizzato da un percorso piuttosto breve, con andamento generalizzato est-ovest, con pendenza elevata nei tratti montani e collinari (alto e medio bacino) e bassa nella parte di pianura (basso bacino) dove risulta arginato con pensilità più o meno elevata.

Dal punto di vista idrogeologico tutti i terreni affioranti rappresentati in Tav. 2, sono caratterizzati da permeabilità primaria per porosità con valori da medio alti ad alti in funzione della granulometria (vedere fig. 1 estratta dalla Tav. IV Carta Litotecnica di supporto alla variante al regolamento urbanistico del Comune di Carrara).



**PROVINCIA DI MASSA CARRARA**  
SERVIZIO DIFESA DEL SUOLO



Fig. 1 Carta della permeabilità estratta dalla Tav. IV del R.U. del Comune di Carrara

La falda, fra la conoide del carrione e la pianura costiera, è alimentata direttamente dai corsi d'acqua collinari e montani oltre che per apporto diretto meteorico.

Il livello di falda nella pianura costiera presenta escursioni stagionali di circa un metro tra il periodo di morbida (aprile/maggio) e quello di magra (settembre/ottobre). L'andamento delle isofreatiche segue la morfologia del terreno ed è prevalentemente orientato da monti verso mare con locali depressioni indotte dagli emungimenti della zona industriale apuana (fig.2, tratta da Pranzini, 1999). Si nota che, nel breve tratto tra la via Aurelia e la zona di nostro interesse, l'alveo del torrente Carrione costituisca un asse di drenaggio, elemento riconducibile all'incisione della conoide nel periodo post- Würmiano. Il livello della falda è stato misurato in due dei sondaggi effettuati attrezzati con piezometro. I risultati delle misure finora eseguite, sono riportati nella seguente tabella:

**Livelli falda da piano campagna**

DATA	P1 (parco pubblico)	P2 (condominio)
02/02/15	-6,10	-7,40
05/02/15	-6,00	-7,30
16/02/15	-5,70	-7,00
02/03/15	-5,95	-7,20
16/03/15	-6,25	-7,55
16/04/15	-6,45	-7,70

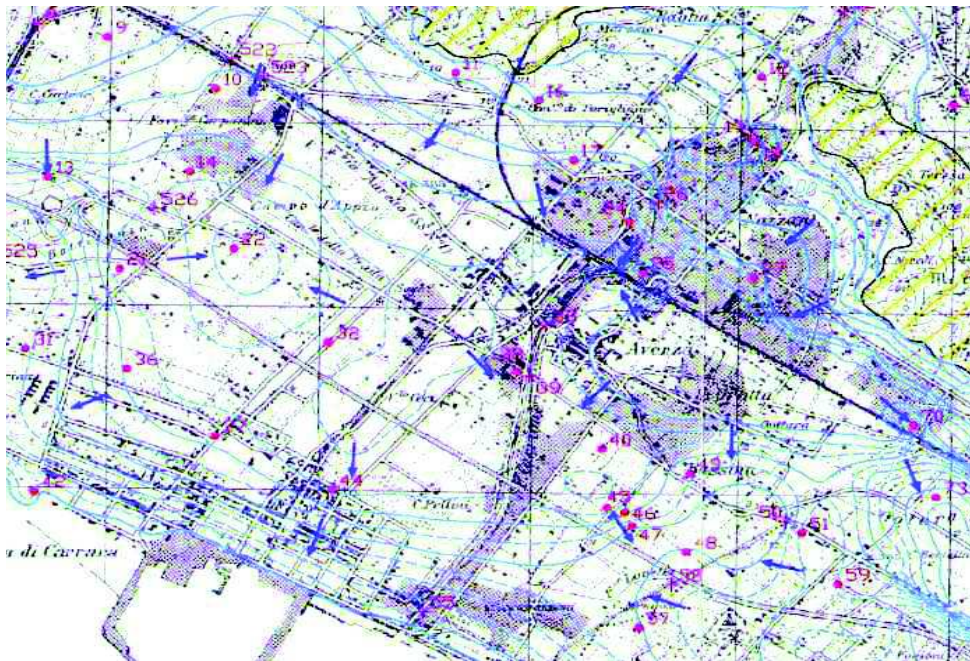


Fig. 2 Carta delle isofreatiche

### **3. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA**

Per definire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche di dettaglio sono stati effettuati sondaggi a carotaggio continuo con prelievo ed analisi di campioni, prove penetrometriche statiche e dinamiche stendimenti geoelettrici. L'ubicazione di prove e sondaggi è stata riportata in Tav. 3 mentre gli elaborati di riferimento sono stati allegati alla presente relazione come All. 1 (geotecnica) e All. 2 (geoelettrica). Le indagini sono state svolte prevalentemente in sponda destra, più accessibile per l'installazione di sonde e penetrometri.

#### **3.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA**

Per la descrizione dettagliata delle indagini effettuate e dell'attrezzatura utilizzata si rimanda ai rispettivi allegati. Il sondaggio S1 è stato effettuato nel parco pubblico di via Giovampietro ed è stato attrezzato con piezometro. Analogo attrezzamento per il sondaggio S2 effettuato nel giardino del condominio in prossimità di una delle cavità apertesi nel terreno. Il sondaggio S3 è stato effettuato in alveo del torrente Carrione, sulla pista di cantiere in corrispondenza del Condominio. Infine il sondaggio S4 è stato effettuato sull'argine a monte presso il piazzale della Società Marmi Vennai.

Nel giardino del condominio sono state effettuate n°3 prove penetrometriche statiche CPT mentre sull'argine presso la ditta Vennai sono state effettuate n°4 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH.

E' stato prelevato un campione indisturbato di terreno nel sondaggio S2 alla profondità di m -4,0/-4,5 dal piano di campagna. Un altro campione indisturbato è stato prelevato nel sondaggio

S1 alla profondità di m -7,4/-8,0 dal piano campagna. Altri spezzoni di carota sono stati inviati a laboratorio geotecnico per l'analisi granulometrica.

Per la descrizione delle indagini geoelettriche effettuate si rimanda all'allegato 2. Infine nell'allegato 3 si riportano i dati di un'indagine geosismica condotta in sponda sinistra del Torrente Carrione, poco a valle del sito in esame, per la quale si farà riferimento per la caratterizzazione sismica dei terreni.

### **3.2 STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO DEL SITO (Zona Condominio l'Argine)**

In TAV. 4 si riporta una stratigrafia tipo della zona del Condominio elaborata sulla base delle prove geotecniche, geoelettriche e delle analisi di laboratorio. Di seguito si definiscono, per ogni verticale di sondaggio, le formazioni corrispondenti per la successiva caratterizzazione geotecnica.

#### **Verticale di sondaggio S2**

##### ***Metri da p.c.***

##### ***Tipologia dei terreni perforati***

- |               |   |
|---------------|---|
| • 0,0 – 1,6   | Terreno vegetale e di riporto (limo, sabbia e ghiaia) |
| • 1,6 – 4,8   | Sabbia limosa con ciottoli color bruno rossiccio      |
| • 4,8 – 10,0  | Ghiaia e ciottoli in matrice limo sabbiosa            |
| • 10,0 – 11,1 | Ghiaia e ciottoli in matrice limosa                   |
| • 11,1 – 14,4 | Ghiaia e ciottoli in matrice limo sabbiosa            |
| • 14,4 – 15,0 | Limo argilloso  |

#### **Verticale di sondaggio S3**

##### ***Metri da p.c.***

##### ***Tipologia dei terreni perforati***

- |              |   |
|--------------|---|
| • 0,0 – 10,0 | Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa e limo sabbioso |
|--------------|---|

Le prove penetrometriche CPT sono state spinte fino a rifiuto strumentale. La ricostruzione della stratigrafia è stata basata sui dati forniti dalla GeoTirreno srl (litologia secondo Begemann, 1965 e AGI, 1977).

#### **Verticale di prova CPT1**

##### ***Metri da p.c.***

##### ***Tipologia dei terreni perforati (interpretativa)***

- |             |                               |
|-------------|-------------------------------|
| • 0,0 – 2,0 | Terreno vegetale e di riporto |
| • 2,0 – 4,0 | Sabbia limosa e limo sabbioso |
| • 4,0 – 4,8 | Ghiaia addensata              |

### **Verticale di prova CPT2**

#### ***Metri da p.c.***

#### ***Tipologia dei terreni perforati (interpretativa)***

- 0,0 – 1,2 Terreno vegetale e di riporto
- 1,2 – 1,4 Ghiaia addensata (possibile riporto)

### **Verticale di prova CPT3**

#### ***Metri da p.c.***

#### ***Tipologia dei terreni perforati (interpretativa)***

- 0,0 – 1,2 Terreno vegetale e di riporto
- 1,2 – 1,8 Ghiaia addensata (possibile riporto)

Si individuano così degli strati tipo litotecnici così definibili:

0.0 - 2.0 m ----->	terreni di riporto eterogenei	(R)
2.0 – 4.0 m ----->	sabbia limosa e limo sabbioso	(SI)
4.0 – 14.4 m ---->	ghiaie e ciottoli da addensati a molto addensati	(Gh)

Per la caratterizzazione geotecnica si prenderanno in considerazione gli strati tipo SI e Gh.

### **3.3.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI (VALUTAZIONE DEI VALORI GEOTECNICI MEDI) zona Condominio l'Argine**

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche da parte della ditta esecutrice (All. 1). Da questi dati, oltre che dalle prove di laboratorio, possiamo individuare, nella tabella riportata di seguito, i valori geotecnici medi calcolati per ognuno dei livelli evidenziati in stratigrafia. Si prendono in considerazione i due livelli geotecnici ove, si presume, infiggere un palancolato.

Si può cautelativamente assumere:

Terreno	Parametri geotecnici medi						
	Dr	g	g'	j (1)	j (2)	Cu	K
SI	26	1,7	2,05	26,7	29,1	17,4	*3,4x10 <sup>-9</sup>
Gh	88	1,9	2,2	45,3	44,3	-----	**1x10 <sup>-3</sup>

dove R = terreno di riporto; SLg = sabbie e limi da sciolti a poco addensati con intercalazioni ghiaiose; Gh = ghiaie e ciottoli da addensati a molto addensati; Dr (%) = densità relativa,  $\gamma$  (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume secco,  $\gamma'$  (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo,  $\varphi$  = angolo di attrito interno, Cu (k/Pa) = coesione drenata (da prova di laboratorio), K (cm/s) = coefficiente di permeabilità (\*da prova di laboratorio, \*\* da bibliografia)

Considerazioni sul valore di j .

I valori medi indicati in tabella sono stati calcolati con le formule di :



**j (1)** - *Win-Din* versione 3.01 0405-401 della OCX del Dr. Geol. Diego Merlin ricavato dalle prove CPT

**j (2)** - Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) - Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose  $j' = 0.3N_{spt} + 27$  ricavato dalle prove DPSH e SPT

In sintesi lo strato ghiaioso si assume come puramente granulare mentre lo strato sabbioso limoso

### **3.3.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI (VALUTAZIONE DEI VALORI GEOTECNICI CARATTERISTICI DELL'ANGOLO DI ATTRITO $j_k$ ) zona Condominio l'Argine**

In funzione della stratigrafia ricostruita si è proceduto alla stima dei valori caratteristici dell'angolo di attrito  $j_k$ . Il Valore Caratteristico rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

Il valore caratteristico dell'angolo di attrito è determinabile tramite la seguente formula:

$$j_k = j_m (1 + X \cdot V_j)$$

dove:

$j_m$  = valore medio dell'angolo di attrito

$V_j$  = coefficiente di variazione di  $j$ , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di  $j$ .

$X$  = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e della probabilità di non superamento adottata. L'Eurocodice 7 fissa per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di  $X$  uguale a -1,645.

Avremo pertanto:

#### **Strato-tipo geotecnico granulare/misto SI sabbia limosa con intercalazioni ghiaiose**

Angolo di attrito medio  $j_m = 26,7^\circ$   
**Angolo di attrito caratteristico  $j_k = 25,9^\circ$**

#### **Strato-tipo geotecnico granulare SG sabbie e ghiaie**

Angolo di attrito medio  $j_m = 45,3^\circ$   
**Angolo di attrito caratteristico  $j_k = 41,9^\circ$**



### **3.4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI (VALUTAZIONE DEI VALORI GEOTECNICI MEDI) rilevato arginale zona segheria Vennai**

Il sondaggio S4 e le prove penetrometriche dinamiche DPSH effettuate sul coronamento dell'argine tra il ponte ferroviario e la segheria Vennai consentono una prima valutazione sulle caratteristiche geotecniche del rilevato posto a tergo del muro d'argine. In TAV. 5 si riporta una sezione tipo in corrispondenza del primo fabbricato della segheria.

Il terreno di riporto a tergo del muro è costituito in prevalenza da sabbie, più o meno limose, con ghiaia, come risulta sia dall'analisi visiva delle carote che dai certificati di laboratorio (S4C1 e S4C2). Le prove dinamiche superpesanti DPSH sono state spinte fino a rifiuto strumentale. Il rilevato arginale è stato oltrepassato solo nell'infissione delle aste della prova n°2 (rifiuto a -7,5 m dalla sommità dell'argine). Si può cautelativamente assumere:

Terreno	Parametri geotecnici medi							
	Dr	g	g'	j (1)	E'			
<b>Rma</b>	42	1,54	1,96	31,5	307			
<b>Rra</b>	93	1,95	2,21	43,7	862			

dove Rma = terreno di riporto del rilevato mediamente addensato; Rra = terreno di riporto del rilevato addensato; Dr (%) = densità relativa,  $\gamma$  (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume secco,  $\gamma'$  (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo,  $\varphi$  = angolo di attrito interno, E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato.

I valori medi indicati in tabella sono stati calcolati con le formule di :

**j (1)** - *Win-Din* versione 3.01 0405-401 della OCX del Dr. Geol. Diego Merlin ricavato dalle prove DPSH

### **3.4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI (VALUTAZIONE DEI VALORI GEOTECNICI CARATTERISTICI DELL'ANGOLO DI ATTRITO j k) zona segheria Vennai**

In funzione della stratigrafia ricostruita si è proceduto alla stima dei valori caratteristici dell'angolo di attrito j k. Il Valore Caratteristico rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

Il valore caratteristico dell'angolo di attrito è determinabile tramite la seguente formula:

$$j_k = j_m (1 + X \cdot V_j)$$

dove:

j m = valore medio dell'angolo di attrito

Vj = coefficiente di variazione di j , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di j .

X = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e della probabilità di non superamento adottata. L'Eurocodice 7 fissa per i parametri della resistenza al taglio, una

## PROVINCIA DI MASSA CARRARA

SERVIZIO DIFESA DEL SUOLO

probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X uguale a -1,645.

Avremo pertanto:

### **Strato-tipo geotecnico granulare/misto Riporto rilevato mediamente addensato**

Angolo di attrito medio  $j_m = 31,5^\circ$

**Angolo di attrito caratteristico  $j_k = 28,5^\circ$**

### **Strato-tipo geotecnico granulare SG sabbie e ghiaie**

Angolo di attrito medio  $j_m = 43,7^\circ$

**Angolo di attrito caratteristico  $j_k = 39,4^\circ$**

## **4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

### **4.1 GENERALITA'**

Con Ordinanza n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio dei Ministri sono stati approvati i "*Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*". La mappa di pericolosità, riportata come allegato 1b nell' O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, fu elaborata nell'aprile 2004 dall'INGV-Sezione di Milano e consegnata al Dip.to della Protezione Civile; la Commissione Grandi Rischi in data 06/04/04 ha approvato il documento trasmettendolo ad una Commissione di esperti internazionali che ha dato parere finale positivo in data 23/07/04.

Alle Regioni il compito di aggiornare gli elenchi delle zone sismiche, nell'ambito del proprio territorio di competenza, perseguendo altresì l'omogeneizzazione delle mappe soprattutto nelle aree di confine con altre regioni e definendo eventualmente sottozone, nell'ambito dello stesso comune, differenziate anche in relazione alle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche di dettaglio.

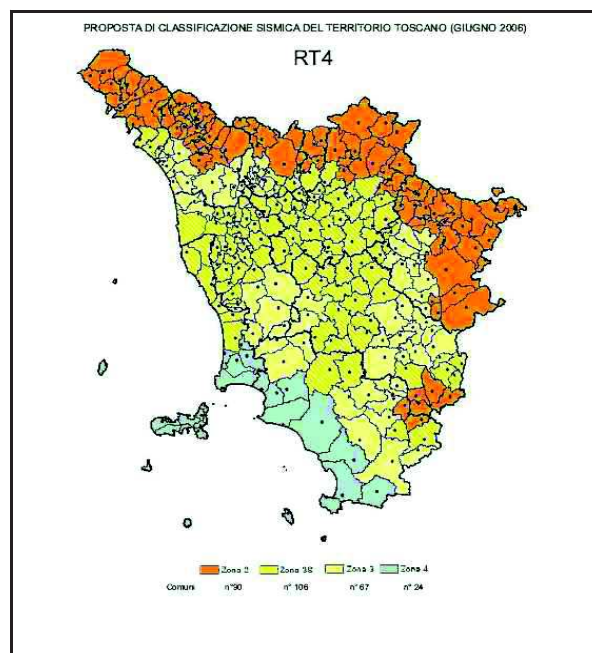


Fig. 3 Proposta di classificazione sismica del territorio toscano

La Regione Toscana ha recepito il proprio compito con la Deliberazione della Giunta Regionale 19 giugno 2006, n° 431 : *Riclassificazione sismica del territorio regionale: "Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11.5.2006"*.

La normativa in vigore classifica i comuni in 4 classi di Pericolosità Sismica sulla base del valore di accelerazione convenzionale massima.

Il Comune di **Carrara** è inserito in zona **3**.

#### **4.2 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

Il riferimento normativo adottato è costituito dal D.M. del 14 gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*", pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n°29 del 4 febbraio 2008 con Supplemento Ordinario n°30.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, vengono definite nella nuova normativa a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito in costruzione. Questa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , riferibile allo spettro di risposta elastico  $S_e(t)$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale e con prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vr}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

**PROVINCIA DI MASSA CARRARA**  
SERVIZIO DIFESA DEL SUOLO

**ag**: accelerazione orizzontale massima al sito

**Fo**: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

**Tc\***: periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la determinazione dei valori dei parametri  $ag$ ,  $Fo$  e  $Tc^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche nei modi previsti dalle NTC è necessario conoscere i punti del reticolo di riferimento in questione definiti in termini Latitudine e Longitudine.

Le coordinate del sito oggetto dell'intervento sono:

Latitudine: **44,049061° nord**

Longitudine: **10,062393° est**

riferite al punto medio della palancola nell'ipotesi di progetto.

Il *periodo di ritorno* **Tr**, necessario per la definizione dei valori dei parametri  $ag$ ,  $Fo$  e  $Tc^*$  da utilizzare per definire l'azione sismica è definito dalla relazione:

$$Tr = -Vr / \ln(1 - Pvr)$$

dove **Vr**: periodo di riferimento espresso da:

$$Vr = Vn \cdot Cu$$

Essendo **Vn** la vita nominale dell'opera di progetto individuata in base al tipo di costruzione e definita nella Tabella 2.4.1 del D.M. 14 gennaio 2008 di seguito riportata:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale Vn (in anni)
1	Opere provvisorie-Opere provvisionali-Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	<b>Opere ordinarie, Ponti, Opere infrastrutturali e Dighe di dimensioni contenute o d'importanza normale</b>	$\geq 50$
3	Grandi Opere, Ponti, Opere infrastrutturali e Dighe di grandi dimensioni o d'importanza strategica	$\geq 100$

**Tabella 2.4.I** –D.M. 14 GENNAIO 2008 – Vita nominale Vn per diversi tipi di opere

L'opera in esame è un'opera provvisoria (tipo 1) alla quale corrisponde una vita nominale **Vn>= 50 anni**

**Cu** rappresenta il coefficiente d'uso ricavabile dalla Tab. 2.4.II – D.M. 14 gennaio 2008 e dipendente dalla classe d'uso dell'opera definita al paragrafo 2.4.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

Classe d'Uso	I	II	III	IV
Coeff. <b>Cu</b>	0.7	1.0	1.5	<b>2.0</b>

**PROVINCIA DI MASSA CARRARA**  
SERVIZIO DIFESA DEL SUOLO

**Tabella 2.4.II** –D.M. 14 GENNAIO 2008 –Valori coefficiente d'uso  $C_u$

L'opera in esame rientra nella classe II alla quale corrisponde il coefficiente d'uso  **$C_u=2.0$**

Il periodo di riferimento  $V_r$  risulta pertanto: **100 anni**

La probabilità di superamento  $P_v$ , al variare dello stato limite considerato é definito dalla tabella 3.2.1 –D.M. 14 gennaio 2008:

Stati Limite		$P_v$ : probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_r$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 3.2.I** – D.M. gennaio 2008 – Probabilità di superam.  $P_v$  al variare dello stato limite

In tal modo è possibile individuare i valori del periodo di ritorno  $T_r$  e ricavare i valori di  $a_g, F_o$  e  $T_c^*$ .

#### **4.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E COEFFICIENTI SISMICI**

In considerazione provvedere a realizzare l'intervento di realizzazione del palancoato in urgenza, per caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, considerata l'uniformità dei depositi di sabbie eoliche, è stata presa a riferimento l'indagine sismica svolta dalla Bierregi srl presso la scuola materna di Avenza distante circa 150 m in direzione sud dal nostro sito.

L'ubicazione e l'elaborazione sismostratigrafica sono riportate in TAV. 1.

I dati acquisiti in campagna forniscono dei valori medi di velocità delle onde S ( $V_{s30}$ ) nei primi 30 m di profondità pari a 536 m/s.

In base a quanto stabilito dal sopraccitato decreto, ai fini della valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In assenza di tali studi si può utilizzare la seguente classificazione dei terreni di seguito descritta:

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m



**PROVINCIA DI MASSA CARRARA**  
SERVIZIO DIFESA DEL SUOLO

<b>B</b>	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m</u> , caratterizzati da un grande miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero Nspt>50 nei terreni a grana grossa e Cu30>250 Kpa nei terreni a grana fina)
<b>C</b>	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m</u> , caratterizzati da un grande miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle Vs30 compresi tra 180m/s e 360 m/s (ovvero 15<Nspt30<50 nei terreni a grana grossa e 70<Cu30<250 Kpa nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	<u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m</u> , caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero Nspt<15 nei terreni a grana grossa e Cu<70 Kpa nei terreni a grana fina)
<b>E</b>	<u>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con Vs>800 m/s)

**Tabella 3.2.I** – D.M. gennaio 2008 – Categorie di sottosuolo –

Per l'intervento in esame è stata definita l'azione sismica sulle strutture di progetto, in base a quanto esposto nel D.M 14 gennaio 2008.

Sulla base dei dati derivati dalla prospezione sismica di riferimento e delle prove penetrometriche effettuate, è ragionevole attribuire al sottosuolo la **categoria B**.

Mediante software gratuito distribuito da [www.geostru.com](http://www.geostru.com), note le coordinate del sito, la categoria di sottosuolo B, la categoria topografica T1, si possono calcolare i coefficienti sismici riportati infine di seguito.

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss per la categoria di sottosuolo **B** si può ottenere dalla relazione:

$$S_s = 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g$$

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima bs attesa nel sito in oggetto, è calcolato come nella tabella 7.11.I del D.M. del 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche complesse, si attribuisce la **categoria topografica T1**.

Il coefficiente di amplificazione topografica per la categoria T1, in base alla tabella 3.2.VI del D.M. del 14 gennaio 2008 risulta essere **St=1.00**

L'accelerazione massima  $a_{max}$  attesa al sito è definita dalla relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

utilizzando i valori di Ss, St ed  $a_g$  ricavati in precedenza ed esprimendo  $a_g$  in m /sec<sup>2</sup> si ottiene  $a_{max}$ (m/s<sup>2</sup>).

Infine vengono valutati i **coefficienti sismici orizzontali e verticali  $k_h$  e  $k_v$**  definiti dalle seguenti relazioni:

$$k_h = b_s \cdot a_{\max} / g$$

e

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

utilizzando i valori di  $a_{\max}$  e  $b_s$  ricavati in precedenza. I risultati del calcolo sono riportati in ALL.4.

## **5. CONCLUSIONI**

Sono state effettuate indagini geotecniche e geofisiche nei terreni del Condominio l'Argine posto in sponda destra del Torrente Carrione, in alveo e sull'argine presso la Segheria Vennai ad Avenza nel Comune di Carrara. Le indagini, unitamente ad analisi di laboratorio su campioni di terreno prelevati nei fori di sondaggio, hanno consentito la ricostruzione stratigrafica dell'area prossima all'asta del torrente Carrione. In particolare si è provveduto anche a ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il rilevato posto a tergo del muro d'argine tra la ferrovia ed il ponte di via Giovampietro.

I risultati delle indagini saranno utili per la progettazione di un intervento per l'adeguamento statico degli argini a valle del ponte ferroviario.

Dagli esiti delle indagini effettuate non si rilevano particolari problematiche di natura geologica ed idrogeologica per la realizzazione delle opere, salvo approfondimenti per valutare la possibilità di sifonamento (prove di permeabilità di Lefranc in foro).

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti

Dott. Geol. Luigi D'Argliano  
Ordine Geologi della Toscana n°246 E.S.



**Regione Toscana**

Settore Assetto Idraulico e Idrogeologico

***Lavori di adeguamento statico degli argini del Torrente  
Carrione a valle del ponte ferroviario in frazione di  
Avenza nel Comune di Carrara***

---

**ALLEGATO 1**

Relazione tecnica sulle indagini geognostiche  
(Geotirreno)

---

Tecnico geologo

*Dott. Geol. Luigi D'Argliano*



# GeoTirreno S.r.l.

Servizi per la Geologia e l'Ambiente



sondaggi ambientali  
sondaggi geotecnici  
sismica di superficie  
sismica in foro  
tomografia elettrica  
penetrometrie meccaniche  
punta elettrica e piezometri  
monitoraggio inclinometri

Sede Viale Stazione, 39  
Legale: 54100 Massa

Sede Via Frassina, 65  
Operativa: 54033 Carrara

tel. 0585.833730  
fax 0585.837912

e-mail: [info@geotirreno.it](mailto:info@geotirreno.it)  
web site: [www.geotirreno.it](http://www.geotirreno.it)

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti alla esecuzione e certificazione di prove geotecniche in situ - Decreto n°5020-25/04, D.P.R. 380/2001

Progetto:

**ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO FINALIZZATE ALLA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI COSTITUENDI L'ARGINE DESTRO DEL TORRENTE CARRIONE FRA IL TRATTO FERROVIA E IL CONDOMINIO L'ARGINE IN LOCALITA' AVENZA-CARRARA-(MS)**

Titolo documento:

**RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Cliente:

COMMITTENTE: **ECO INERTI SRL**  
RICHIEDENTE: **DOTT.GEOL D'ARGLIANO LUIGI**

Inoltro al cliente:

CHIUSURA COMMESSA ☒  
PER INFORMAZIONE ☐  
NON RICHIESTO ☐

Località:

**AVENZA**

Comune/i:

**CARRARA**

Provincia:

**MASSA CARRARA**

Responsabile indagini

Dott. Luigi Allacorta

Elaborazione

Dott. Paolo Cazzani

Redazione documento

Dott. Paolo Cazzani

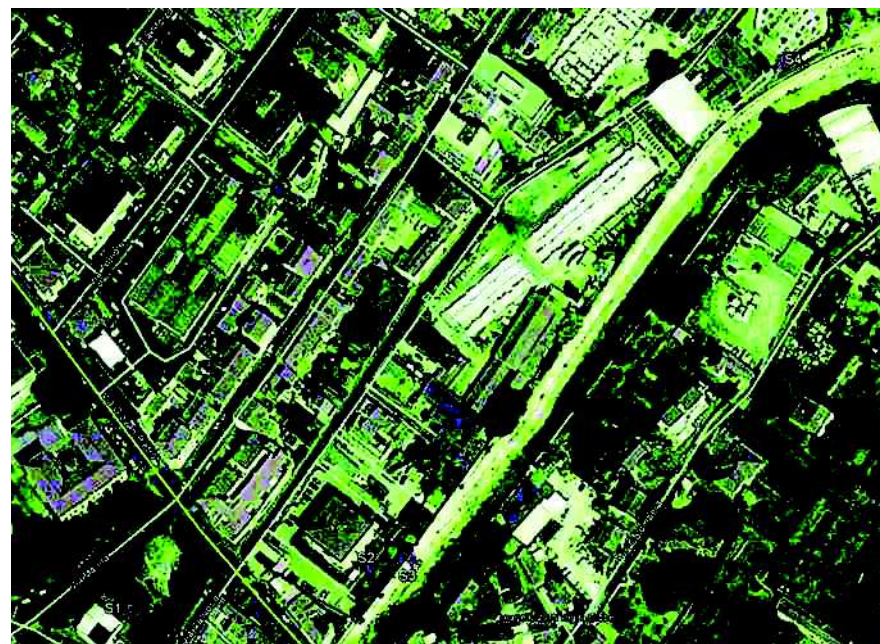
Revisione

Dott. Luigi Allacorta

Approvazione

Dott. Riccardo Barbieri

Dott. Geol. Riccardo Barbieri  
  
**GEO TIRRENO s.r.l.**  
Viale Stazione, 39  
54100 MASSA  
C.F. e P. IVA 00713690451



Descrizione delle revisioni:

00	Prima emissione - bozza
01	Correzione refusi - Versione finale per approvazione
02	Versione definitiva

Prima emissione: 00 30 gennaio 2015

Pagine:

28

Denominazione file:

RELAZIONE

Elaborato:

A

Revisione

File: <b>RELAZIONE</b>	Codifica: Rel. Tec.	Sistema Gestione Qualità - Rev. 1 del 07/09	Pag. 3 di 28
<b>Sez. 7.5: "Produzione ed Erogazione Servizi"</b> PROVE IN SITO - INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE IMPIANTO EOLICO CAMPI SANT'ANTONIO			

## Sommario

---

<b>ATTREZZATURE, STRUMENTAZIONI E SPECIFICHE TECNICHE DEI SONDAGGI.....</b>	<b>4</b>
Sondaggi a carotaggio continuo.....	4
Macchine e attrezzature di perforazione.....	4
<b>INDAGINI .....</b>	<b>4</b>
Sondaggi .....	4
Conservazione delle cassette catalogatrici.....	5
Prove SPT in foro di sondaggio.....	5
Normative e standards di riferimento .....	5
Apparecchiatura di prova .....	5
Prove SPT in foro di sondaggio.....	5
<b>FOTOGRAFIE SONDAGGI.....</b>	<b>13</b>



Con regolare contratto di sub-appalto, GeoTirreno S.r.l. è stata incaricata dal Sig. Pelli, per conto di Ecoinerti srl., dell'esecuzione di indagini geotecniche presso l'argine destro del Torrente Carrione. Secondo quanto previsto dal programma, sono state realizzate le seguenti indagini: n°4 sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità massima di 10/20 m; i fori sono stati allestiti variamente con n°2 piezometri a tub aperto 2"; e n°7 prove penetrometriche statiche/dinamiche condotte sino al rifiuto alla penetrazione.

Questo documento costituisce la relazione tecnica redatta a chiusura della commessa e riporta la descrizione delle attività svolte in cantiere, le specifiche tecniche delle attrezzature impiegate, i dati di campagna ed i risultati delle prove eseguite in sito. Le attività di cantiere si sono svolte in conformità alle specifiche tecniche pervenute dalla direzione dei lavori.

## Attrezzature, strumentazioni e specifiche tecniche dei sondaggi

### Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo, sono stati realizzati con carotieri aventi lunghezza utile di 1,50 m e diametro nominale di 101 mm, semplici, per i terreni sciolti. Al termine di ogni manovra le carote estratte sono state collocate in apposite cassette catalogatrici dotate di separatori interni. Su ogni cassetta sono stati indicati in maniera chiara e indelebile le profondità dell'intervallo di terreno estratto ad ogni battuta. Per una migliore identificazione dei materiali attraversati, le carote coesive sono state scortecciate.

Le operazioni di perforazione e carotaggio sono state seguite da personale di GeoTirreno S.r.l. di comprovata esperienza nel campo delle perforazioni: il Dott. Geol. Riccardo Barbieri ha seguito regolarmente e quotidianamente i lavori alla direzione del cantiere, relazionando costantemente la direzione lavori (Ing. Spallanzani Riccardo).

L'analisi delle carote estratte ha consentito un'accurata ricostruzione della colonna stratigrafica su tutte le verticali di sondaggio. Per la descrizione completa e dettagliata, comprendente le informazioni generali, l'ubicazione e la stratigrafia dei sondaggi geotecnici, si rimanda agli appositi paragrafi. A completamento del lavoro di documentazione inerente le attività svolte, sono state eseguite fotografie digitali a colori, ad alta risoluzione, di ogni cassetta catalogatrice e delle postazioni di perforazione. Una selezione delle fotografie più significative è disponibile in allegato alla presente relazione tecnica. Una selezione più ampia è inclusa nel CD consegnato unitamente alla presente documentazione cartacea.

### Macchine e attrezzature di perforazione

I fori di sondaggio sono stati realizzati con perforatrice idraulica cingolata a testa rotante (*rotary drill*) modello **CMV 900 MK<sup>1</sup>**, di cui in Tab.1 si riportano le caratteristiche tecniche.

CMV 900 MK – CARATTERISTICHE TECNICHE		
<b>Tiro e spinta</b>	max 38 kN	corsa 3,5 m
<b>Forza di estrazione</b>	max 68.5 kN	
<b>Testa di rotazione</b>	coppia max kNm 9.2 89 rpm	velocità min/max 0-163 rpm
<b>Motore diesel</b>	Perkins modello 1104 – kW/hp 95-128	
<b>Morsa idraulica doppia</b>	diam min/max 60-260 mm	forza di chiusura kN 443
<b>Argano</b>	forza di sollevamento max. kN 31.5	Velocità fune m/min. 23
<b>Dimensioni e peso</b>	2000 x 2920 mm - pattini 400 mm	13.250 kg

Tab. 1 Principali caratteristiche tecniche della perforatrice utilizzata presso argine carrione Avenza Carrara.

## Indagini

Tutte le verticali di sondaggio sono state ubicate in presenza degli incaricati della Committenza in fase di sopralluogo. Gli operatori, in assenza di particolari problematiche logistiche, si sono attenuti a dette indicazioni.

### Sondaggi

I sondaggi sono stati eseguiti a carotaggio continuo. Per la descrizione completa e dettagliata, comprendente le informazioni generali, l'ubicazione e la stratigrafia dei sondaggi geotecnici, prove in foro, ed eventuali installazioni in foro, si rimanda agli appositi *report* stratigrafici nei paragrafi successivi.

<sup>1</sup> Macchina conforme alla direttiva 98/37/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio (del 22 Giugno 1998) comprensiva della Direttiva 89/392/CEE - DPR 459 del 24 Luglio 1996. Direttiva 89/336/CEE.

SOND.	PERFORATRICE	GEOLOGO	DATA INIZIO	DATA FINE	PROF.	FORO ATTREZZATO	CAMPIONI INDISTURBATI	PROVE IN FORO
S1	CMV 900 MK	Dott. Geol. R. Barbieri	26-01-2015	27-01-2015	15.00 m	Piezometro -	-	-
S2	CMV 900 MK	Dott. Geol. R. Barbieri	22-01-2015	23-01-2015	20.00 m	Piezometro -	-	-
S3	CMV 900 MK	Dott. Geol. R. Barbieri	19-01-2015	19-01-2015	10.00 m		-	-
S4	CMV 900 MK	Dott. Geol. R. Barbieri	20-01-2015	22-01-2015	15.00 m		-	-

Tab. 2 Elenco delle verticali di perforazione eseguite presso sito Argine Carrione.

## Conservazione delle cassette catalogatrici

Come da indicazioni della Committenza, al termine delle attività di perforazione, le cassette catalogatrici sono state stoccate all'interno dell'area di cantiere, opportunamente chiuse con i coperchi e protette da un telo plastificato, e restano a disposizione per ogni ulteriore verifica. Dalla chiusura delle operazioni di cantiere GeoTirreno S.r.l. non è più responsabile della conservazione di detto materiale.

## Prove SPT in foro di sondaggio

### Normative e standards di riferimento

La prova SPT è compresa negli *standard* ASTM dal 1967 ed è inclusa nelle Raccomandazioni AGI (Associazione Geotecnica Italiana). Recentemente è stata standardizzata in ambito Eurocodice-CEN (Comitato Europeo di Normazione):

- *Associazione Geotecnica Italiana: A.G.I. (1977)* - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- *ASTM D.1586-84 REV A - Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils;*
- *ENV 1997-3 (1999 CEN): European Prestandard Eurocode 7 - Geotechnical Design: Part 3; Design Assisted by Fieldtesting;*
- *EN ISO 22476-3:2002 - Technical Committee CEN/TC 341 - Geotechnical Investigation and Testing - Part 2: Dynamic Probing.*

### Apparecchiatura di prova

La strumentazione per la misura della resistenza alla penetrazione dinamica in foro di sondaggio utilizzata da GeoTirreno S.r.l. è così composta:

- Campionatore in acciaio apribile longitudinalmente (*split sampler barrel*), dotato di valvola di non ritorno per la fuoriuscita di acqua e/o fango durante l'infissione. La porzione terminale del campionatore può essere equipaggiata con punta aperta munita di scarpetta per la penetrazione in terreni fini (prova SPT), o di punta conica chiusa con apertura 60° per la penetrazione in sabbie con ghiaie (prova SPT(C)).
- Batteria di aste con filettatura cilindrica, lunghezza 1,50 m, Ø 50 mm e peso 7 kg/m.
- Dispositivo di battuta costituito da un maglio del peso di 63,5 kg alloggiato su una testa di battuta munita di asta guida di lunghezza sufficiente a garantire un'altezza di caduta di 760 mm, e di filettatura per il raccordo alla batteria di aste. Il maglio è inoltre dotato di dispositivo di sganciamento automatico che consente il sollevamento tramite verricello e il rilascio all'altezza prefissata.

La citata Raccomandazione AGI (1977) prescrive l'uso di centratori ogni 3 m per prove a profondità superiori ai 15 m. Studi successivi hanno dimostrato che l'uso di detti centratori non influisce sul risultato di prova (SCHMERTMANN & PALACIOS, 1979; MATSUMOTO & MATSUBARA, 1981). In accordo a questi studi ed alle specifiche tecniche più aggiornate, GeoTirreno S.r.l. esegue prove SPT e SPT(C) senza l'uso dei centratori.

### Prove SPT in foro di sondaggio

Nel corso della perforazione dei sondaggi, sono state eseguite prove in foro per un totale di n°4 prove SPT. Quota e numero di colpi sono riportati nelle schede stratigrafiche allegate alla presente relazione, ed in forma grafica in Fig.1. Durante le attività di cantiere i dati relativi ad ogni prova sono stati annotati sulle cassette catalogatrici, come visibile nella documentazione fotografica allegata.

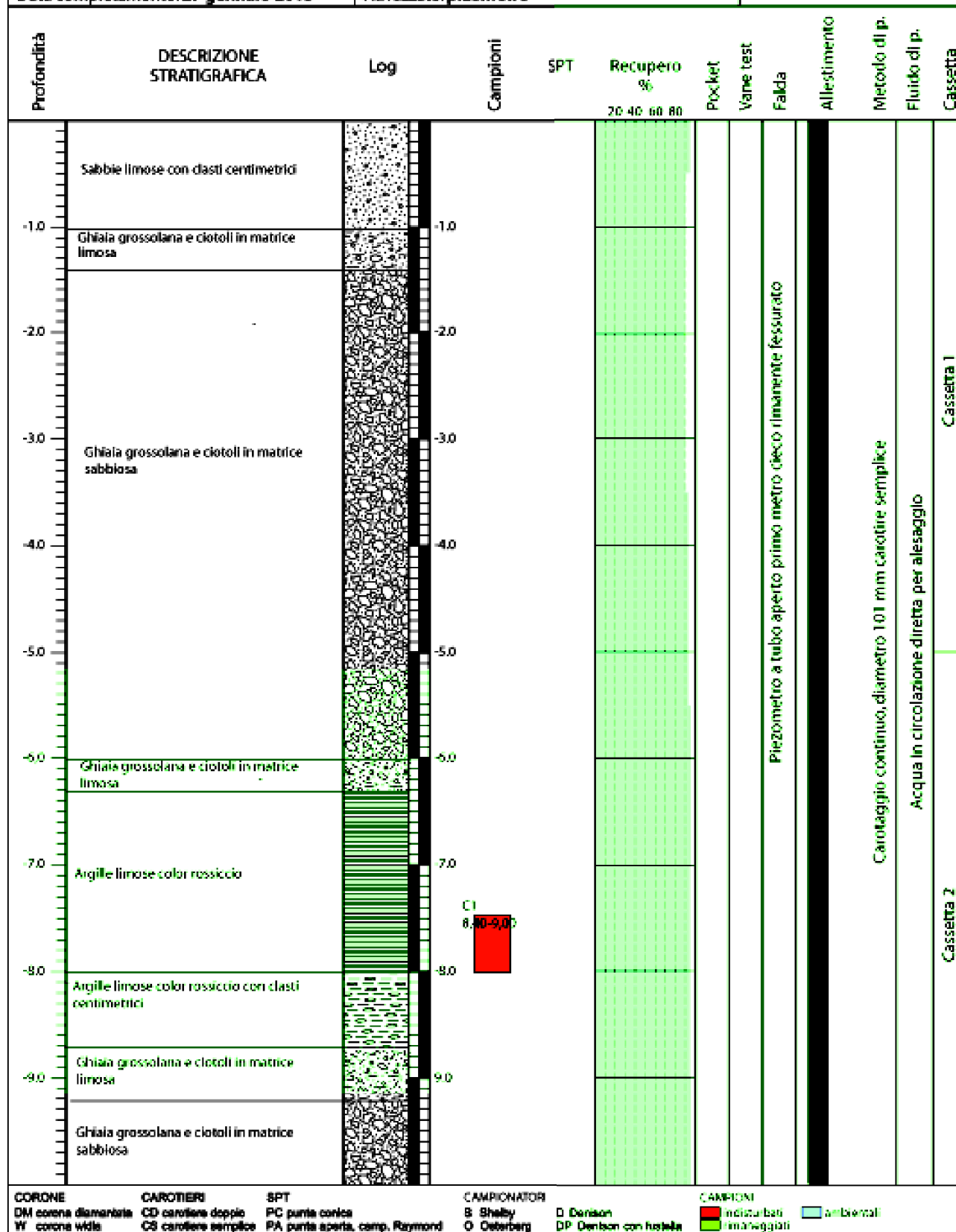
SONDAGGIO	CAMPIONATORE	TOP (m da p.c.)	BOTTOM (m da p.c.)	VALORI SPT	CAMPIONE
S 2	Punta aperta	3.00	3.45	2/3/4	no
S 2	Punta aperta	6.00	6.45	21/27/32	no
S 2	Punta aperta	7.50	7.95	32/37/39	no
S 2	Punta aperta	9.00	9.45	35/29/42	no

Tab. 3 Elenco SPT eseguite.

**SITO: Torrente Carrione**  
**Postazione: Sondaggio a carotaggio continuo S1**



Progetto: <b>Verifica argine torrente carrione</b> Cliente: <b>Eco Inerti srl</b>	Geologo: <b>Dott. R. Barbieri</b> Log: <b>stratigrafia</b>	Ubicazione: <b>S1</b> Est: <b>584910,39</b> Nord: <b>4877741,00</b> Quota slm: <b>13m</b>
Sondatore: <b>Sig. Giovinazzi Antonio</b> Data inizio: <b>26 gennaio 2015</b> Data completamento: <b>27 gennaio 2015</b>	Perforazione: <b>carotaggio continuo</b> Profondità: <b>15.00 m - Rivestimento: 127 mm</b> Attrezzato: <b>pizometro</b>	Livello falda: <b>non rilevata</b>



**SITO: Torrente Carrione**  
**Postazione: Sondaggio a carotaggio continuo S1**



**GeoTirreno**



Progetto: <b>Verifica argine torrente carrione</b> Cliente: <b>Eco inerti srl</b>	Geologo: <b>Dott. R. Barbieri</b> Log: <b>stratigrafia</b>	Ubicazione: <b>S1</b> Est: 584910,00 Nord: 4877741,00 Quota slm: 13m
Sondatore: Sig. <b>Giovinazzi Antonio</b> Data inizio: <b>22 gennaio 2015</b> Data completamento: <b>23 gennaio 2015</b>	Perforazione: <b>carotaggio continuo</b> Profondità: <b>15.00 m</b> - Rivestimento: <b>127 mm</b> Attrezzato: <b>piezometro</b>	Livello falda: <b>non rilevata</b>

Profondità	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Log	Campioni	SPT	Recupero %	Pocket	Vane test	Falda	Allestimento	Metodo di p.	Fluido di p.	Cassetta
					20 40 60 80							
-11.0	Ghiaie grossolane e ciotoli di origine calcarea in matrice sabbiosa											
-12.0	Ghiaie grossolane e ciotoli di origine calcarea in matrice limosa											
-13.0												
-14.0	limi argillosi											
-15.0												
-16.0												
-17.0												
-18.0												
-19.0												

**CORONE**  
DM corona diamantata  
W corona widia



**CAROTIERI**  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

**SPT**  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond



**CAMPIONATORI**  
S Shelby  
O Osterberg  
D Denison  
DP Denison con fustella



**CAMPIONI**  
■ Indisturbati  
■ rimaneggiati  
■ ambientali



SITO: <b>Torrente Carrione</b> Postazione: <b>Sondaggio a carotaggio continuo S2</b>					 <b>GeoTirreno</b> 							
Progetto: <b>Verifica argine torrente carrione</b> Cliente: <b>Eco inerti srl</b>		Geologo: <b>Dott. R. Barbieri</b> Log: <b>stratigrafia</b>			Ubicazione: <b>S2</b> Est: 585021.00 Nord: 4877762.00 Quota slm: 13m							
Sondatore: Sig. <b>Giovinazzi Antonio</b> Data inizio: <b>22 gennaio 2015</b> Data completamento: <b>23 gennaio 2015</b>		Perforazione: <b>carotaggio continuo</b> Profondità: 15.00 m - Rivestimento: <b>127 mm</b> Attrazato: <b>piezometro</b>			Livello falda: <b>non rilevata</b>							
Profondità	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Log	Campioni	SPT	Recupero % 20 40 60 80	Pocket	Vane test	Falda	Allestimento	Metodo di p.	Fluido di p.	Cassetta
	Limi argillosi color marrone rossiccio											
-1.0	Sabbie grossolane debolmente sabbiose											
	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice sabbiosa											
-2.0												
-3.0	Limi sabbiosi color bruno rossiccio			SPT1 2/3/4								
-4.0												
-5.0				C1 4.5-4.7								
-6.0				SPT2 21/27/32								
-7.0												
-8.0	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice sabbiosa			SPT3 32/37/39								
-9.0				SPT4 35/29/42								
<div><div><div>CORONE</div><div>DM corona diamantata</div><div>W corona widia</div></div><div><div>CAROTIERI</div><div>CD carotiere doppio</div><div>CS carotiere semplice</div></div><div><div>SPT</div><div>PC punta conica</div><div>PA punta aperta, camp. Raymond</div></div><div><div>CAMPIONATORI</div><div>S Shelby</div><div>O Osterberg</div></div><div><div>CAMPIONI</div><div>Indisturbati</div><div>rimaneggiati</div></div><div><div></div><div>ambientali</div></div></div>												
<div><div>Piezometro a tubo aperto primo metro cieco rimanente fessurato</div><div>Carotaggio continuo, diametro 101 mm carotire semplice</div><div>Acqua in circolazione diretta per alesaggio</div></div>												
<div><div>Cassetta 1</div><div>Cassetta 2</div></div>												



SITO: <b>Torrente Carrione</b> Postazione: <b>Sondaggio a carotaggio continuo S2</b>					 <b>GeoTirreno</b> 																										
Progetto: <b>Verifica argine torrente carrione</b> Cliente: <b>Eco inerti srl</b>		Geologo: <b>Dott. R. Barbieri</b> Log: <b>stratigrafia</b>			Ubicazione: <b>S2</b> Est: 585021,00 Nord: 4877762,00 Quota slm: 13m																										
Sondatore: Sig. <b>Giovinazzi Antonio</b> Data inizio: <b>22 gennaio 2015</b> Data completamento: <b>23 gennaio 2015</b>		Perforazione: <b>carotaggio continuo</b> Profondità: <b>15.00 m</b> - Rivestimento: <b>127 mm</b> Attrezzato: <b>piezometro</b>			Livello falda: <b>non rilevata</b>																										
Profondità	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Log	Campioni	SPT	Recupero % 20 40 60 80	Pocket Vane test Falda Allestimento Metodo di p. Fluido di p. Cassetta																									
-11.0	Ghiaie grossolane e ciotoli di origine calcarea in matrice limosa																														
-12.0	Ghiaie grossolane e ciotoli di origine calcarea in matrice sabbiosa																														
-13.0																															
-14.0																															
-15.0	limi argillosi																														
-16.0																															
-17.0																															
-18.0																															
-19.0																															
Carotaggio continuo, diametro 101 mm carotire semplice Acqua in circolazione diretta per alesaggio																															
Cassetta 3																															
Cassetta 4																															
<table><tr><td>CORONE</td><td>CAROTIERI</td><td>SPT</td><td>CAMPIONATORI</td><td>CAMPIONI</td></tr><tr><td>DM corona diamantata</td><td>CD carotiere doppio</td><td>PC punta conica</td><td>S Shelby</td><td>■ indisturbati</td></tr><tr><td>W corona widia</td><td>CS carotiere semplice</td><td>PA punta aperta, camp. Raymond</td><td>O Osterberg</td><td>■ rimaneggiati</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>D Denison</td><td>■ ambientali</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>DP Denison con fustella</td><td></td></tr></table>							CORONE	CAROTIERI	SPT	CAMPIONATORI	CAMPIONI	DM corona diamantata	CD carotiere doppio	PC punta conica	S Shelby	■ indisturbati	W corona widia	CS carotiere semplice	PA punta aperta, camp. Raymond	O Osterberg	■ rimaneggiati				D Denison	■ ambientali				DP Denison con fustella	
CORONE	CAROTIERI	SPT	CAMPIONATORI	CAMPIONI																											
DM corona diamantata	CD carotiere doppio	PC punta conica	S Shelby	■ indisturbati																											
W corona widia	CS carotiere semplice	PA punta aperta, camp. Raymond	O Osterberg	■ rimaneggiati																											
			D Denison	■ ambientali																											
			DP Denison con fustella																												

SITO: <b>Torrente Carrione</b> Postazione: <b>Sondaggio a carotaggio continuo S3</b>				<div> <b>GeoTirreno</b></div> <div> <b>SGS</b></div>								
Progetto: <b>Verifica argine torrente carrione</b> Cliente: <b>Eco inerti srl</b>		Geologo: <b>Dott. R. Barbieri</b> Log: <b>stratigrafia</b>		Ubicazione: <b>S3</b> Est: 585040,00 Nord: 4877766,00 Quota slm: 11m								
Sondatore: Sig. <b>Giovinazzi Antonio</b> Data inizio: <b>19 gennaio 2015</b> Data completamento: <b>19 gennaio 2015</b>		Perforazione: <b>carotaggio continuo</b> Profondità: 10.00 m - Rivestimento: <b>127 mm</b> Attrezzato: <b>no</b>		Livello falda: <b>non rilevata</b>								
Profondità	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Log	Campioni	SPT	Recupero % 20 40 60 80	Pocket	Vane test	Falda	Allestimento	Metodo di p.	Fluido di p.	Cassetta
-1.0	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice sabbiosa sciolta	-1.0										Cassetta 1
-2.0		-2.0										
-3.0	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice limosa sabbiosa	-3.0										Cassetta 2
-4.0	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice sabbiosa sciolta	-4.0										
-5.0		-5.0										
-6.0		-6.0										
-7.0	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice limosa sabbiosa	-7.0										
-8.0	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice sabbiosa sciolta	-8.0										
-9.0		-9.0										
	Ghiaia grossolana e ciotoli in matrice limosa sabbiosa											
<div><div><div>CORONE</div><div>DM corona diamantata</div><div>W corona widia</div></div><div><div>CAROTIERI</div><div>CD carotiere doppio</div><div>CS carotiere semplice</div></div><div><div>SPT</div><div>PC punta conica</div><div>PA punta aperta, camp. Raymond</div></div><div><div>CAMPIONATORI</div><div>S Shelby</div><div>O Osterberg</div><div>D Denison</div><div>DP Denison con fustella</div></div><div><div>CAMPIONI</div><div>Indisturbati</div><div>rimaneggiati</div><div>ambientali</div></div></div>												



PROVE IN SITO - INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE IMPIANTO EOLICO CAMPI SANT'ANTONIO



Ubicazione: **S4**  
Est: 585208,36  
Nord: 4877996,21  
Quota slm: 15m

Livello falda: **non rilevata**

**GeoTirreno S.r.l. Servizi per la Geologia e l'Ambiente**  
Sede legale: Viale Stazione 39, 54100 Massa - Tel/fax 0585.42141  
Sede Operativa: Via Frassina 65, 54033 Carrara (MS) - Tel/fax 0585.833730

<b>GeoTirreno S.r.l. Servizi per la Geologia e l'Ambiente</b>	Azienda con Sistema Qualità certificato
Sede legale: Viale Stazione 39, 54100 Massa - Tel/fax 0585.42141	UNI EN ISO 9001:200
Sede Operativa: Via Frassina 65, 54033 Carrara (MS) - Tel/fax 0585.833730	



## FOTOGRAFIE SONDAGGI

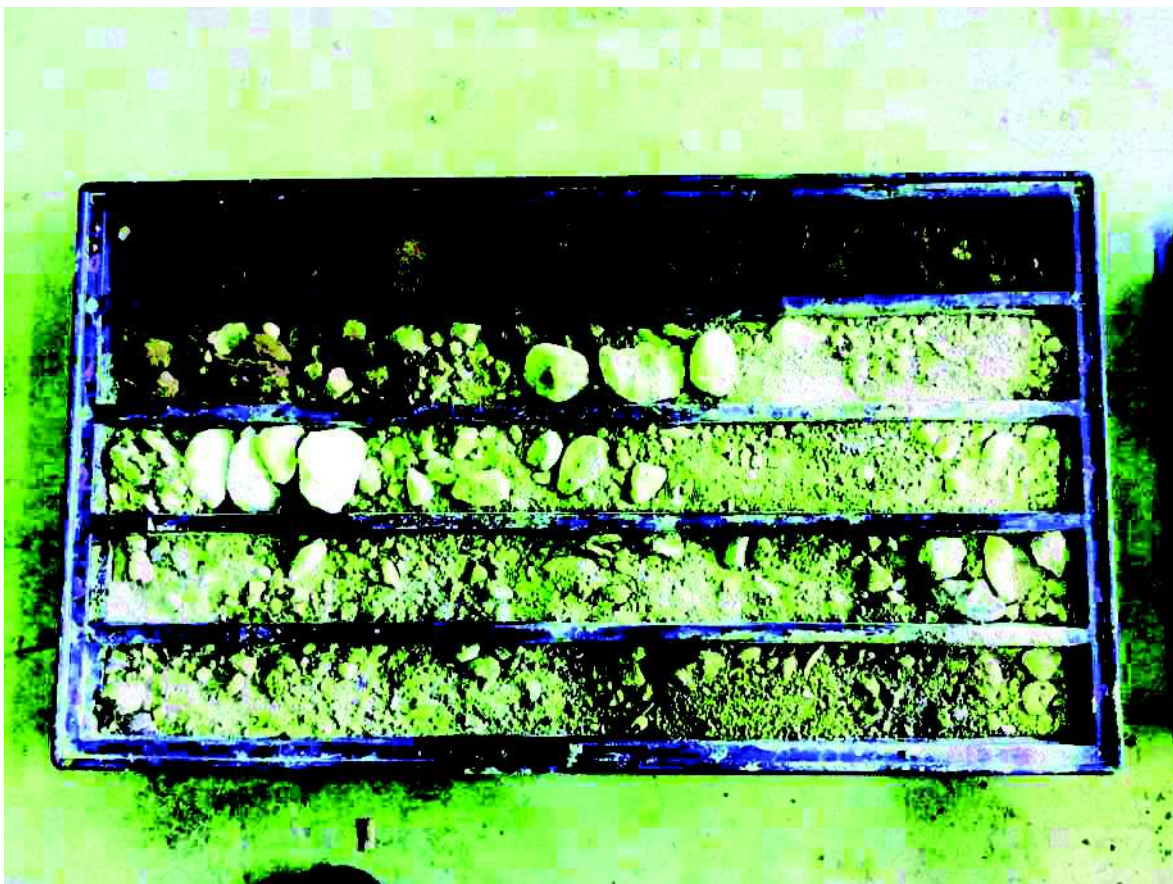


FOTO 1 Sondaggio S1 Box 1 0-5metri

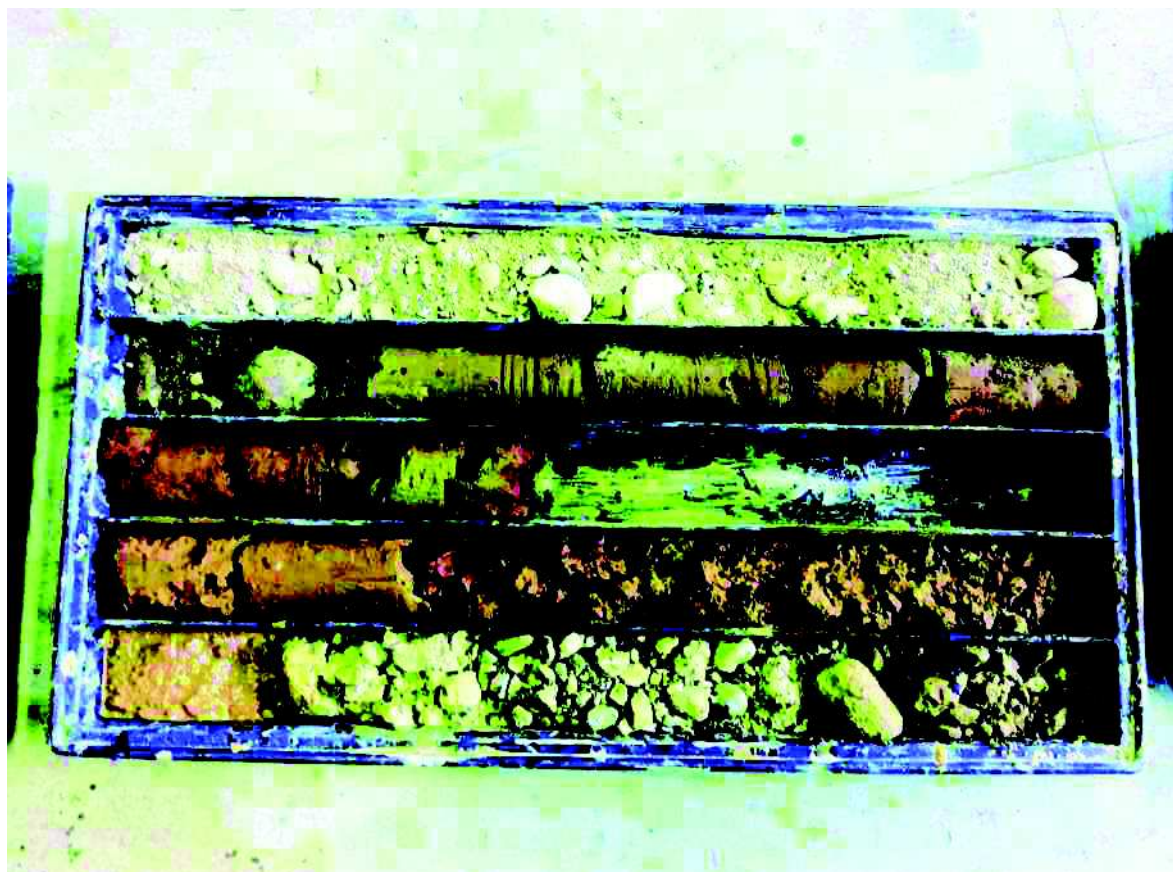


FOTO 2 Sondaggio S1 Box 2 5-10metri





FOTO 3 Sondaggio S1 Box 3 10-15metri

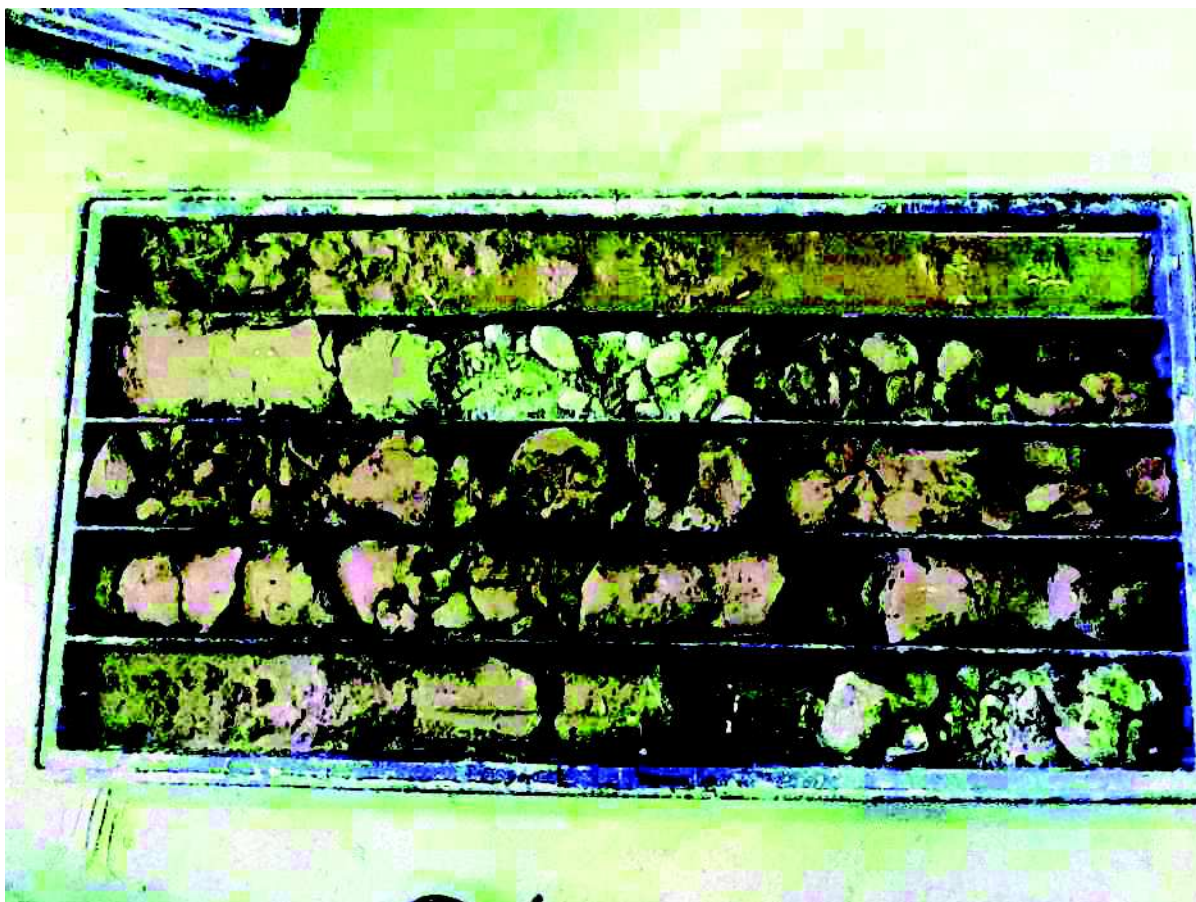


FOTO 4 Sondaggio S2 Box 1 0-5metri



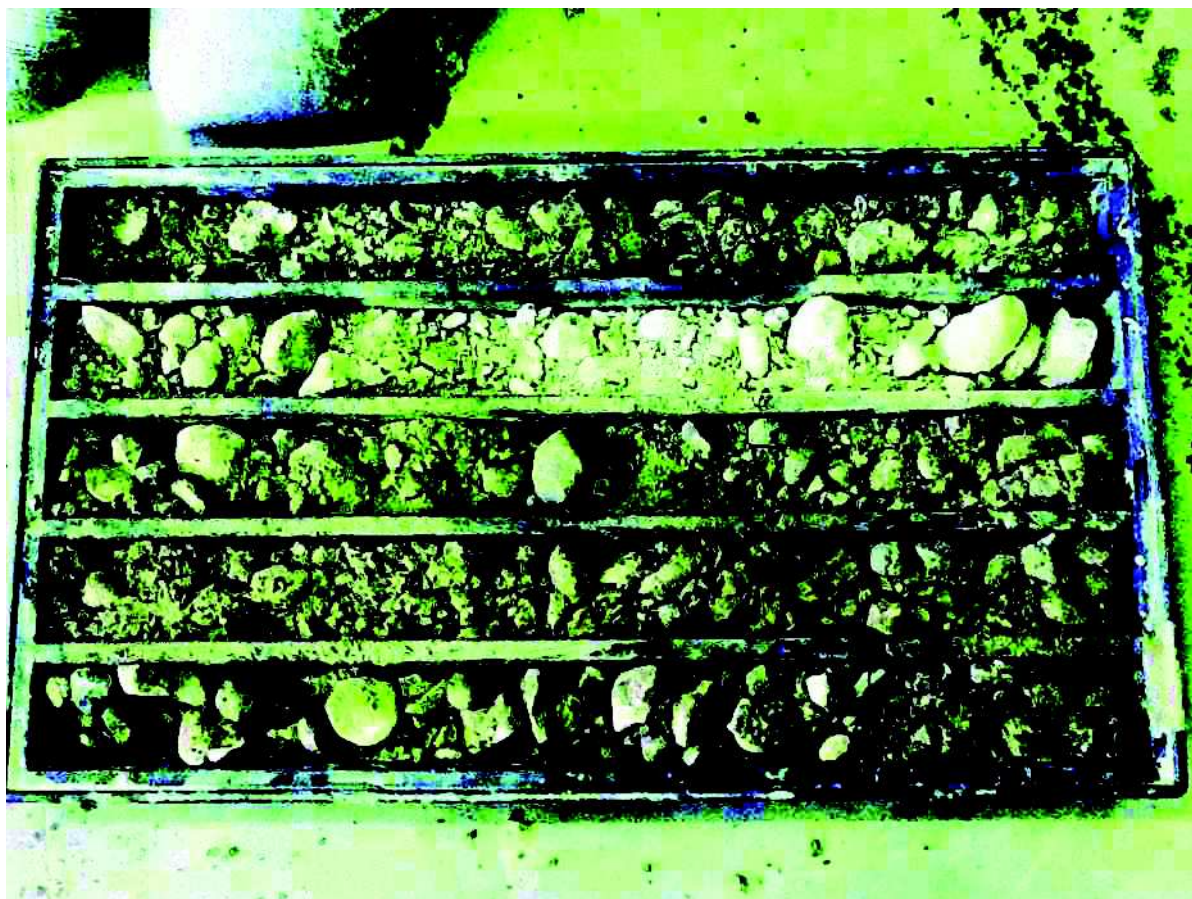


FOTO 5 Sondaggio S2 Box 2 5-10metri



FOTO 6 Sondaggio S2 Box 3 10-15metri





FOTO 7 Sondaggio S3 Box 1 0-5metri

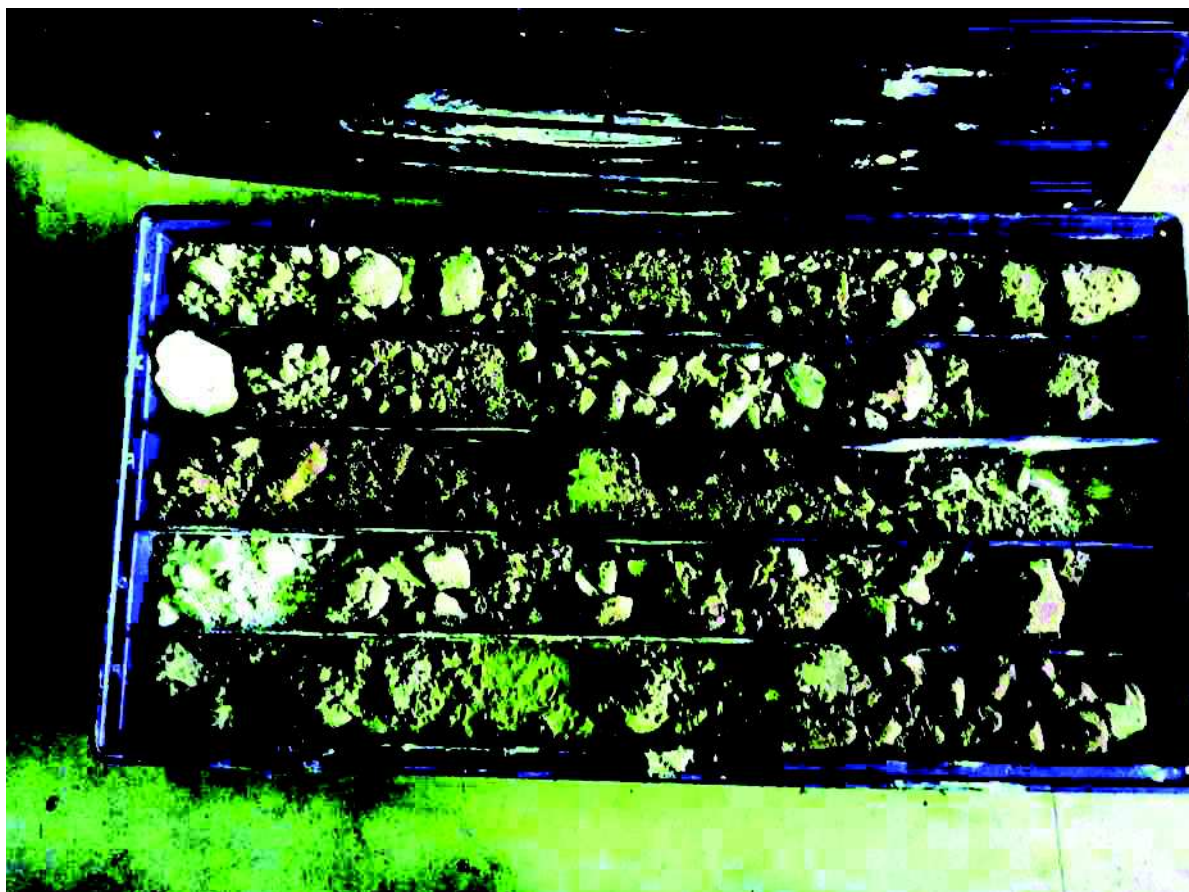


FOTO 8 Sondaggio S3 Box 2 5-10metri



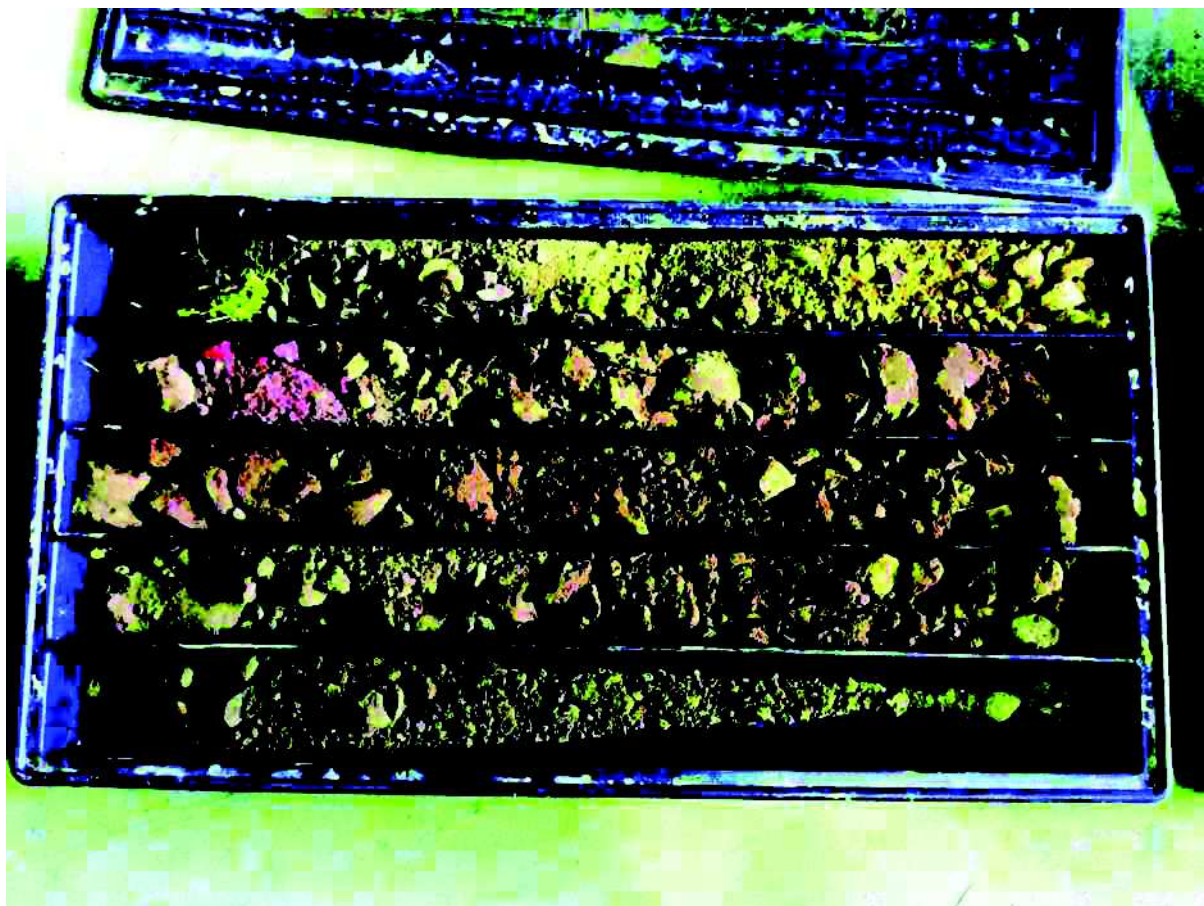


FOTO 9 Sondaggio S4 Box 1 0-5metri

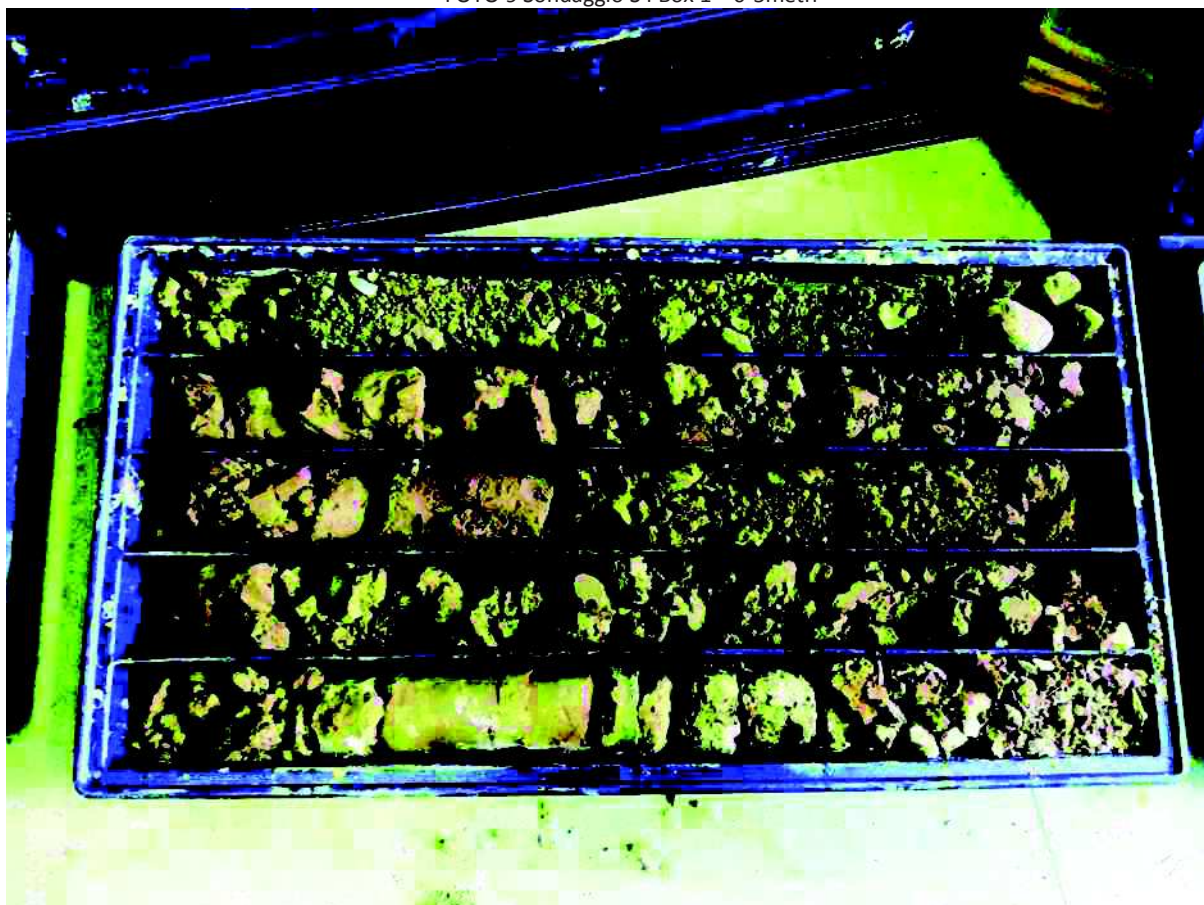


FOTO 10 Sondaggio S4 Box 2 5-10metri



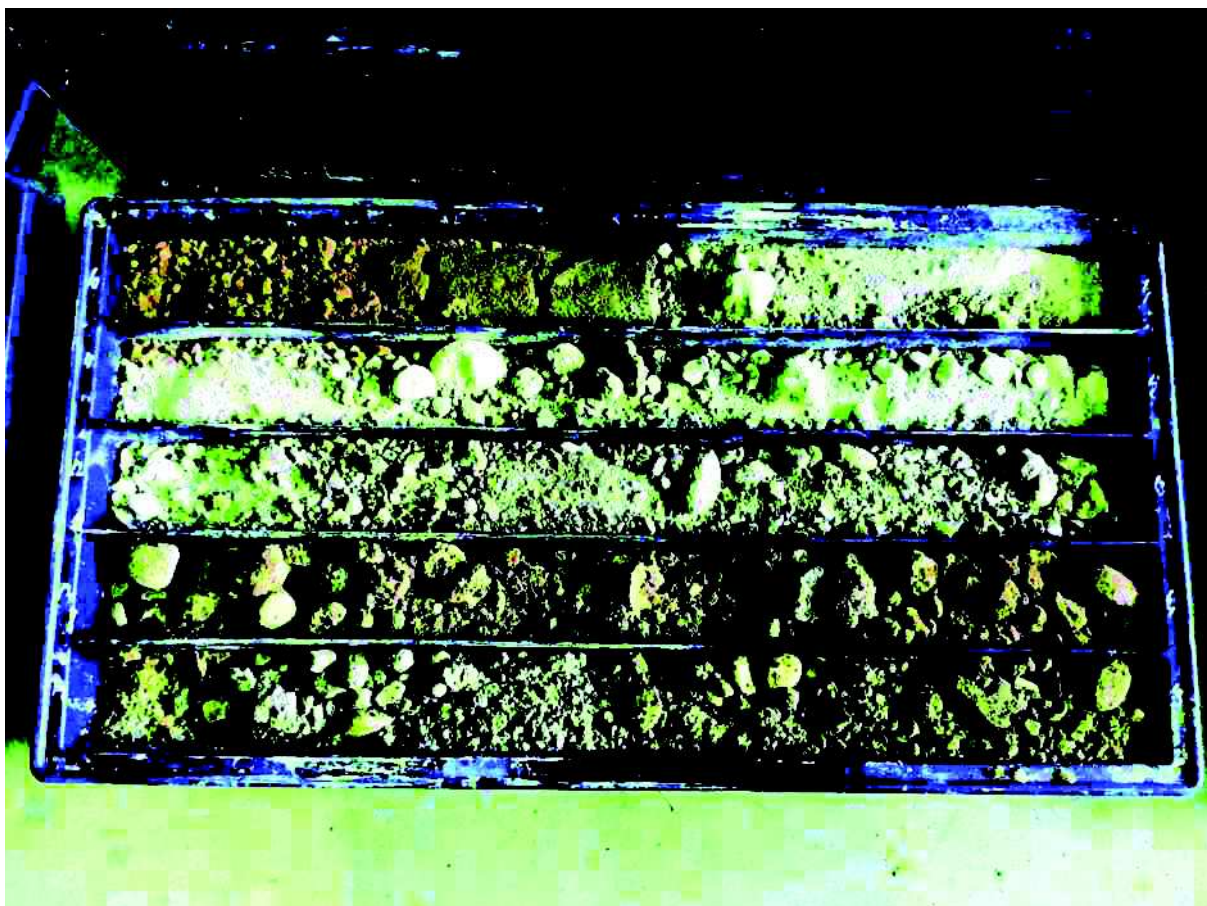


FOTO 11 Sondaggio S4 Box 3 10-15metri

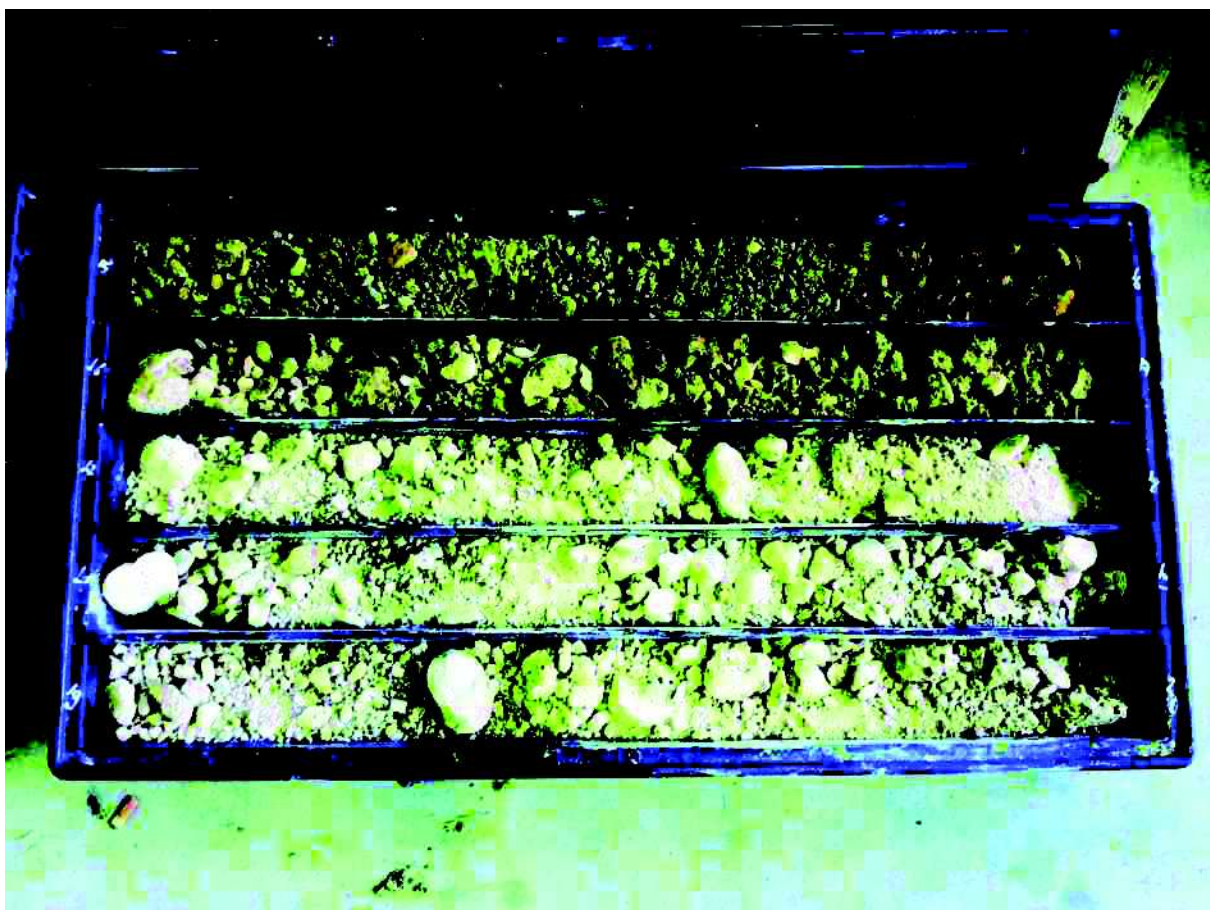
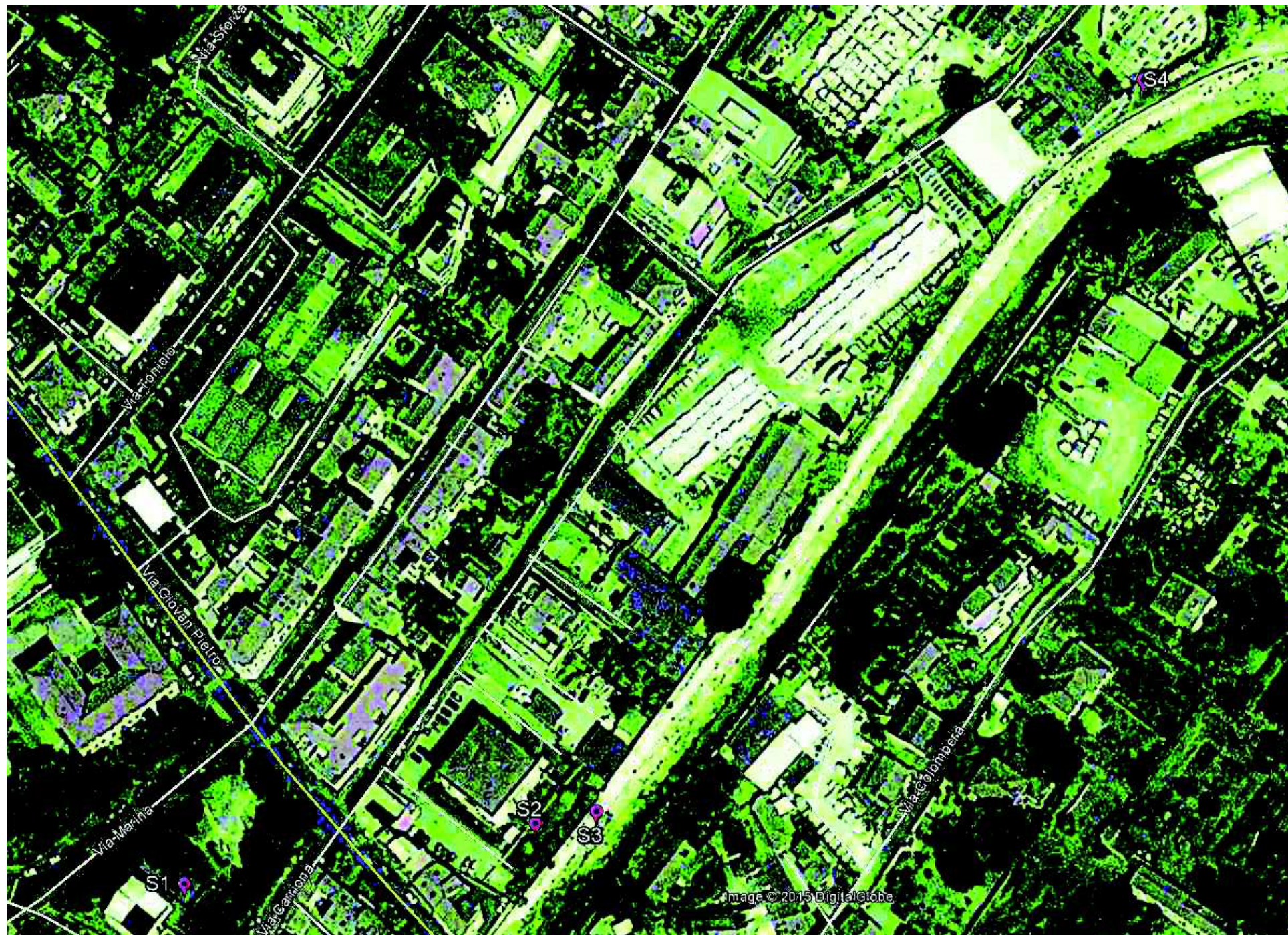


FOTO 12 Sondaggio S4 Box 4 15-20metri







**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 1**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza  
- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:  
- note: Inserimento DPSH rifiuto a 4,80

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 29/01/2015

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	45,0	55,0	90,0	0,67	135,0	2,60	10,0	15,0	20,0	0,53	37,0
0,40	25,0	30,0	50,0	0,53	94,0	2,80	10,0	14,0	20,0	0,27	75,0
0,60	10,0	14,0	20,0	0,67	30,0	<b>3,00</b>	8,0	10,0	16,0	0,40	40,0
0,80	8,0	13,0	16,0	0,53	30,0	3,20	7,0	10,0	14,0	0,40	35,0
<b>1,00</b>	10,0	14,0	20,0	0,40	50,0	3,40	7,0	10,0	14,0	0,40	35,0
1,20	12,0	15,0	24,0	0,40	60,0	3,60	9,0	12,0	18,0	0,67	27,0
1,40	10,0	13,0	20,0	0,53	37,0	3,80	10,0	15,0	20,0	0,40	50,0
1,60	12,0	16,0	24,0	0,53	45,0	<b>4,00</b>	10,0	13,0	20,0	0,40	50,0
1,80	18,0	22,0	36,0	0,67	54,0	4,20	15,0	18,0	30,0	1,33	22,0
<b>2,00</b>	20,0	25,0	40,0	0,53	75,0	4,40	40,0	50,0	80,0	2,67	30,0
2,20	9,0	13,0	18,0	0,53	34,0	4,60	180,0	200,0	360,0	-----	----
2,40	8,0	12,0	16,0	0,67	24,0						

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



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 2**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza  
- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:  
- note: Inserimento DPSH rifiuto a 1,60

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 29/01/2015

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	12,0	13,0	24,0	0,40	60,0	<b>1,00</b>	10,0	16,0	20,0	0,80	25,0
0,40	12,0	15,0	24,0	0,93	26,0	1,20	5,0	11,0	10,0	2,67	4,0
0,60	8,0	15,0	16,0	0,67	24,0	1,40	180,0	200,0	360,0	2,67	135,0
0,80	13,0	18,0	26,0	0,80	32,0	1,60	200,0	220,0	400,0	-----	----

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

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 3**

3.010496-018

- committente:	Ecoinerti	- data prova :	29/01/2015
- lavoro:	Carriona	- quota inizio :	Piano Campagna
- località:	Avenza	- prof. falda :	Falda non rilevata
- resp. cantiere:		- data emiss. :	29/01/2015
- assist. cantiere:			
- note:	Inserimento DPSH rifiuto a 1,60		

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	11,0	11,0	22,0	0,40	55,0	1,20	6,0	8,0	12,0	1,33	9,0
0,40	6,0	9,0	12,0	0,53	22,0	1,40	40,0	50,0	80,0	1,33	60,0
0,60	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	1,60	90,0	100,0	180,0	1,33	135,0
0,80	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	1,80	180,0	190,0	360,0	-----	----
<b>1,00</b>	5,0	9,0	10,0	0,27	37,0						

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

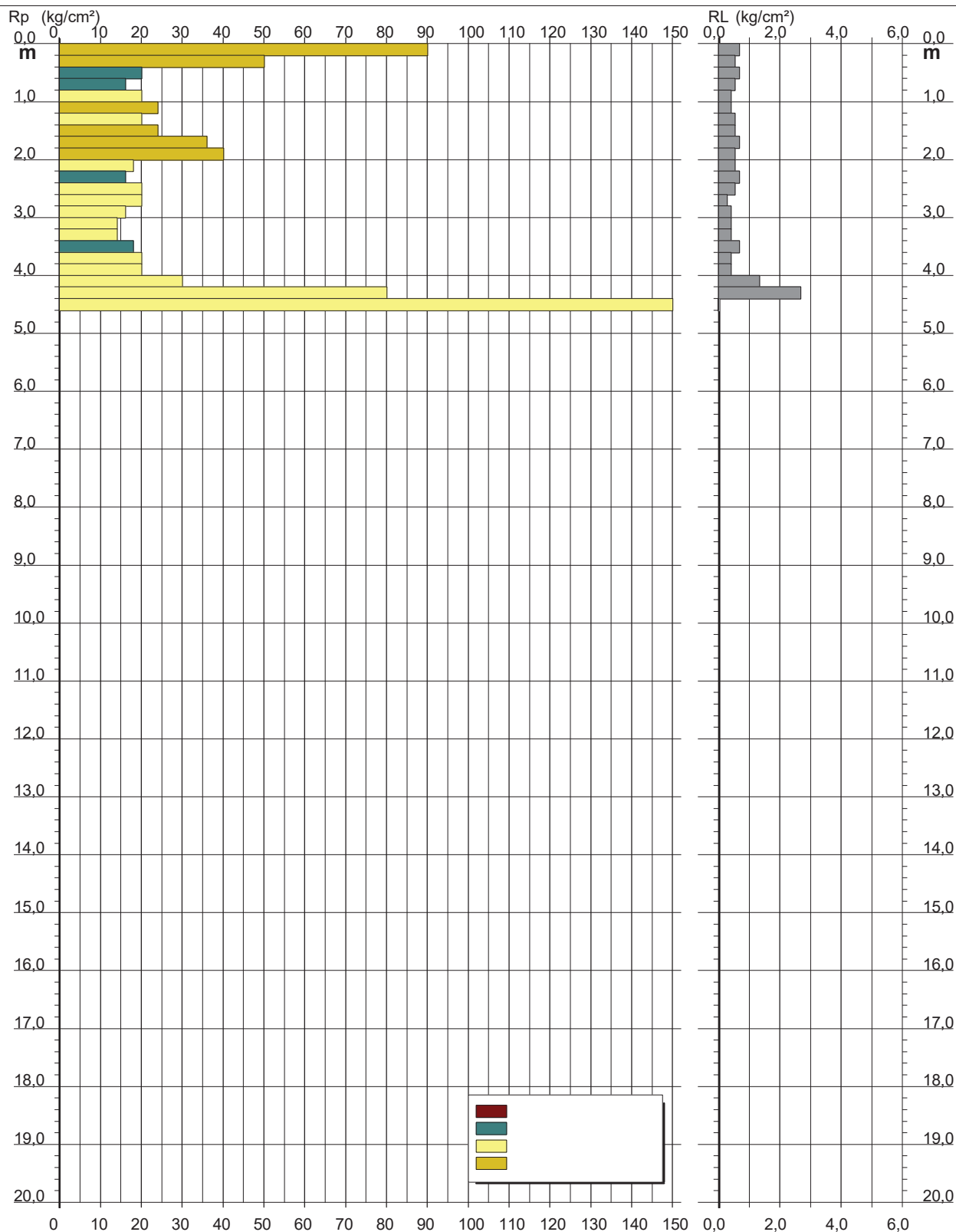
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 1**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100  
- data emiss. : 29/01/2015

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 4,80



## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

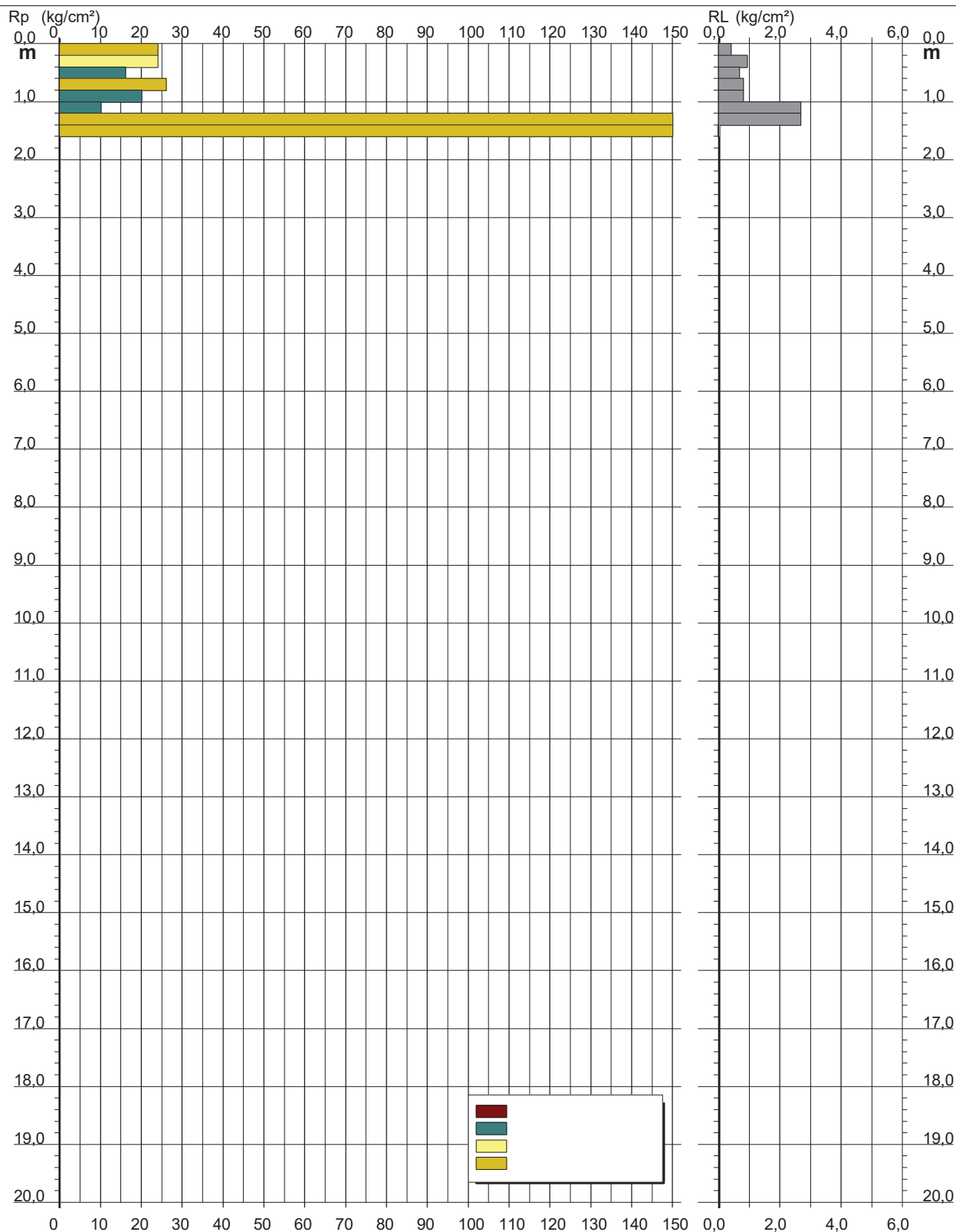
**CPT 2**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100  
- data emiss. : 29/01/2015

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 1,60



## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

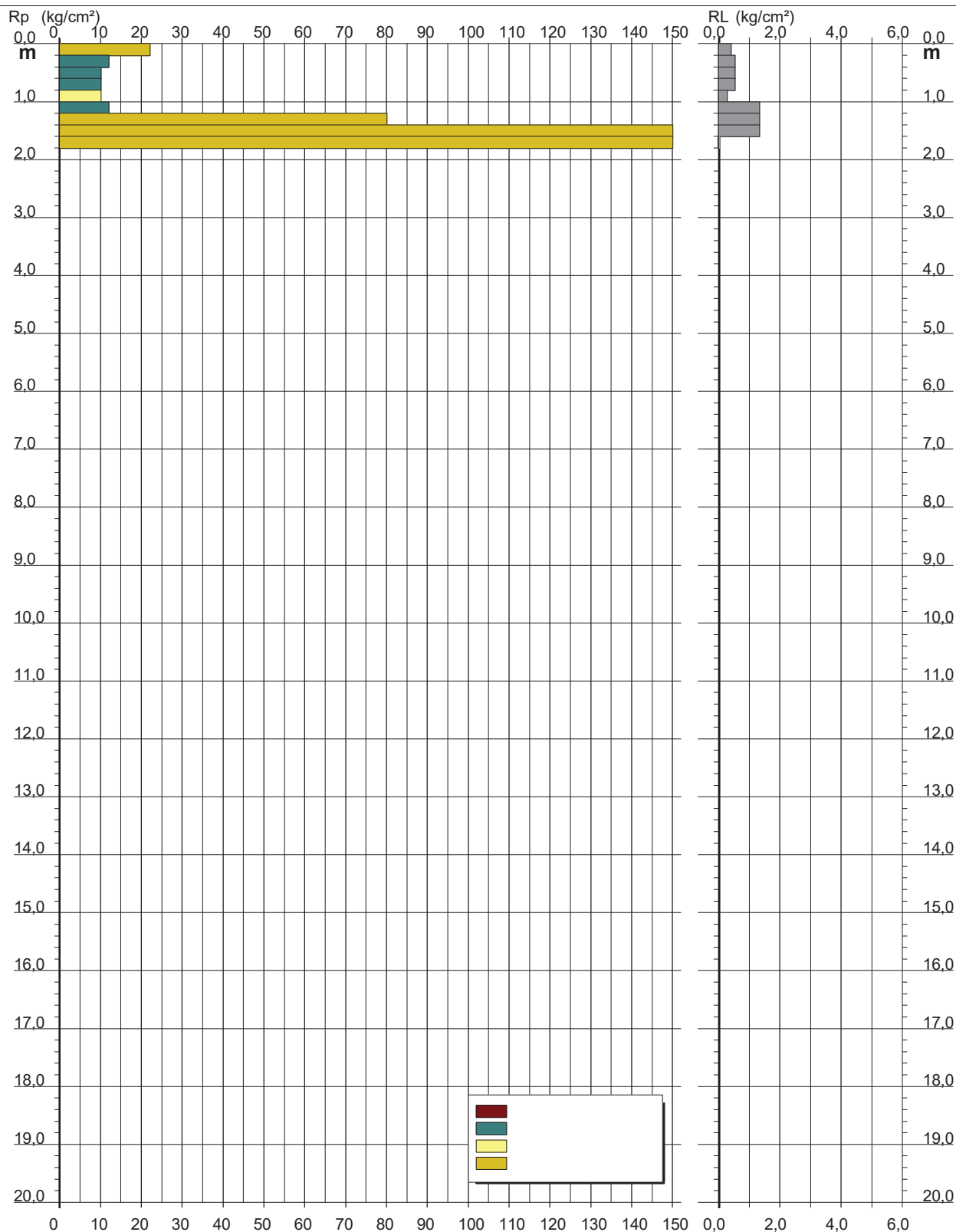
**CPT 3**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100  
- data emiss. : 29/01/2015

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 1,60



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE****CPT 1**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 4,80

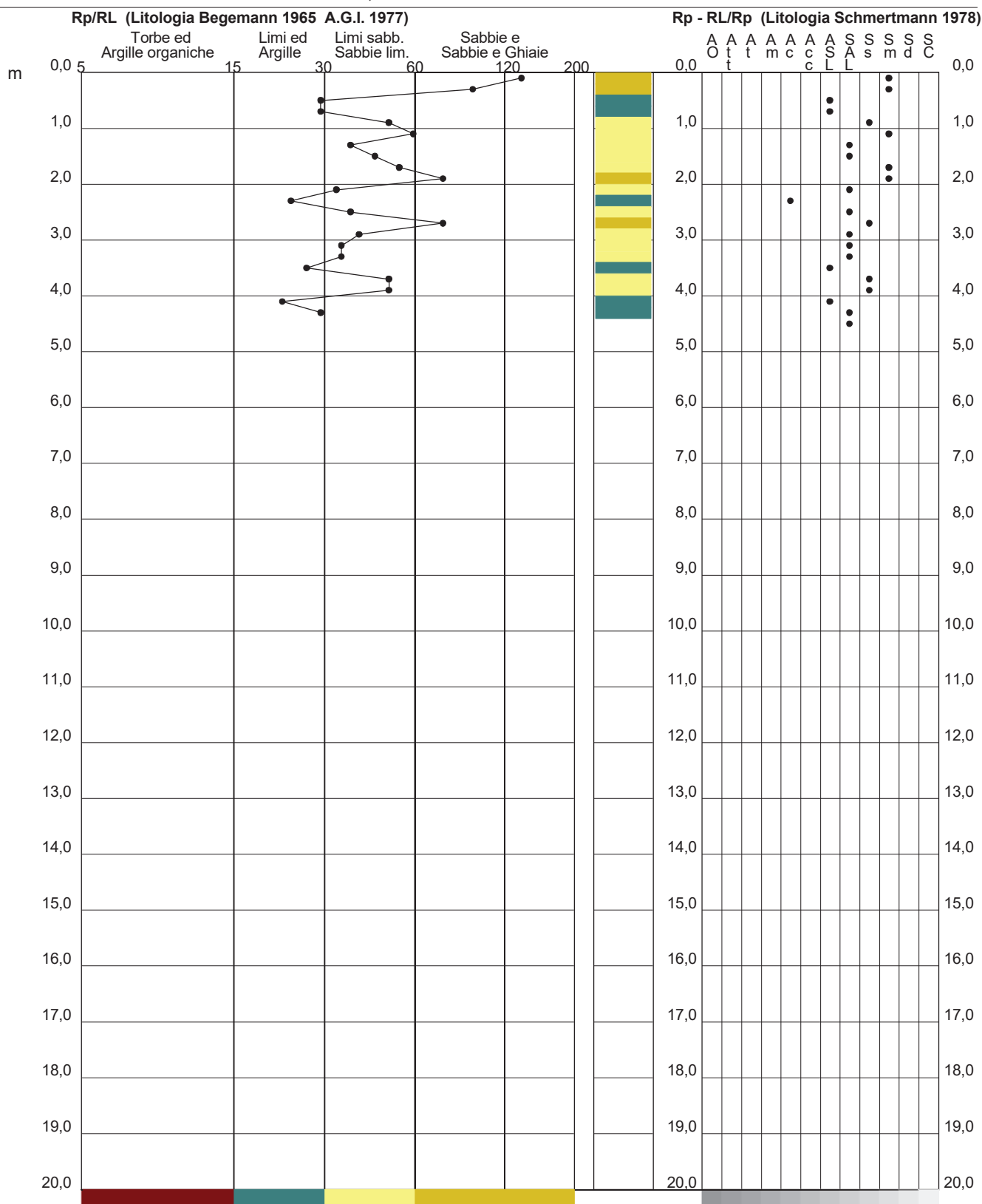
- data prova : 29/01/2015

- quota inizio : Piano Campagna

- prof. falda : Falda non rilevata

- scala vert.: 1 : 100

- data emiss. : 29/01/2015





**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE****CPT 2**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 1,60

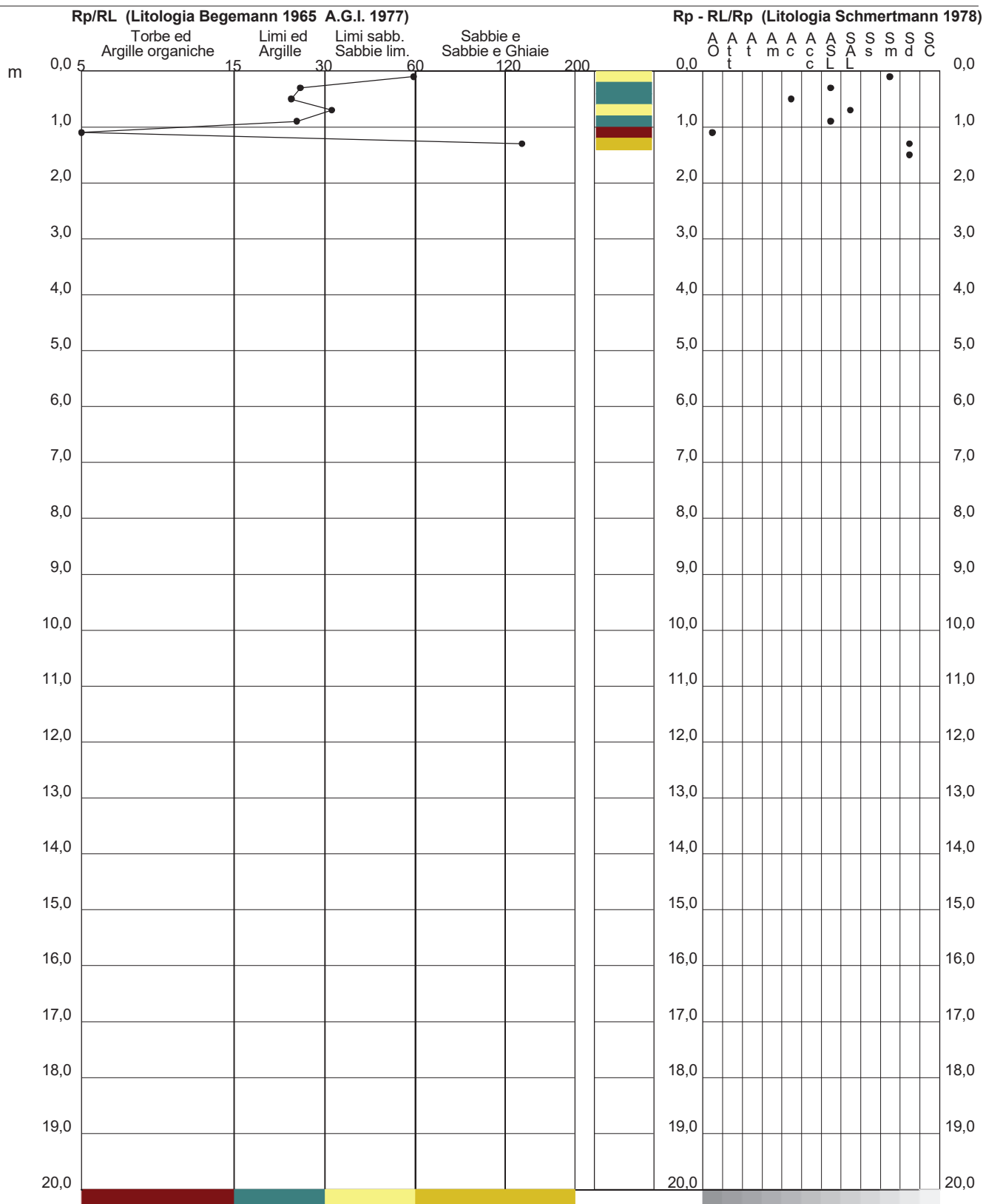
- data prova : 29/01/2015

- quota inizio : Piano Campagna

- prof. falda : Falda non rilevata

- scala vert.: 1 : 100

- data emiss. : 29/01/2015



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE****CPT 3**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 1,60

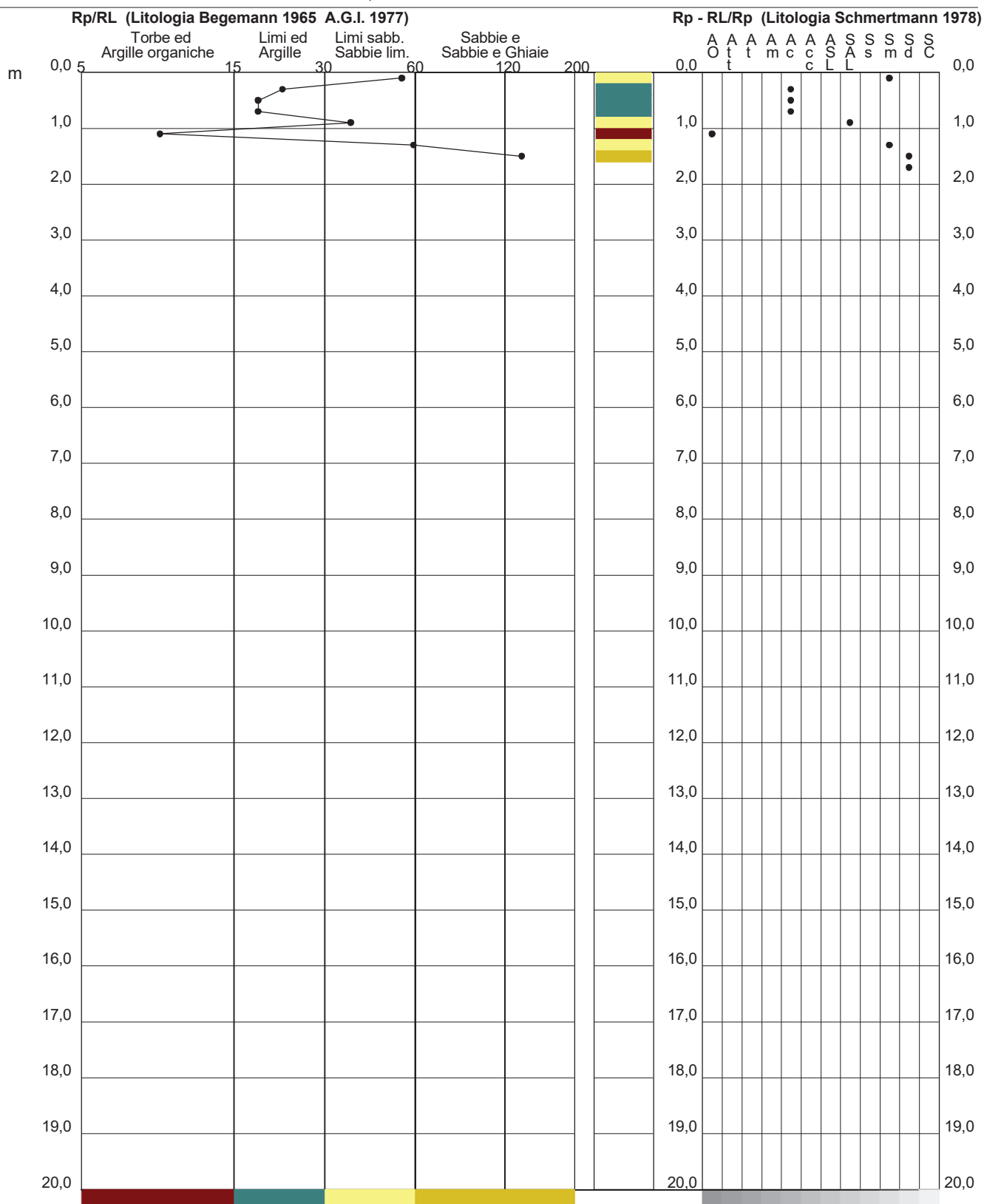
- data prova : 29/01/2015

- quota inizio : Piano Campagna

- prof. falda : Falda non rilevata

- scala vert.: 1 : 100

- data emiss. : 29/01/2015



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI****CPT 1**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:

- data emiss. : 29/01/2015

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 4,80

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm <sup>2</sup>	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>
0,20	90	135	3:~	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	33	0,258	150	225	270
0,40	50	94	3:~	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	31	0,258	83	125	150
0,60	20	30	4:/	1,85	0,11	0,80	74,1	136	204	60	70	38	40	42	44	40	27	0,160	33	50	60
0,80	16	30	4:/	1,85	0,15	0,70	43,5	118	177	52	56	36	38	40	42	37	27	0,119	27	40	48
1,00	20	50	4:/	1,85	0,19	0,80	39,2	136	204	60	58	36	38	40	43	37	27	0,125	33	50	60
1,20	24	60	3:~	1,85	0,22	--	--	--	--	--	60	36	38	41	43	37	28	0,130	40	60	72
1,40	20	37	4:/	1,85	0,26	0,80	25,7	136	204	60	50	35	37	40	42	36	27	0,103	33	50	60
1,60	24	45	3:~	1,85	0,30	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	36	28	0,111	40	60	72
1,80	36	54	3:~	1,85	0,33	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	37	30	0,141	60	90	108
2,00	40	75	3:~	1,85	0,37	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	37	30	0,144	67	100	120
2,20	18	34	4:/	1,85	0,41	0,75	13,5	128	191	56	35	33	35	38	41	32	27	0,068	30	45	54
2,40	16	24	2:~	1,85	0,44	0,70	11,0	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	20	37	4:/	1,85	0,48	0,80	11,9	136	204	60	35	33	35	38	41	32	27	0,067	33	50	60
2,80	20	75	4:/	1,85	0,52	0,80	10,8	136	204	60	33	33	35	38	41	32	27	0,064	33	50	60
3,00	16	40	4:/	1,85	0,55	0,70	8,3	132	198	52	23	31	34	37	40	30	27	0,044	27	40	48
3,20	14	35	4:/	1,85	0,59	0,64	6,9	150	224	48	17	30	33	36	39	29	26	0,033	23	35	42
3,40	14	35	4:/	1,85	0,63	0,64	6,4	163	245	48	16	30	33	36	39	29	26	0,030	23	35	42
3,60	18	27	2:~	1,85	0,67	0,75	7,3	165	247	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	20	50	4:/	1,85	0,70	0,80	7,4	173	260	60	25	32	34	37	40	30	27	0,048	33	50	60
4,00	20	50	4:/	1,85	0,74	0,80	6,9	186	280	60	24	31	34	37	40	30	27	0,046	33	50	60
4,20	30	22	4:/	1,85	0,78	1,00	8,6	184	276	90	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90
4,40	80	30	4:/	1,85	0,81	2,67	27,7	453	680	240	69	38	40	42	44	37	33	0,157	133	200	240
4,60	360	--	3:~	1,85	0,85	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	40	0,258	600	900	1080

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI****CPT 2**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:

- data emiss. : 29/01/2015

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 1,60

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm <sup>2</sup>	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>
0,20	24	60	3:~	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	28	0,258	40	60	72
0,40	24	26	4:/:	1,85	0,07	0,89	99,9	151	227	72	86	40	42	43	45	42	28	0,211	40	60	72
0,60	16	24	2:~	1,85	0,11	0,70	62,3	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	26	32	3:~	1,85	0,15	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	40	28	0,166	43	65	78
1,00	20	25	4:/:	1,85	0,19	0,80	39,2	136	204	60	58	36	38	40	43	37	27	0,125	33	50	60
1,20	10	4	2:~	1,85	0,22	0,50	17,3	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	360	135	3:~	1,85	0,26	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	600	900	1080
1,60	400	--	3:~	1,85	0,30	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	667	1000	1200

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI****CPT 3**

3.010496-018

- committente: Ecoinerti  
- lavoro: Carriona  
- località: Avenza

- data prova : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:

- data emiss. : 29/01/2015

- note: Inserimento DPSH rifiuto a 1,60

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	22	55	3:	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	28	0,258	37	55	66
0,40	12	22	2:	1,85	0,07	0,57	80,8	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	10	19	2:	1,85	0,11	0,50	41,2	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	10	19	2:	1,85	0,15	0,50	28,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	10	37	4:/:	1,85	0,19	0,50	21,8	85	128	40	34	33	35	38	41	34	26	0,066	17	25	30
1,20	12	9	2:	1,85	0,22	0,57	20,5	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	80	60	3:	1,85	0,26	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	42	33	0,249	133	200	240
1,60	180	135	3:	1,85	0,30	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	37	0,258	300	450	540
1,80	360	--	3:	1,85	0,33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	600	900	1080



## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH (S. Heavy)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 7,94 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,014$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza  
- note :

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	15	74,5	----	1	3,90 - 4,20	16	60,4	----	5
0,30 - 0,60	11	54,6	----	1	4,20 - 4,50	21	79,3	----	5
0,60 - 0,90	16	79,5	----	1	4,50 - 4,80	30	113,3	----	5
0,90 - 1,20	31	142,7	----	2	4,80 - 5,10	25	89,1	----	6
1,20 - 1,50	12	55,2	----	2	5,10 - 5,40	12	42,7	----	6
1,50 - 1,80	20	92,1	----	2	5,40 - 5,70	21	74,8	----	6
1,80 - 2,10	13	55,8	----	3	5,70 - 6,00	9	32,1	----	6
2,10 - 2,40	11	47,2	----	3	6,00 - 6,30	7	23,6	----	7
2,40 - 2,70	16	68,6	----	3	6,30 - 6,60	10	33,7	----	7
2,70 - 3,00	33	141,6	----	3	6,60 - 6,90	41	138,2	----	7
3,00 - 3,30	13	52,2	----	4	6,90 - 7,20	80	256,0	----	8
3,30 - 3,60	13	52,2	----	4	7,20 - 7,50	100	320,0	----	8
3,60 - 3,90	13	52,2	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [  $\delta$  = 30 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza  
- note :

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	13	64,6	----	1	2,40 - 2,70	20	85,8	----	3
0,30 - 0,60	18	89,4	----	1	2,70 - 3,00	16	68,6	----	3
0,60 - 0,90	20	99,3	----	1	3,00 - 3,30	16	64,3	----	4
0,90 - 1,20	19	87,5	----	2	3,30 - 3,60	8	32,1	----	4
1,20 - 1,50	15	69,0	----	2	3,60 - 3,90	4	16,1	----	4
1,50 - 1,80	19	87,5	----	2	3,90 - 4,20	3	11,3	----	5
1,80 - 2,10	23	98,7	----	3	4,20 - 4,50	25	94,4	----	5
2,10 - 2,40	15	64,3	----	3	4,50 - 4,80	100	377,6	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [  $\delta$  = 30 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza  
- note : Effettuate prove bis e tris con rifiuto a 0,60

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	8	39,7	----	1	0,90 - 1,20	19	87,5	----	2
0,30 - 0,60	32	158,9	----	1	1,20 - 1,50	12	55,2	----	2
0,60 - 0,90	38	188,7	----	1	1,50 - 1,80	100	460,3	----	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [  $\delta$  = 30 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 4

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza  
- note :

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	3	14,9	----	1	2,40 - 2,70	59	253,1	----	3
0,30 - 0,60	9	44,7	----	1	2,70 - 3,00	39	167,3	----	3
0,60 - 0,90	8	39,7	----	1	3,00 - 3,30	45	180,7	----	4
0,90 - 1,20	6	27,6	----	2	3,30 - 3,60	41	164,7	----	4
1,20 - 1,50	5	23,0	----	2	3,60 - 3,90	45	180,7	----	4
1,50 - 1,80	7	32,2	----	2	3,90 - 4,20	35	132,1	----	5
1,80 - 2,10	10	42,9	----	3	4,20 - 4,50	100	377,6	----	5
2,10 - 2,40	15	64,3	----	3					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [  $\delta$  = 30 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

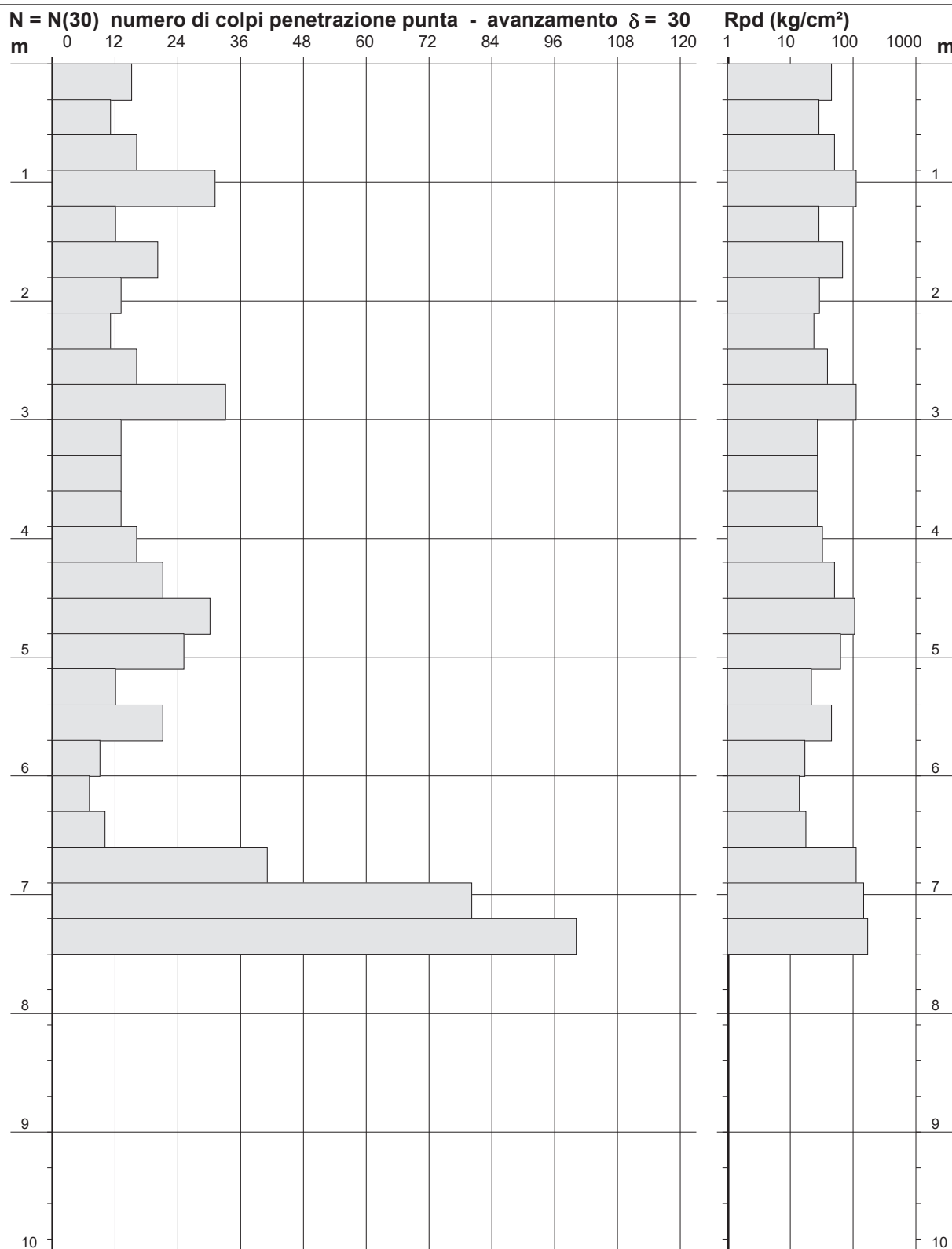
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [ $\delta = 30$  cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**



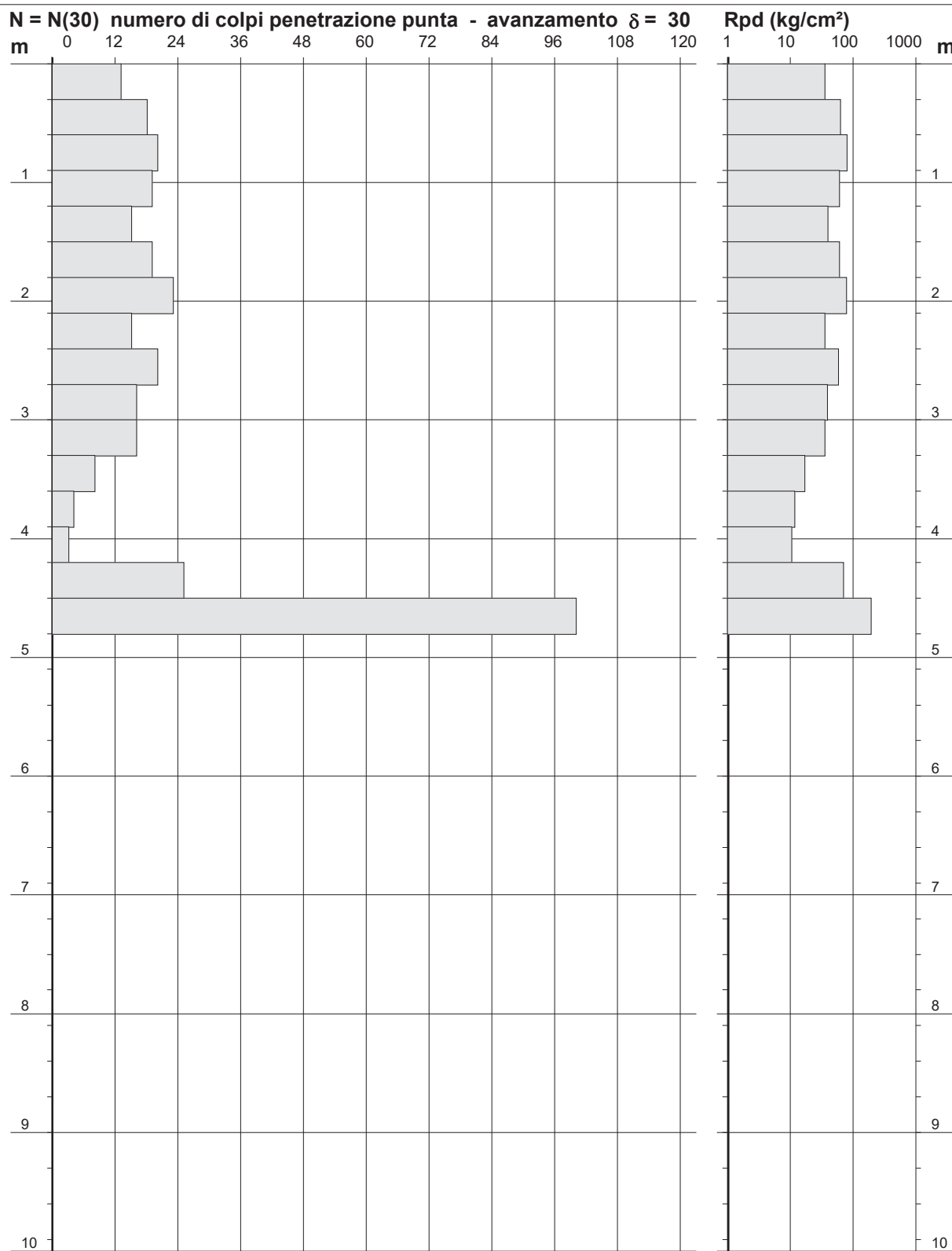
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 3

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [  $\delta = 30$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

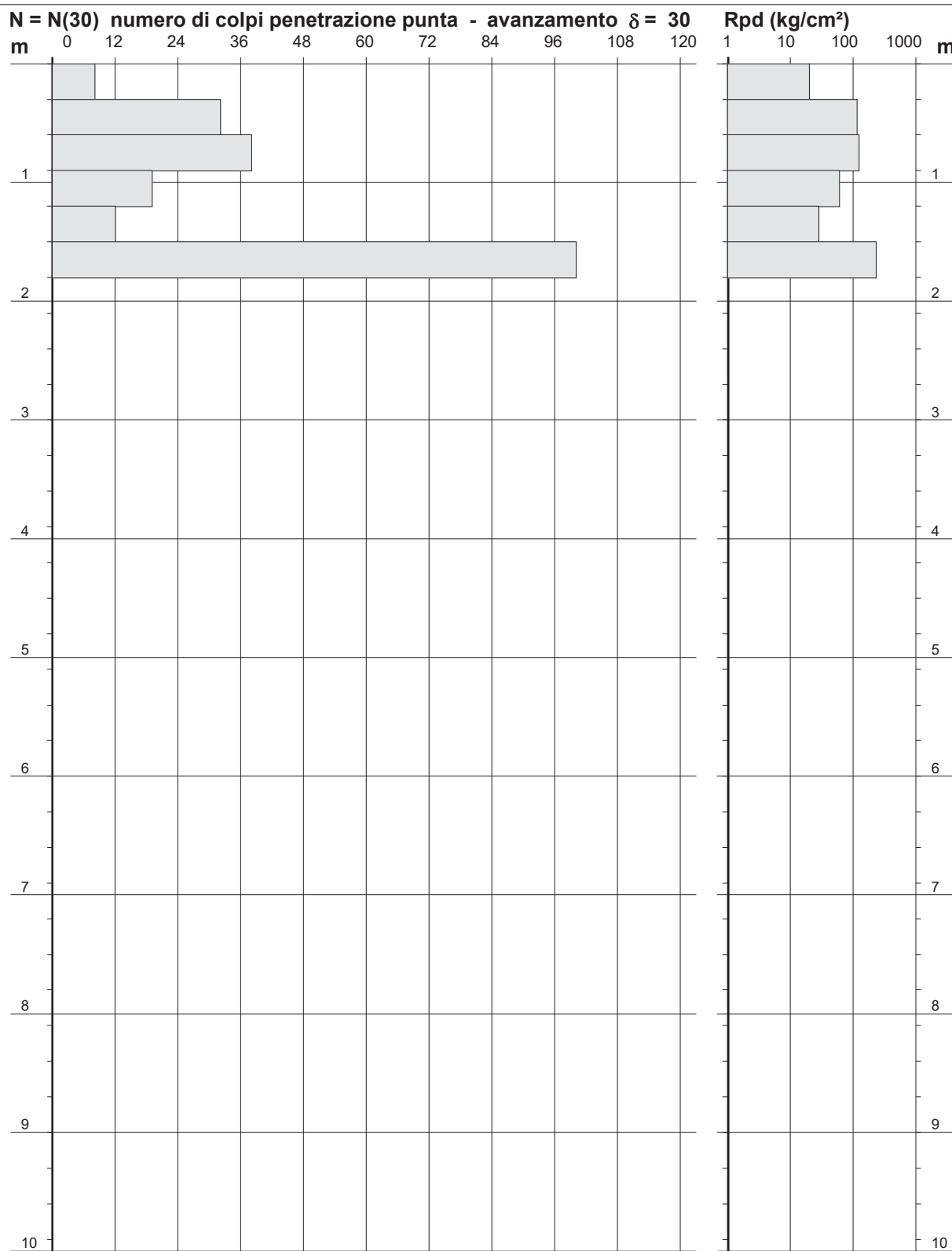
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [  $\delta = 30$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

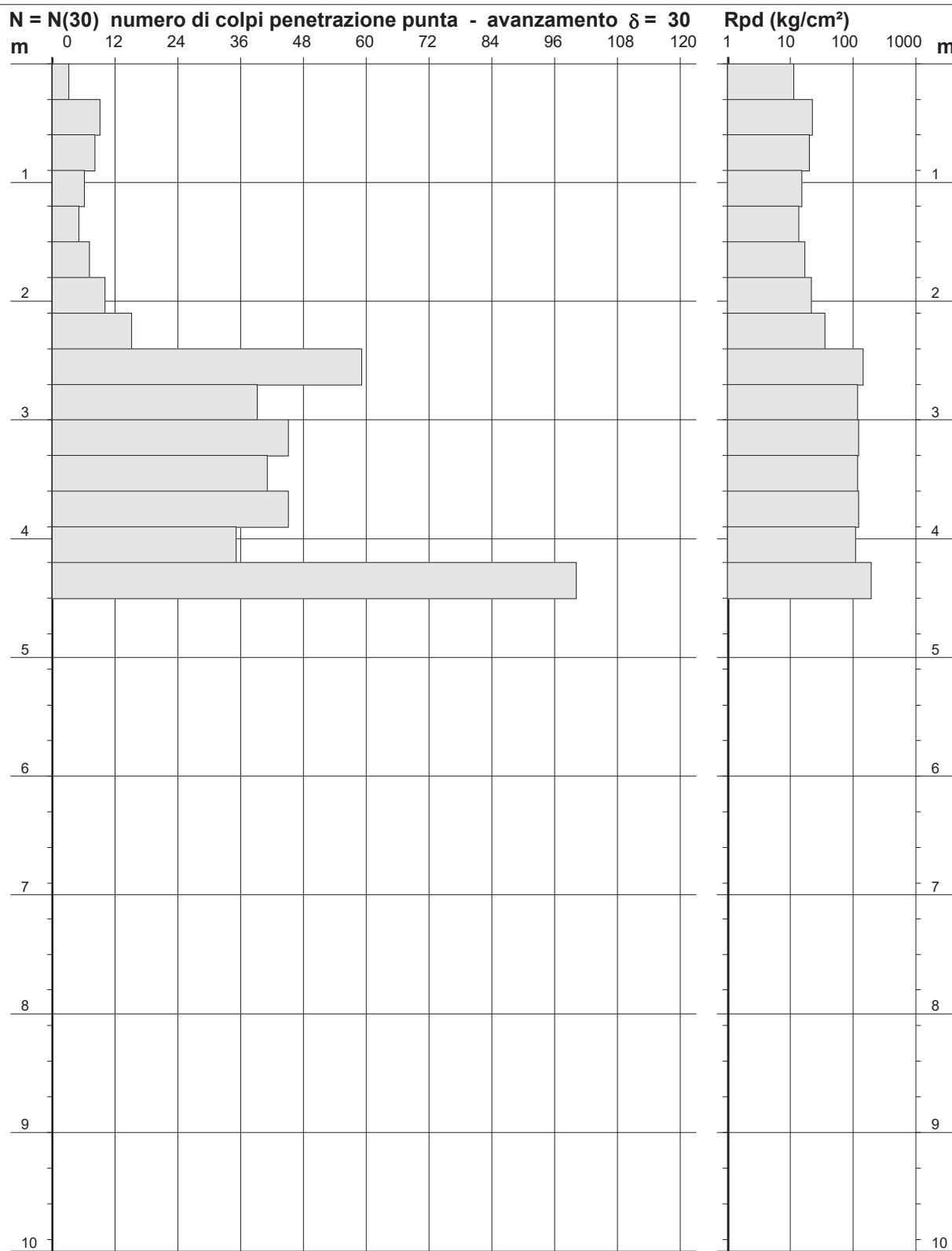
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 4

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [  $\delta = 30$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

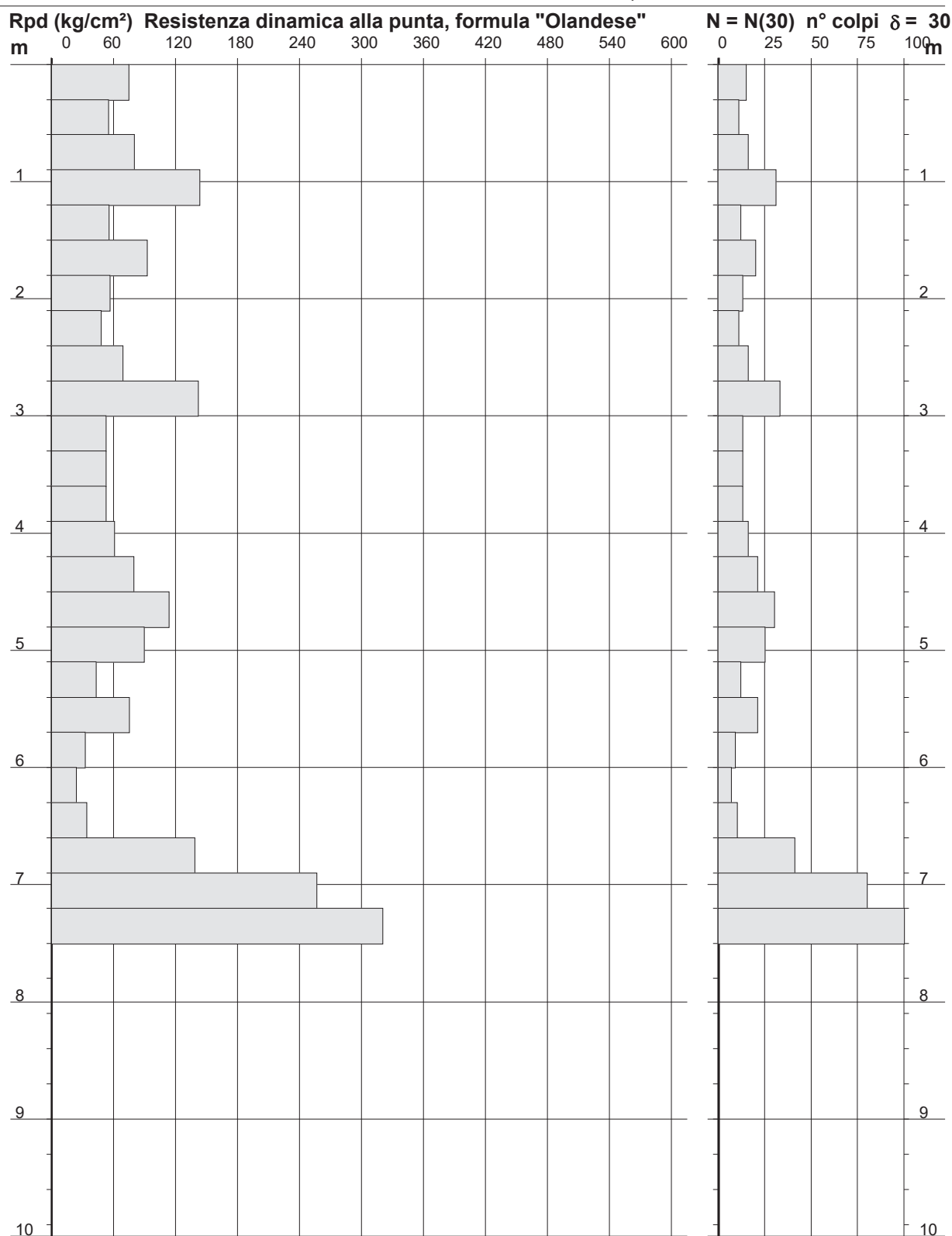
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [  $\delta = 30$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

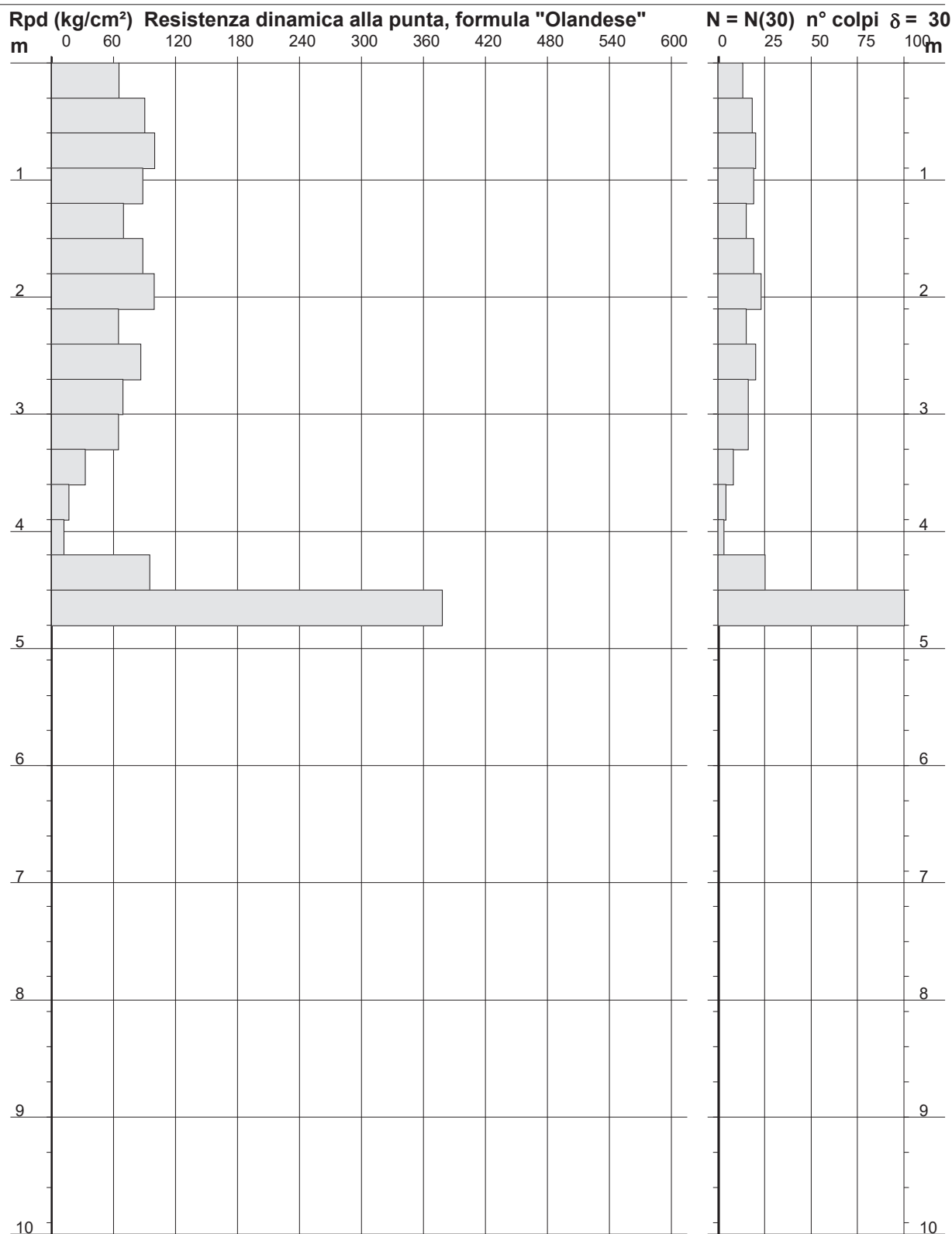
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 3

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [  $\delta = 30$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**



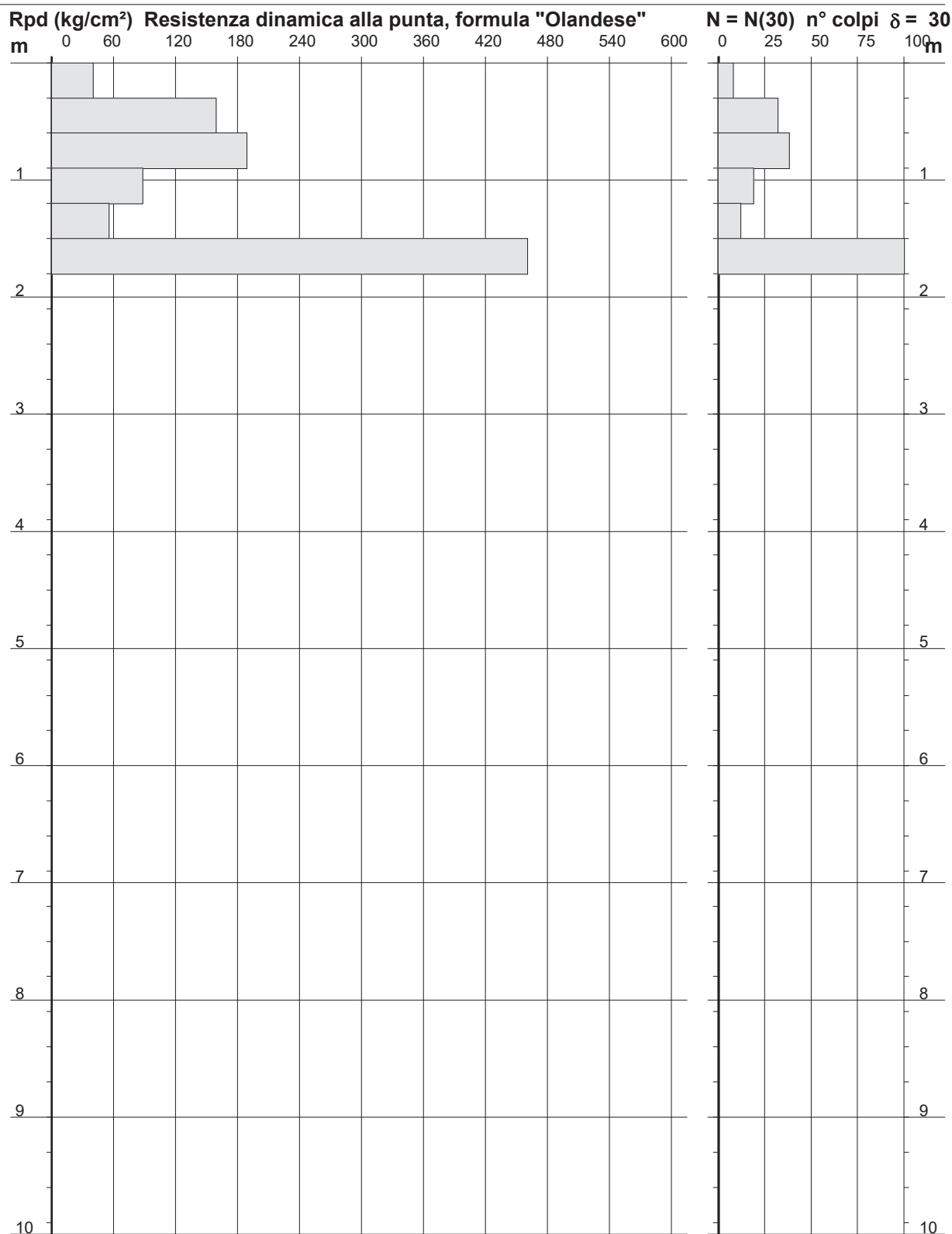
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [  $\delta = 30$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

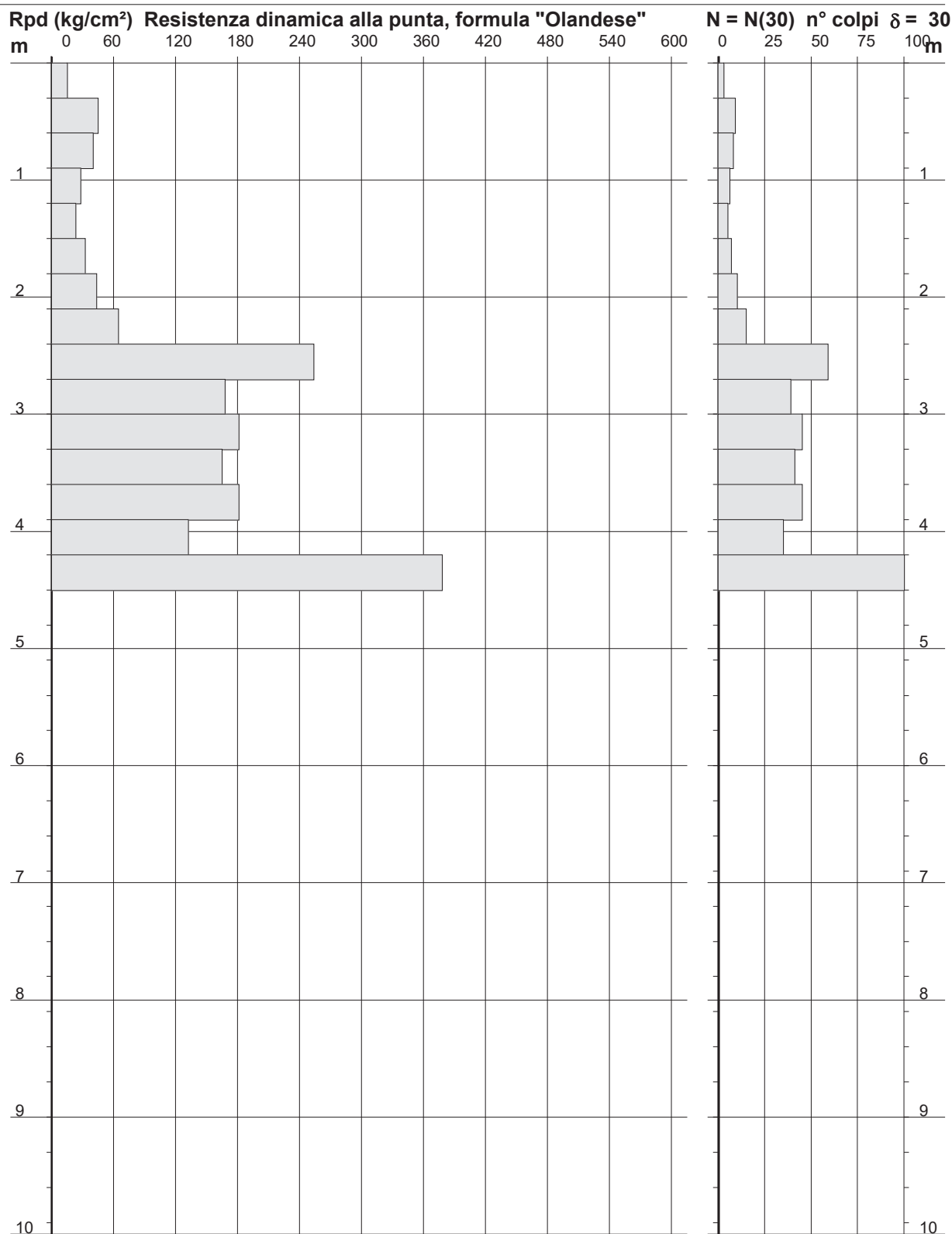
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 4

Scala 1: 50

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [  $\delta = 30$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 1

- indagine : Ecoinerti  
- cantiere : Carriona  
- località : Avenza  
- note : Effettuate prove bis e tris con rifiuto a 0,60

- data : 29/01/2015  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	1,50	N Rpd	21,8 106,0	8 40	38 189	14,9 72,9	---- ----	---- ----	---- ----	22 107	1,01	<b>22</b>
2	1,50	1,80	N Rpd	100,0 460,3	100 460	100 460	100,0 460,3	---- ----	---- ----	---- ----	100 460	1,01	<b>101</b>

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm ) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)

$\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,01$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.50		22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	1.38	2.04	23	0.628
2	1.50	1.80		101	100.0	45.0	970	2.24	1.99	6.31	3.00	-06	-0.151

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 2

- indagine :	Ecoinerti	- data :	29/01/2015
- cantiere :	Carriena	- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Avenza	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	3,90	N	16,7	11	33	13,8	7,2	9,5	23,9	17	1,01	17
			Rpd	74,5	47	143	60,8	32,7	41,7	107,2			
2	3,90	5,70	N	20,8	12	30	16,4	6,4	14,5	27,2	21	1,01	21
			Rpd	76,6	43	113	59,7	24,2	52,4	100,8			
3	5,70	6,60	N	8,7	7	10	7,8	----	----	----	9	1,01	9
			Rpd	29,8	24	34	26,7	----	----	----			
4	6,60	7,50	N	73,7	41	100	57,3	----	----	----	74	1,01	75
			Rpd	238,1	138	320	188,2	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm )    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,01$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	3.90		17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	1.06	1.98	27	0.729
2	3.90	5.70		21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
3	5.70	6.60		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
4	6.60	7.50		75	94.4	44.3	770	2.20	1.93	4.69	2.69	----	0.008

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 3

- indagine :	Ecoinerti	- data :	29/01/2015
- cantiere :	Carriona	- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Avenza	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	3,30	N	17,6	13	23	15,3	2,9	14,7	20,5	18	1,01	18
			Rpd	79,9	64	99	72,1	13,9	66,0	93,8	82		
2	3,30	4,50	N	10,0	3	25	6,5	----	----	----	10	1,01	10
			Rpd	38,5	11	94	24,9	----	----	----	39		
3	4,50	4,80	N	100,0	100	100	100,0	----	----	----	100	1,01	101
			Rpd	377,6	378	378	377,6	----	----	----	378		

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)

$\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,01$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	3.30		18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
2	3.30	4.50		10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
3	4.50	4.80		101	100.0	45.0	970	2.24	1.99	6.31	3.00	-06	-0.151

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace

e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata

E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 4

- indagine :	Ecoinerti	- data :	29/01/2015
- cantiere :	Carriona	- quota inizio :	Piano campagna
- località :	Avenza	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00	2,40	N Rpd	7,9 36,2	3 15	15 64	5,4 25,5	3,6 15,3	4,2 20,9	11,5 51,5	8 37	1,01	8
2	2,40	4,20	N Rpd	44,0 179,8	35 132	59 253	39,5 156,0	8,3 40,1	35,7 139,7	52,3 219,8	44 180	1,01	45
3	4,20	4,50	N Rpd	100,0 377,6	100 378	100 378	100,0 377,6	---- ----	---- ----	---- ----	100 378	1,01	101

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm )    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,01$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

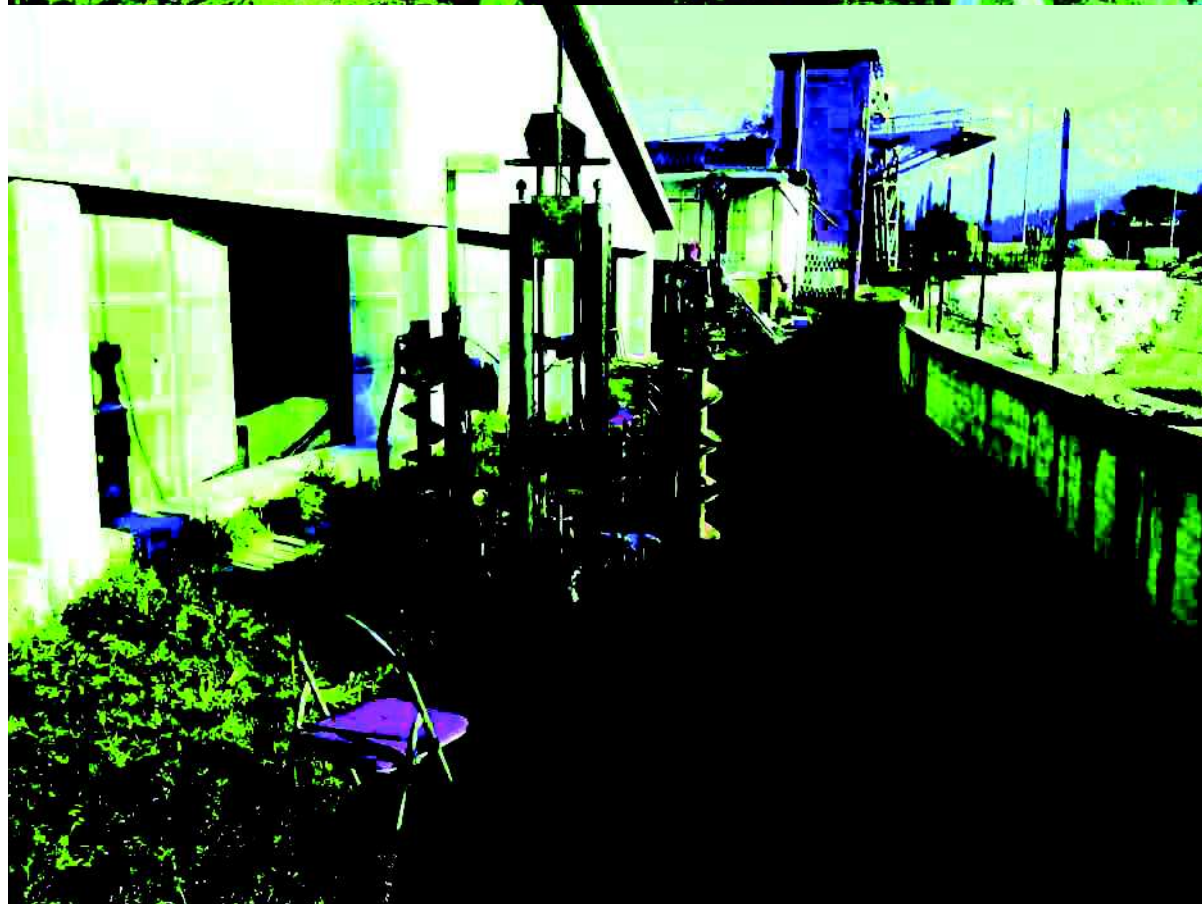
## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	2.40		8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
2	2.40	4.20		45	80.0	39.8	538	2.13	1.81	2.81	2.32	11	0.285
3	4.20	4.50		101	100.0	45.0	970	2.24	1.99	6.31	3.00	-06	-0.151

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

POSTAZIONI ARGINE CARRIONA IN ORDINE:P1,P2,P3,P4.



POSTAZIONI ARGINE CARRIONA IN ORDINE:P1,P2,P3,P4.

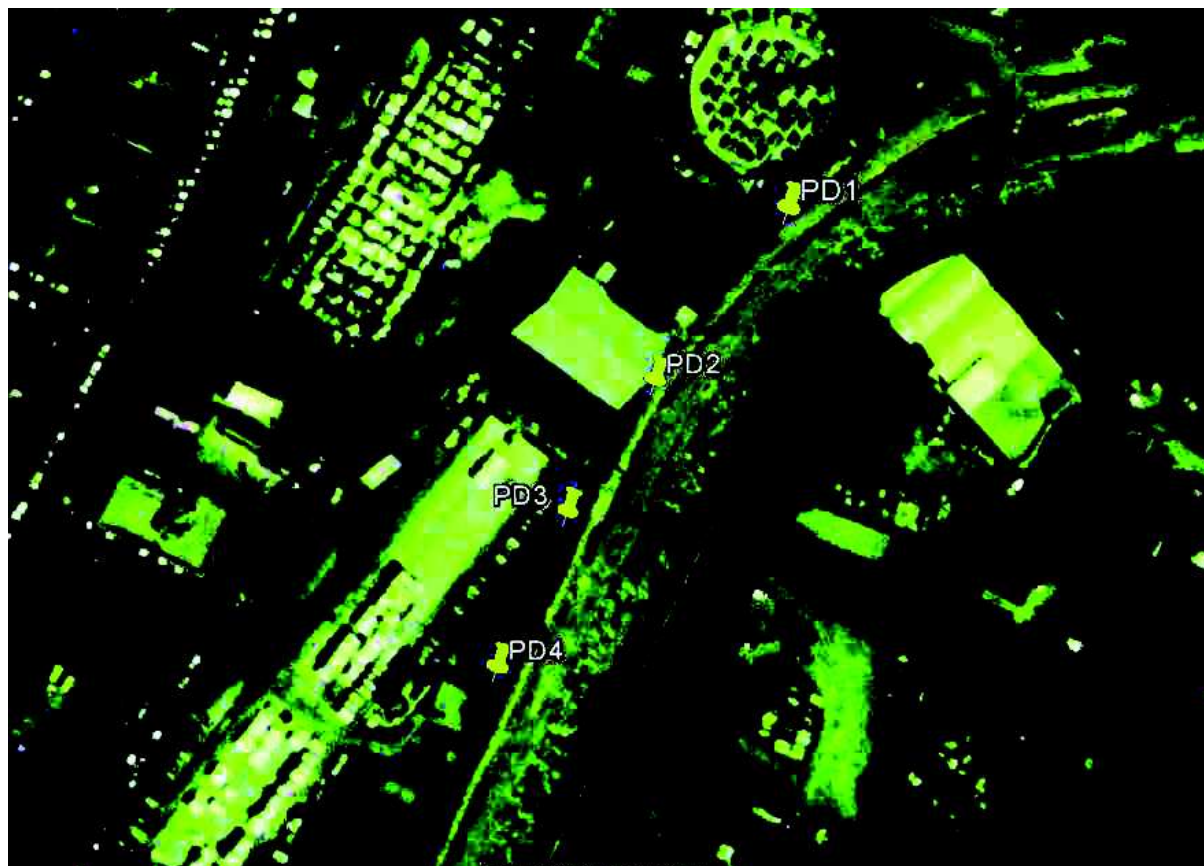




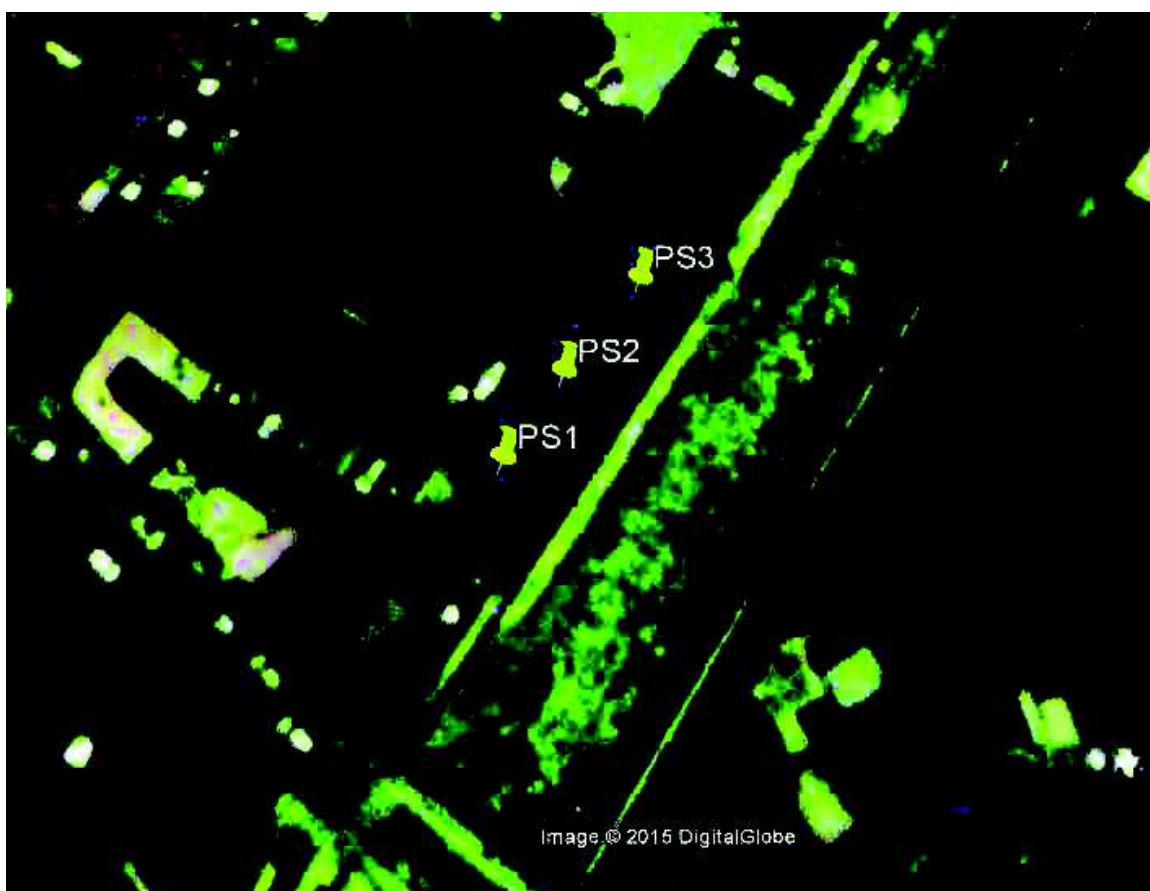
POSTAZIONI ARGINE CARRIONA IN ORDINE:P1,P2,P3,P4.







Ubicazione prove dinamiche sull'argine



Ubicazione prove Statiche nel condominio argine



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**

*Certificazione settore "A" - Prove di laboratorio su terre*

**Decreto 2436 del 14/03/2013 - ART. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**

# **LABOTER s.n.c. di Paolo Tognelli e C.**

## **Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr.2436/13**

<b>Committente :</b>	<b>ECO INERTI s.r.l.</b>
<b>Cantiere :</b>	<b>argine torrente Carrione</b>
	<b>Loc. Avenza - Carrara (MS)</b>
<b>Verbale Accettazione n° :</b>	<b>30 del 30/01/2015</b>
<b>Data Certificazione :</b>	<b>24/02/2015</b>
<b>Campioni n°:</b>	<b>2</b>
<b>Certificati da n° a n° :</b>	<b>00513 a 00523</b>

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consist.			Granulometria				Taglio diretto		Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{\text{sec}}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{\text{sat}}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ kN/m <sup>3</sup>	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	LR %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	$\phi$ °	c kPa	50,0 kPa	100,0 kPa	200,0 kPa	400,0 kPa	800,0 kPa
2	1	4.0-4.5	15,1	19,6	17,1	20,5	26,5	0,55	35,5	73,8	20,9	ND	20,2	21,5	42,4	26,1	10,0	26,9	17	3494	4576	5774	9488	17241
3	1	4.5-4.6	19,7	18,6	15,5	19,6	26,5	0,71	41,4	75,2	21,2	ND	19,0	0,8	40,5	38,0	20,7							



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	ECO INERTI s.r.l.		
RIFERIMENTO:	argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)		
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	4.0-4.5

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	15,1	%
Peso di volume	19,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	17,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,551	
Porosità	35,5	%
Grado di saturazione	73,8	%
Limite di liquidità	20,9	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro	20,2	%
Classif. CNR-UNI	A4	I.G. = 0

#### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	21,5	%
Sabbia	42,4	%
Limo	26,1	%
Argilla	10,0	%
D 10	0,005026	mm
D 50	0,160108	mm
D 60	0,244853	mm
D 90	12,103380	mm
Passante set. 10	74,0	%
Passante set. 40	67,0	%
Passante set. 200	36,1	%

#### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

#### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa

#### SCISSOMETRO

$\tau$	kPa
$\tau$	kPa

#### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
C	17,4	kPa
$\phi$	26,9	°
C <sub>Res</sub>		kPa
$\phi_{Res}$		°

#### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	$\phi_u$	°

#### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
12,5 ÷ 25,0	3986	0,000150	3,70E-09
25,0 ÷ 50,0	3494	0,000183	5,13E-09
50,0 ÷ 100,0	4576	0,000434	9,30E-09
100,0 ÷ 200,0	5774	0,001108	1,88E-08
200,0 ÷ 400,0	9488	0,001011	1,05E-08
400,0 ÷ 800,0	17241	0,000333	1,90E-09
800,0 ÷ 1600,0	27397	0,000280	1,00E-09

#### FOTOGRAFIA



#### OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	R <sub>p</sub> kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	ED	TD	
				Sabbia limosa con ciottoli, mediamente addensata Munsell Soil Color Charts : 10 YR 5/6 marrone giallastro scuro
			34	



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00516	Allegato 1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 24/02/15	Inizio analisi: 12/02/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 30 del 30/01/15		<b>Apertura campione:</b> 09/02/15	Fine analisi: 16/02/15

<b>COMMITTENTE:</b> ECO INERTI s.r.l.			
<b>RIFERIMENTO:</b> argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)			
<b>SONDAGGIO:</b> 2	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA': m</b>	4.0-4.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

## ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	74,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	67,0	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,1	%

## LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	20,9	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità	- - -	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A4****INDICE DI GRUPPO: 0**Tipi usuali dei materiali principali:  
Limi poco compressibili



**DNV Business Assurance**  
**Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)**  
**Prove geotecniche di laboratorio su terre**

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216
--------------------------------------

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 15,1 %**

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00515** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15

DATA DI EMISSIONE: 24/02/15

Inizio analisi: 18/02/15

Apertura campione: 09/02/15

Fine analisi: 19/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.

RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.0-4.5

**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

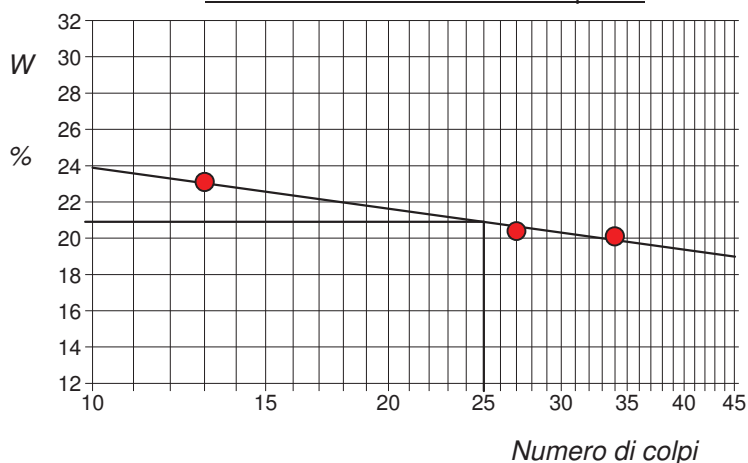
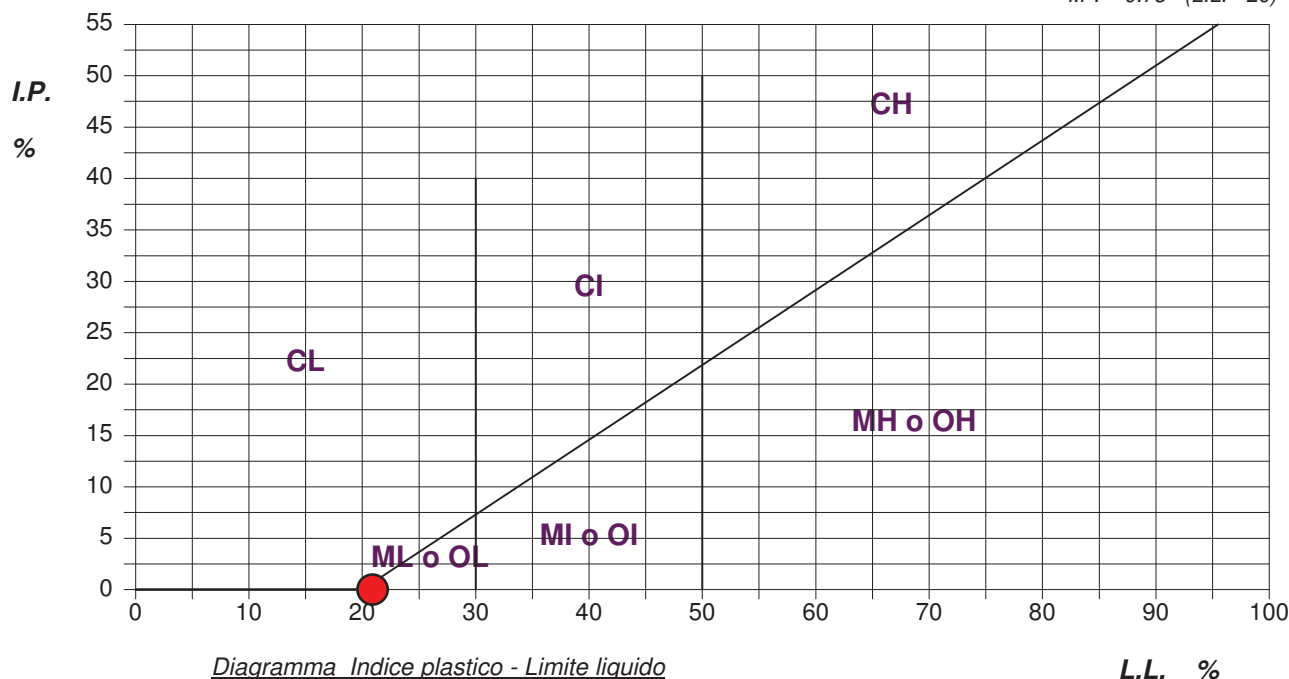
Limite di liquidità	20,9	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	NO	

C - Argille inorganiche

**M - Limi inorganici****O - Argille e limi organici****L - Bassa compressibilità**

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

**Determinazione del Limite di liquidità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00519</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 24/02/15	Inizio analisi: 18/02/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15		Apertura campione: 09/02/15	Fine analisi: 19/02/15
COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.			
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.0-4.5
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427			

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 67 %

**Limite di ritiro = 20,2 %****Coefficiente di ritiro = 1,77****Ritiro di volume = 10,23****Ritiro lineare = 3,19**



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

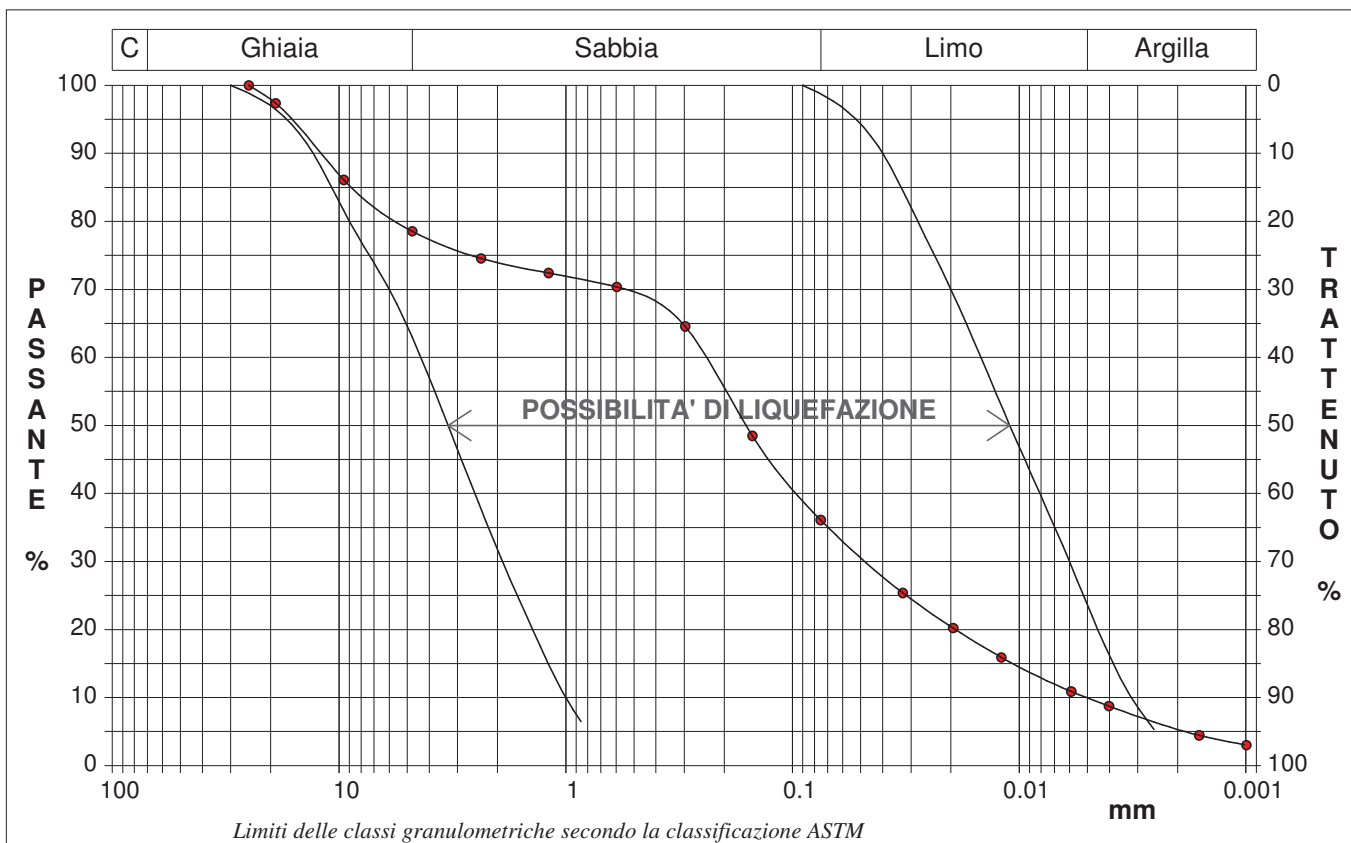
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00516	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 24/02/15	Inizio analisi: 12/02/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 30 del 30/01/15		<b>Apertura campione:</b> 09/02/15	Fine analisi: 16/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.				
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 4.0-4.5

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	21,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	74,0 %	D10	0,00503 mm	
Sabbia	42,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	67,0 %	D30	0,04670 mm	
Limo	26,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,1 %	D50	0,16011 mm	
Argilla	10,0 %			D60	0,24485 mm	
Coefficiente di uniformità		48,71	Coefficiente di curvatura	1,77	D90	12,10338 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
25,0000	100,00	1,1900	72,40	0,0326	25,37	0,0016	4,44		
19,0000	97,36	0,5950	70,35	0,0195	20,21	0,0010	3,01		
9,5200	86,08	0,2970	64,54	0,0120	15,91				
4,7500	78,54	0,1500	48,46	0,0059	10,89				
2,3600	74,54	0,0750	36,09	0,0040	8,74				



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00517	Pagina 1/3	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 24/02/15	Inizio analisi: 09/02/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 30 del 30/01/15		<b>Apertura campione:</b> 09/02/15	Fine analisi: 19/02/15

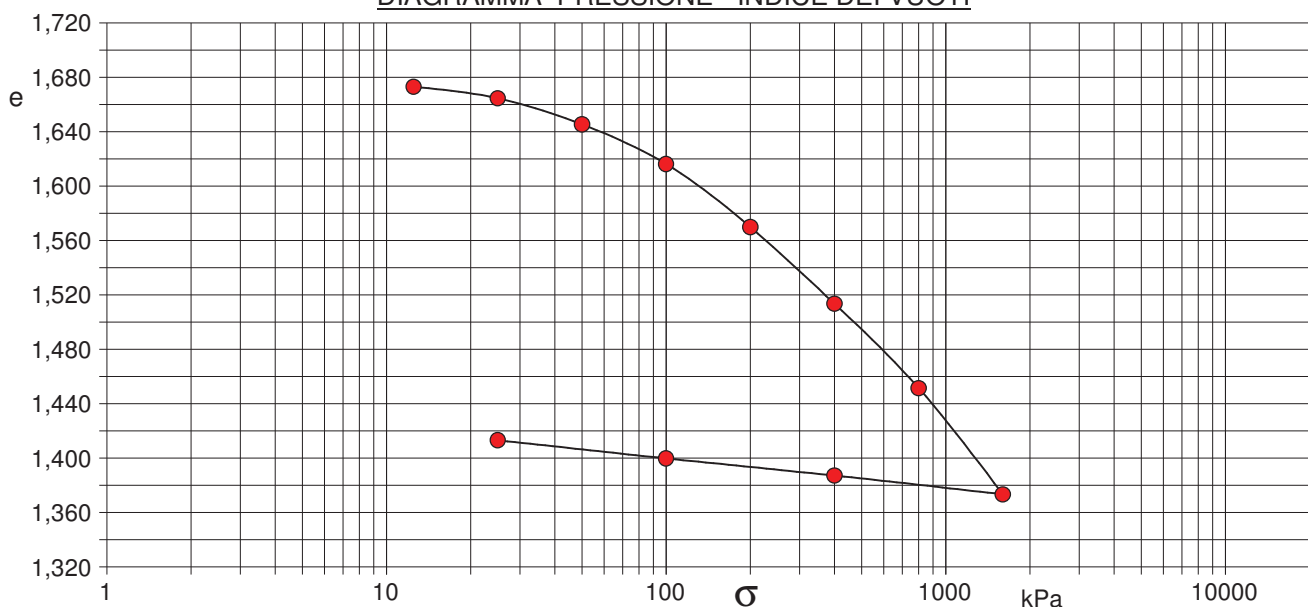
COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.				
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 4.0-4.5

### PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

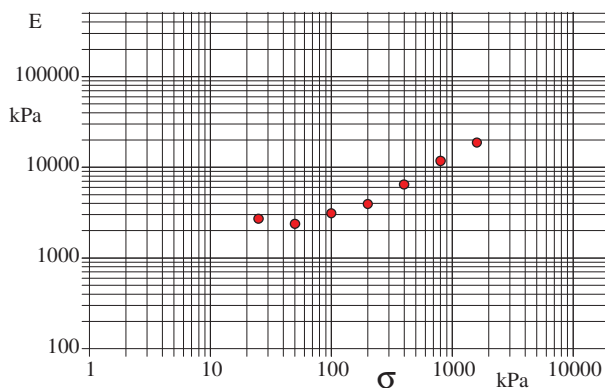
Caratteristiche del campione			
Peso di volume (kN/m³)	11,40	Altezza provino cm	2,50
Umidità (%)	0,0	Volume provino (cm³)	49,09
Peso specifico (kN/m³)	26,47	Volume dei vuoti (cm³)	0,00
		Indice dei vuoti	0,00
		Porosità (%)	0,00
		Saturazione (%)	0,0

### DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,5	0,9	1,673				
25,0	8,7	1,665	0,028	3986	0,000150	3,70E-09
50,0	26,6	1,645	0,064	3494	0,000183	5,13E-09
100,0	53,9	1,616	0,097	4576	0,000434	9,30E-09
200,0	97,2	1,570	0,154	5774	0,001108	1,88E-08
400,0	149,9	1,514	0,187	9488	0,001011	1,05E-08
800,0	207,9	1,452	0,206	17241	0,000333	1,90E-09
1600,0	280,9	1,373	0,259	27397	0,000280	1,00E-09
400,0	268,0	1,387				
100,0	256,2	1,400				
25,0	243,7	1,413				

### Diagramma Pressione - Modulo edometrico





**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00517** Pagina 2/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15

DATA DI EMISSIONE: 24/02/15

Inizio analisi: 09/02/15

Apertura campione: 09/02/15

Fine analisi: 19/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.

RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)

SONDAGGIO: 2

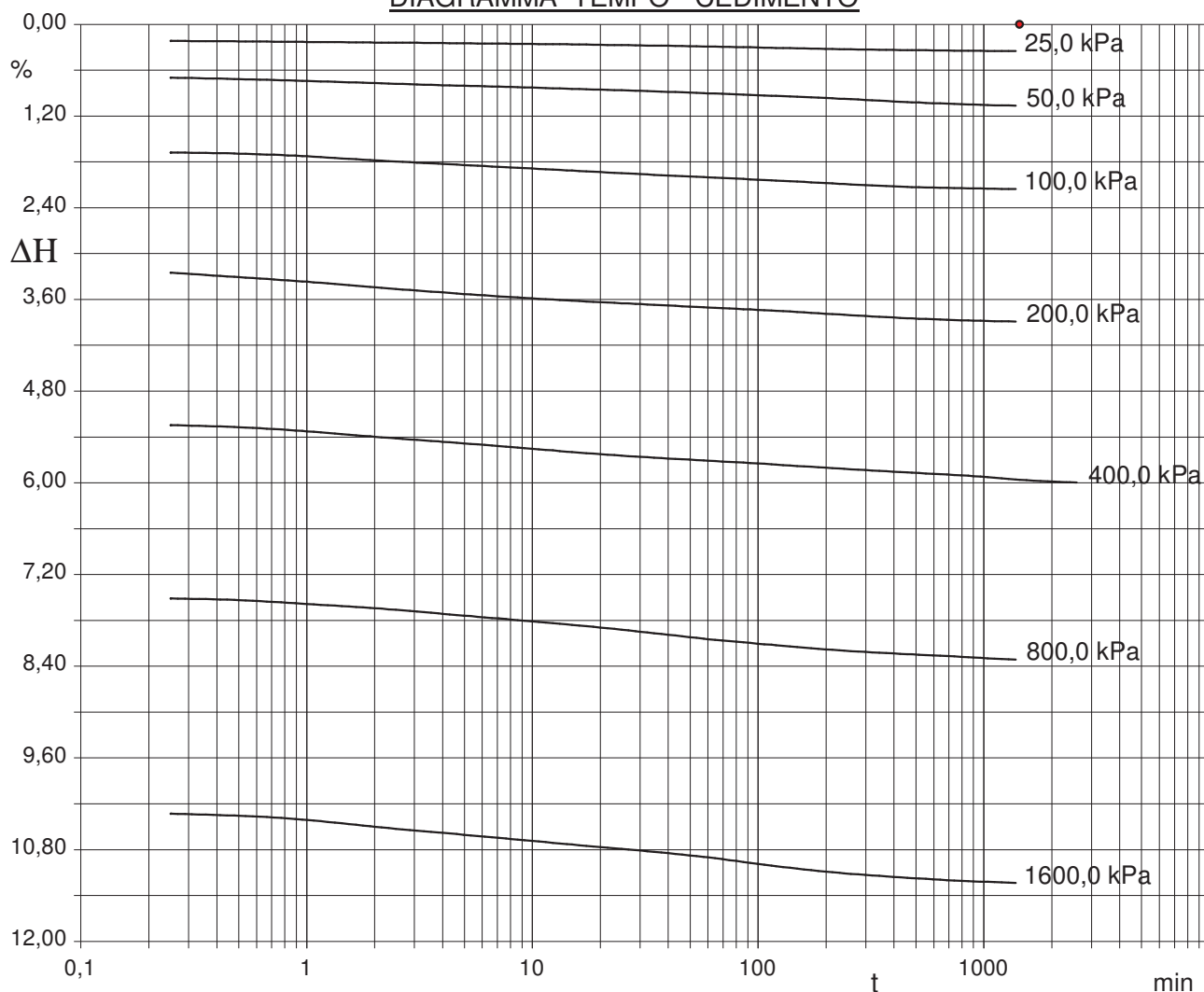
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.0-4.5

### PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

### DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione: 25,0 kPa	$C_v = 0,000150 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 50,0 kPa	$C_v = 0,000183 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 100,0 kPa	$C_v = 0,000434 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 200,0 kPa	$C_v = 0,001108 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 400,0 kPa	$C_v = 0,001011 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 800,0 kPa	$C_v = 0,000333 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 1600,0 kPa	$C_v = 0,000280 \text{ cm}^2/\text{sec}$



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00517	Pagina 3/3	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 24/02/15	Inizio analisi: 09/02/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 30 del 30/01/15		<b>Apertura campione:</b> 09/02/15	Fine analisi: 19/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.				
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 4.0-4.5

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 25,0 kPa				Pressione 50,0 kPa				Pressione 100,0 kPa				Pressione 200,0 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	0,0			0,02	8,7			0,02	26,6			0,02	53,9		
0,25	5,4			0,25	17,4			0,25	41,9			0,25	81,2		
0,50	5,6			0,50	17,9			0,50	42,3			0,50	82,7		
1,00	5,7			1,00	18,5			1,00	43,2			1,00	84,2		
2,00	5,9			2,00	19,2			2,00	44,5			2,00	86,0		
4,00	6,1			4,00	19,9			4,00	45,6			4,00	87,7		
8,00	6,3			8,00	20,5			8,00	46,8			8,00	89,2		
15,00	6,6			15,00	21,1			15,00	47,8			15,00	90,4		
30,00	6,9			30,00	21,7			30,00	49,0			30,00	91,5		
60,00	7,2			60,00	22,5			60,00	50,0			60,00	92,6		
120,00	7,7			120,00	23,4			120,00	51,1			120,00	93,7		
240,00	8,1			240,00	24,4			240,00	52,2			240,00	95,0		
480,00	8,4			480,00	25,5			480,00	53,2			480,00	96,2		
900,00	8,6			900,00	26,2			900,00	53,6			900,00	96,9		
1200,00	8,7			1200,00	26,5			1200,00	53,8			1200,00	97,1		
1411,02	8,7			1440,00	26,6			1408,40	53,9			1440,00	97,2		

Pressione 400,0 kPa				Pressione 800,0 kPa				Pressione 1600,0 kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	97,2	2160,00	149,7	0,02	149,9			0,02	207,9						
0,25	131,1	2400,00	149,8	0,25	187,8			0,25	258,2						
0,50	131,8	2700,00	149,9	0,50	188,4			0,50	258,9						
1,00	133,1			1,00	189,6			1,00	260,3						
2,00	134,9			2,00	191,0			2,00	262,5						
4,00	136,6			4,00	192,8			4,00	264,5						
8,00	138,2			8,00	194,7			8,00	266,5						
15,00	139,9			15,00	196,5			15,00	268,3						
30,00	141,5			30,00	198,7			30,00	270,3						
60,00	142,7			60,00	201,1			60,00	272,5						
120,00	144,0			120,00	203,1			120,00	275,4						
240,00	145,4			240,00	204,9			240,00	277,7						
480,00	146,7			480,00	206,1			480,00	279,3						
900,00	147,8			900,00	207,1			899,98	280,4						
1200,00	148,5			1200,00	207,6			1199,98	280,7						
1440,00	149,0			1440,00	207,9			1403,23	280,9						
1920,00	149,5														



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00518** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15

DATA DI EMISSIONE: 24/02/15

Inizio analisi: 13/02/15

Apertura campione: 09/02/15

Fine analisi: 18/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.

RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.0-4.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

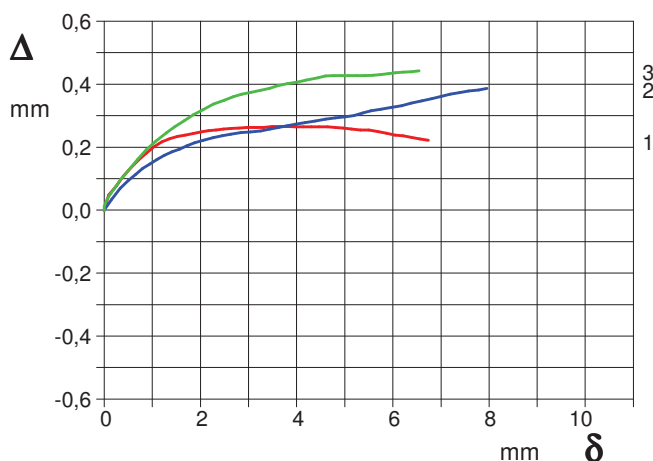
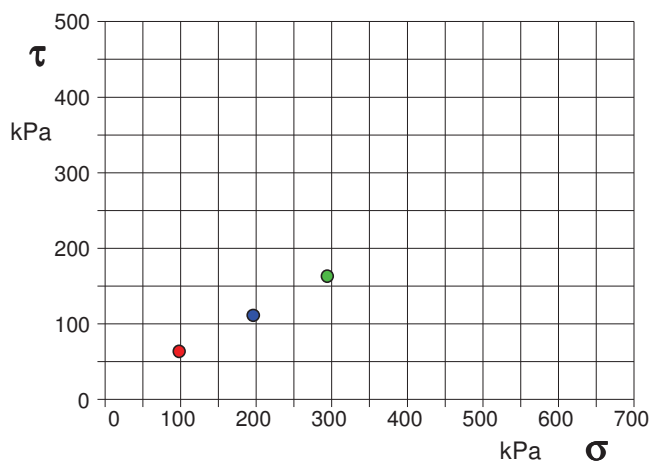
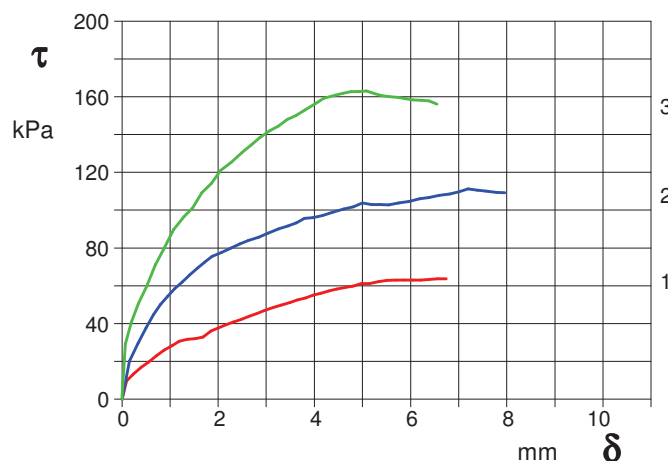
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	64	111	163
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	6,56	7,19	5,08
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,23	0,37	0,43
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 20,1	--- 20,1	--- 20,9
Peso di volume (kN/m³):	19,5	19,6	19,8

**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00518</b>	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 24/02/15	Inizio analisi: 13/02/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15		Apertura campione: 09/02/15	Fine analisi: 18/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.			
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.0-4.5

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,093	10	0,05	0,152	20	0,03	0,000	2	0,01
0,243	13	0,08	0,332	30	0,07	0,067	29	0,04
0,397	17	0,11	0,500	38	0,09	0,197	41	0,07
0,558	20	0,14	0,652	45	0,11	0,340	51	0,10
0,719	23	0,16	0,797	50	0,13	0,507	59	0,13
0,876	26	0,18	0,947	54	0,15	0,696	71	0,16
1,039	28	0,20	1,101	59	0,16	0,869	79	0,19
1,195	31	0,22	1,249	62	0,17	1,072	90	0,22
1,361	32	0,23	1,407	66	0,19	1,291	97	0,25
1,524	32	0,23	1,563	69	0,19	1,463	101	0,26
1,686	33	0,24	1,720	72	0,21	1,661	109	0,28
1,848	36	0,24	1,874	76	0,21	1,857	114	0,30
2,008	38	0,25	2,063	78	0,22	2,047	121	0,32
2,169	39	0,25	2,264	80	0,23	2,270	125	0,34
2,321	41	0,26	2,447	82	0,24	2,497	131	0,35
2,479	42	0,26	2,634	84	0,24	2,682	134	0,36
2,641	44	0,26	2,842	86	0,25	2,862	138	0,37
2,793	45	0,26	3,041	88	0,25	3,060	142	0,37
2,959	47	0,26	3,255	90	0,25	3,249	144	0,38
3,154	49	0,26	3,444	92	0,26	3,434	148	0,39
3,313	50	0,26	3,624	93	0,26	3,617	150	0,40
3,495	51	0,27	3,795	96	0,27	3,808	153	0,40
3,649	53	0,27	3,970	96	0,27	4,028	156	0,41
3,815	54	0,27	4,172	97	0,28	4,197	159	0,41
3,974	55	0,27	4,381	99	0,28	4,438	161	0,42
4,139	56	0,27	4,605	101	0,29	4,600	162	0,43
4,302	57	0,27	4,808	102	0,29	4,764	163	0,43
4,466	58	0,27	4,998	104	0,30	4,923	163	0,43
4,639	59	0,26	5,192	103	0,30	5,084	163	0,43
4,800	60	0,26	5,369	103	0,31	5,246	162	0,43
4,975	61	0,26	5,541	103	0,32	5,412	161	0,43
5,140	61	0,26	5,750	104	0,32	5,574	160	0,43
5,329	62	0,26	5,978	105	0,33	5,734	160	0,43
5,501	63	0,25	6,183	106	0,33	5,899	159	0,43
5,692	63	0,25	6,379	107	0,34	6,059	158	0,44
5,865	63	0,24	6,598	108	0,35	6,220	158	0,44
6,048	63	0,24	6,813	109	0,35	6,380	158	0,44
6,214	63	0,24	7,004	110	0,36	6,546	156	0,44
6,387	63	0,23	7,193	111	0,37			
6,564	64	0,23	7,390	111	0,37			
6,737	64	0,22	7,576	110	0,38			
			7,787	109	0,38			
			7,959	109	0,39			



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00518** Pagina 3/4  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15

DATA DI EMISSIONE: 24/02/15 Inizio analisi: 13/02/15  
Apertura campione: 09/02/15 Fine analisi: 18/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.

RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.0-4.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 1**

Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	1,92
Altezza finale (cm)	1,82
Sezione (cm <sup>2</sup> )	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

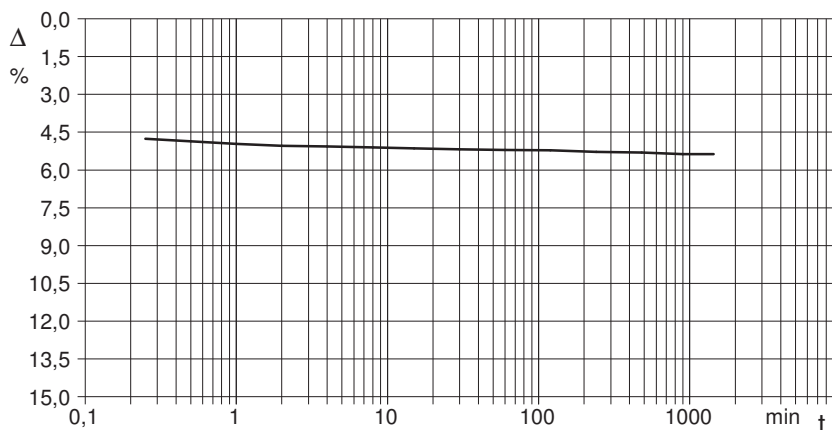


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	1,97
Altezza finale (cm)	1,84
Sezione (cm <sup>2</sup> )	36,24
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

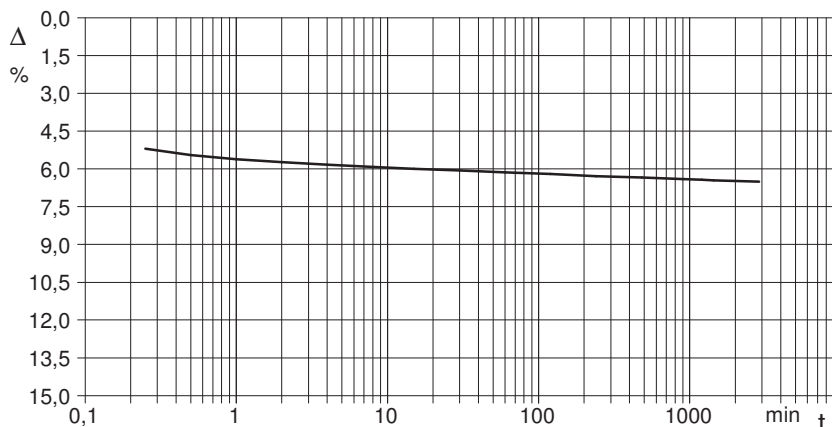
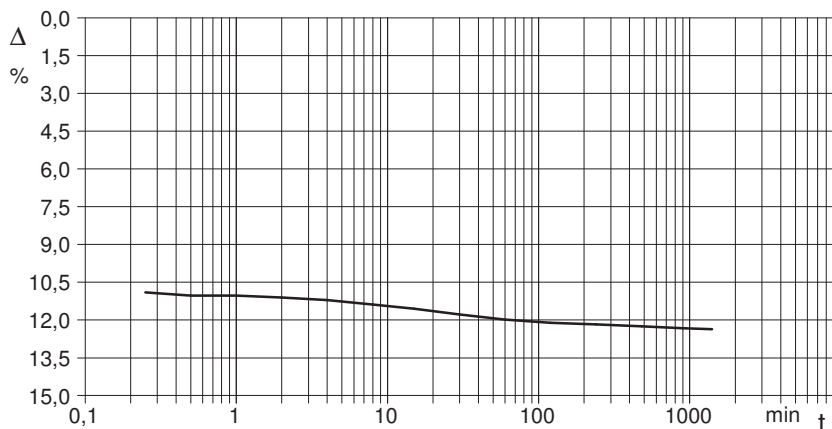


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	1,92
Altezza finale (cm)	1,68
Sezione (cm <sup>2</sup> )	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T<sub>50</sub>

Vs = Df / tf

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.			
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.0-4.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	64	111	163
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	6,56	7,19	5,08
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,23	0,37	0,43
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 20,1	--- 20,1	--- 20,9
Peso di volume (kN/m³):	19,5	19,6	19,8

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 17,4 kPa  
Angolo di attrito interno: 26,9 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0,010 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

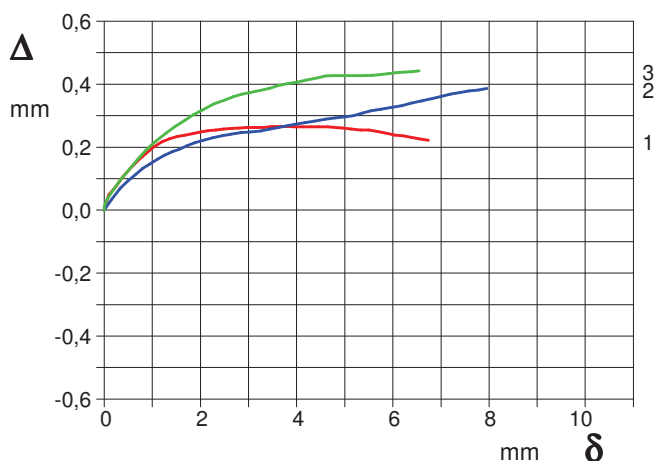
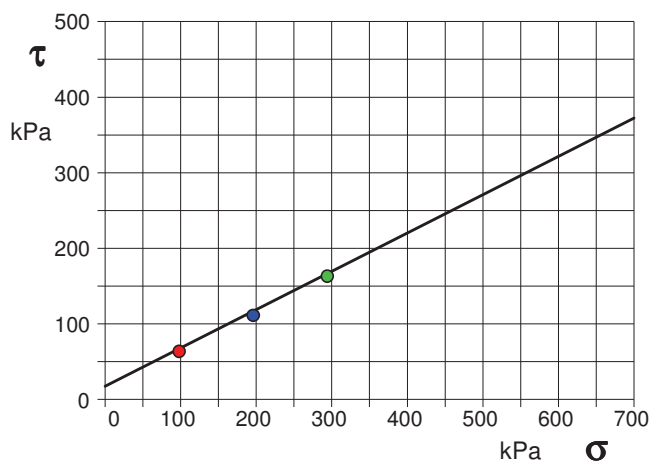


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

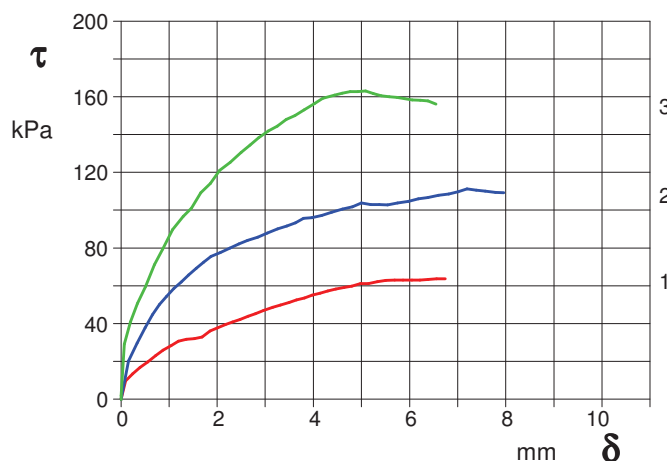


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	ECO INERTI s.r.l.		
RIFERIMENTO:	argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)		
SONDAGGIO:	3	CAMPIONE:	1 PROFONDITA': m 4.5-4.6

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	19,7	%
Peso di volume	18,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco		kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo		kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	21,2	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro	19,0	%
Classif. CNR-UNI	A4	I.G. = 5

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0,8	%
Sabbia	40,5	%
Limo	38,0	%
Argilla	20,7	%
D 10	0,001926	mm
D 50	0,045369	mm
D 60	0,080002	mm
D 90	0,283253	mm
Passante set. 10	98,5	%
Passante set. 40	93,7	%
Passante set. 200	58,7	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa

**SCISSOMETRO**

$\tau$	kPa
$\tau$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

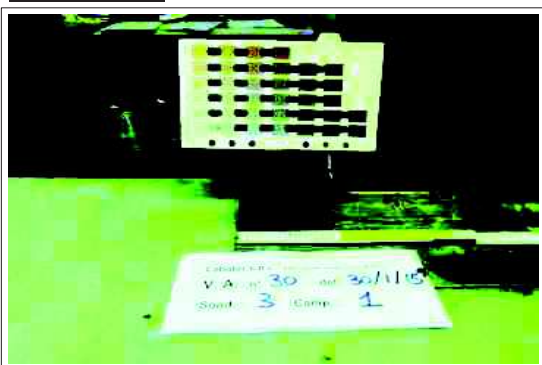
Prova consolidata-lenta	
C	kPa
$\phi$	°
C <sub>Res</sub>	kPa
$\phi_{Res}$	°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5	
--	--

Posizione delle prove CF GR	cm	R <sub>p</sub> kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0		Sabbia con limo argillosa con ciottolotti, addensata Munsell Soil Color Charts : 10 YR 4/4 marrone giallastro scuro
	5		
		9	



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00523	Allegato 1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 24/02/15	Inizio analisi: 12/02/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 30 del 30/01/15		<b>Apertura campione:</b> 09/02/15	Fine analisi: 16/02/15

<b>COMMITTENTE:</b> ECO INERTI s.r.l.			
<b>RIFERIMENTO:</b> argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)			
<b>SONDAGGIO:</b> 3	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA': m</b>	4.5-4.6

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

## ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	98,5	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	58,7	%

## LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	21,2	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità	- - -	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A4****INDICE DI GRUPPO: 5**Tipi usuali dei materiali principali:  
Limi poco compressibili

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00520</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 24/02/15	Inizio analisi: 09/02/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15		Apertura campione: 09/02/15	Fine analisi: 10/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.			
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.5-4.6

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 19,7 %**☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00521** Allegato 1  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15

DATA DI EMISSIONE: 24/02/15 Inizio analisi: 18/02/15  
Apertura campione: 09/02/15 Fine analisi: 19/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.

RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)

SONDAGGIO: 3

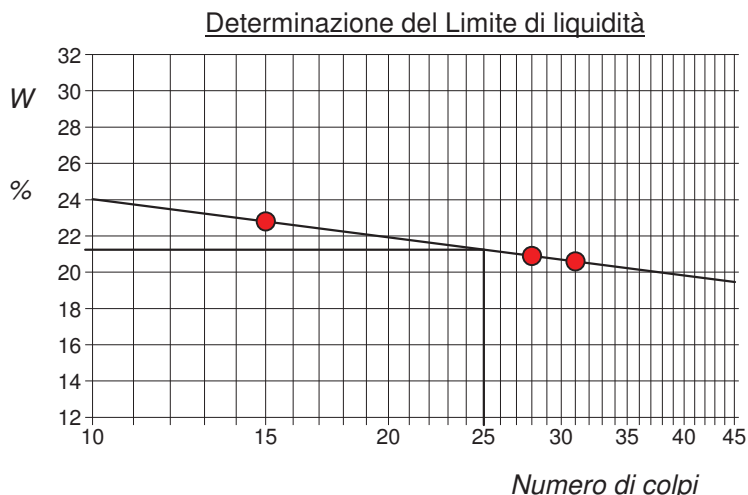
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.5-4.6

### ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Limite di liquidità	21,2	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

L - Bassa compressibilità

M - Limi inorganici

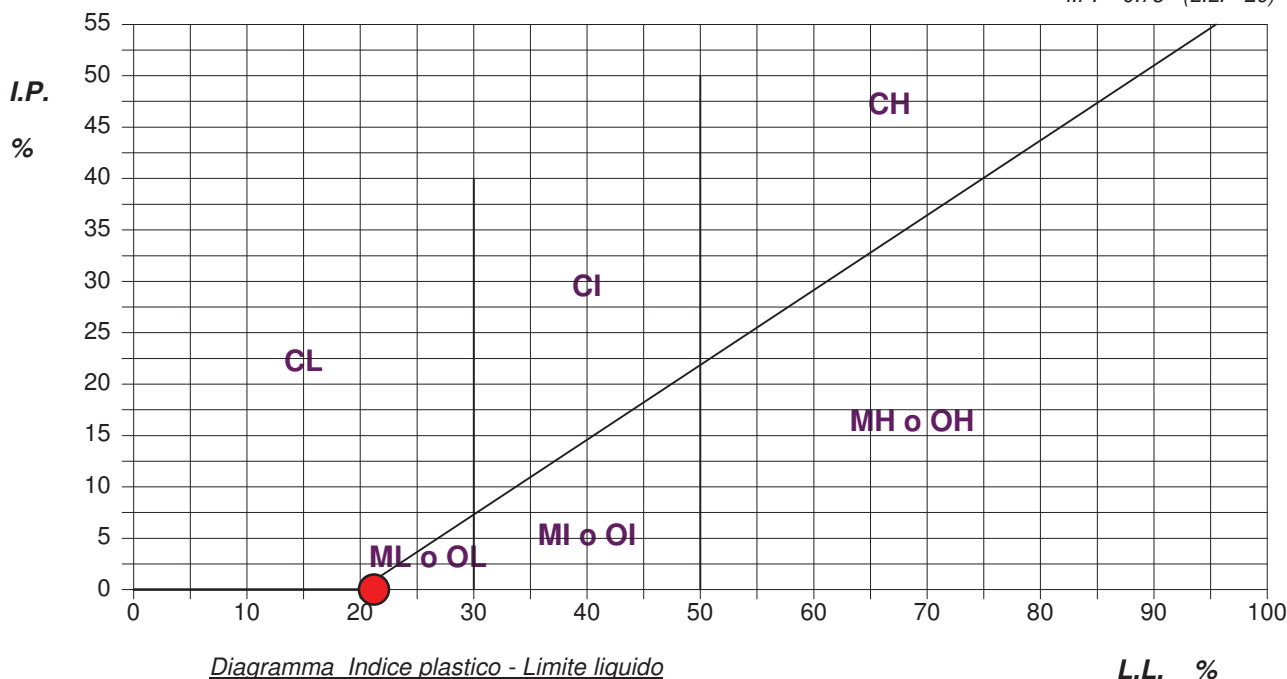
I - Media compressibilità

O - Argille e limi organici

H - Alta compressibilità

### ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

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



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00522</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 24/02/15	Inizio analisi: 18/02/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 30 del 30/01/15		Apertura campione: 09/02/15	Fine analisi: 19/02/15
COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.			
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.5-4.6
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427			

Materiale passante al setaccio n° 40 (0.420 mm): 94 %

<b>Limite di ritiro = 19,0 %</b>
<b>Coefficiente di ritiro = 1,70</b>
<b>Ritiro di volume = 11,55</b>
<b>Ritiro lineare = 3,58</b>





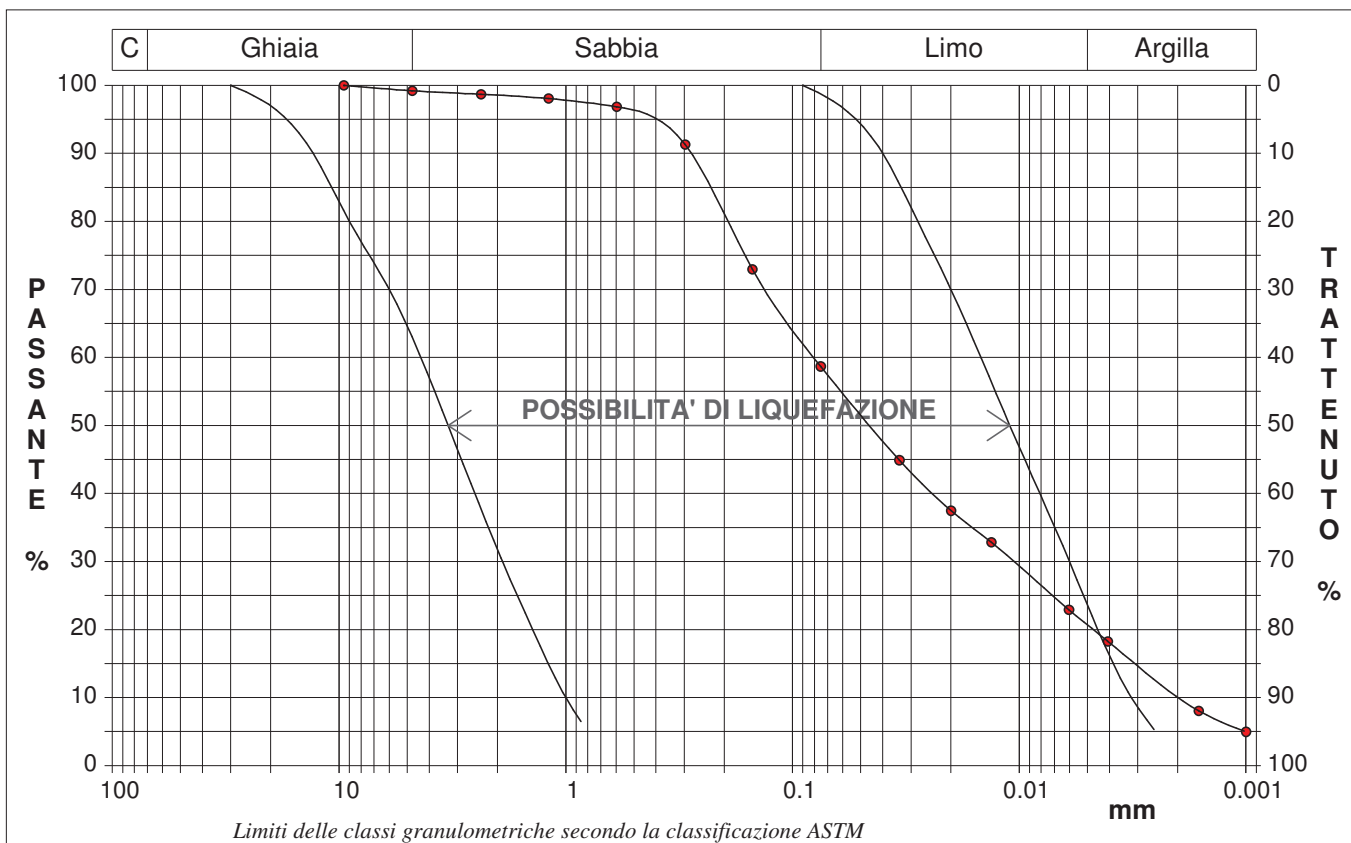
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00523	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 24/02/15	Inizio analisi: 12/02/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 30 del 30/01/15		<b>Apertura campione:</b> 09/02/15	Fine analisi: 16/02/15

COMMITTENTE: ECO INERTI s.r.l.				
RIFERIMENTO: argine torrente Carrione - Loc. Avenza - Carrara (MS)				
SONDAGGIO: 3		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 4.5-4.6

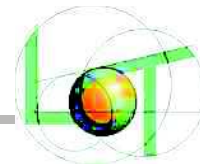
### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,5 %	D10	0,00193 mm	
Sabbia	40,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,7 %	D30	0,01060 mm	
Limo	38,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	58,7 %	D50	0,04537 mm	
Argilla	20,7 %			D60	0,08000 mm	
Coefficiente di uniformità		41,54	Coefficiente di curvatura	0,73	D90	0,28325 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	91,27	0,0133	32,81				
4,7500	99,20	0,1500	72,96	0,0060	22,91				
2,3600	98,68	0,0750	58,67	0,0041	18,26				
1,1900	98,05	0,0337	44,88	0,0016	8,05				
0,5950	96,84	0,0200	37,45	0,0010	4,95				



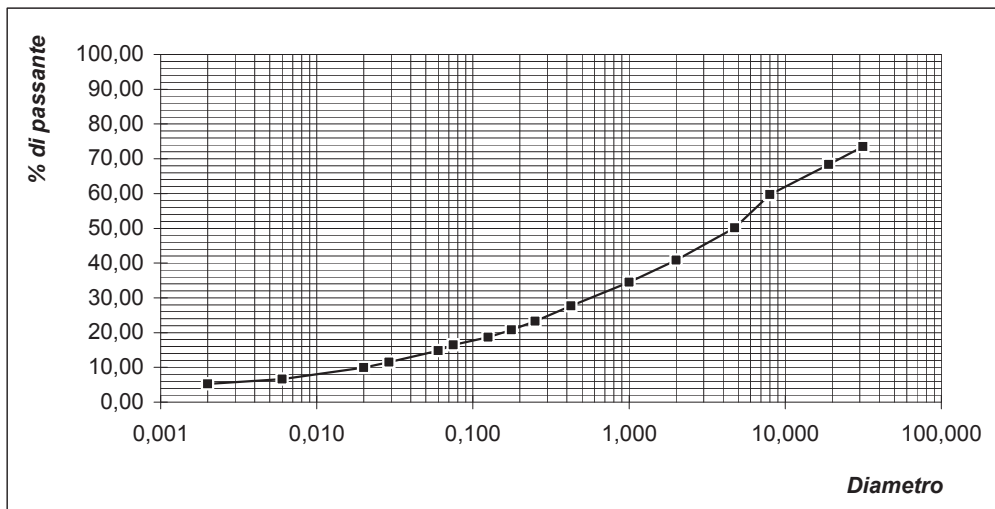
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 01 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S1 C1** Prof: **2,00-3,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
37,500	76,74	1227,77	372,23
31,500	73,54	1176,62	51,15
19,000	68,37	1093,86	82,76
8,000	59,72	955,58	138,28
4,750	50,11	801,72	153,86
2,000	40,81	653,03	148,69
1,000	34,50	552,07	100,96
0,425	27,70	443,26	108,81
0,250	23,26	372,11	71,15
0,177	20,79	332,64	39,47
0,125	18,69	299,03	33,61
0,075	16,43	262,84	36,19
0,060	14,84		
0,029	11,55		
0,020	9,90		
0,006	6,60		
0,002	5,28		

% ghiaia	59,19
% sabbia	25,97
% limo	9,56
% argilla	5,28
Totale	100



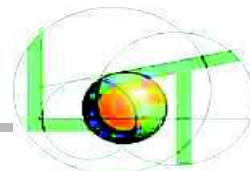
Note:

Laboratorio Geotecnico Toscano



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**



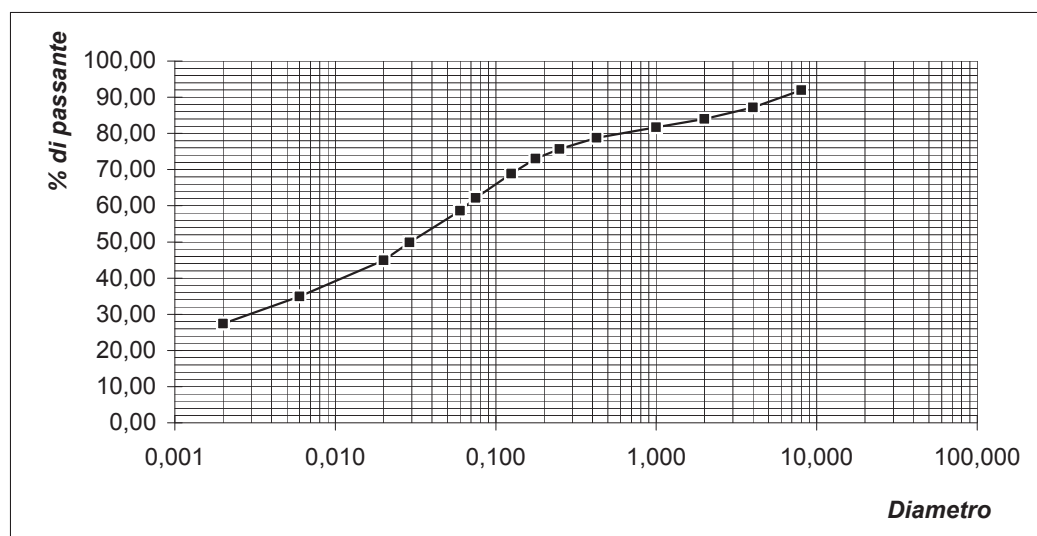
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 02 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S1 C2** Prof: **6,00-7,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
8,000	91,96	321,87	28,13
4,000	87,22	305,27	16,60
2,000	83,97	293,89	11,38
1,000	81,69	285,92	7,97
0,425	78,76	275,66	10,26
0,250	75,73	265,04	10,62
0,177	72,99	255,47	9,57
0,125	68,88	241,07	14,40
0,075	62,13	217,46	23,61
0,060	58,63		
0,029	49,90		
0,020	44,91		
0,006	34,93		
0,002	27,45		

% ghiaia	16,03
% sabbia	25,33
% limo	31,18
% argilla	27,45
Totale	100



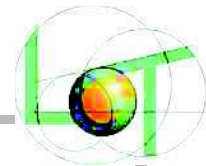
Note:



Il Tecnico analista:  
*A. Aliboni*

Il Direttore di Laboratorio:  
*Dott. ssa Geol. B. Polverosi*

Laboratorio Geotecnico Toscano



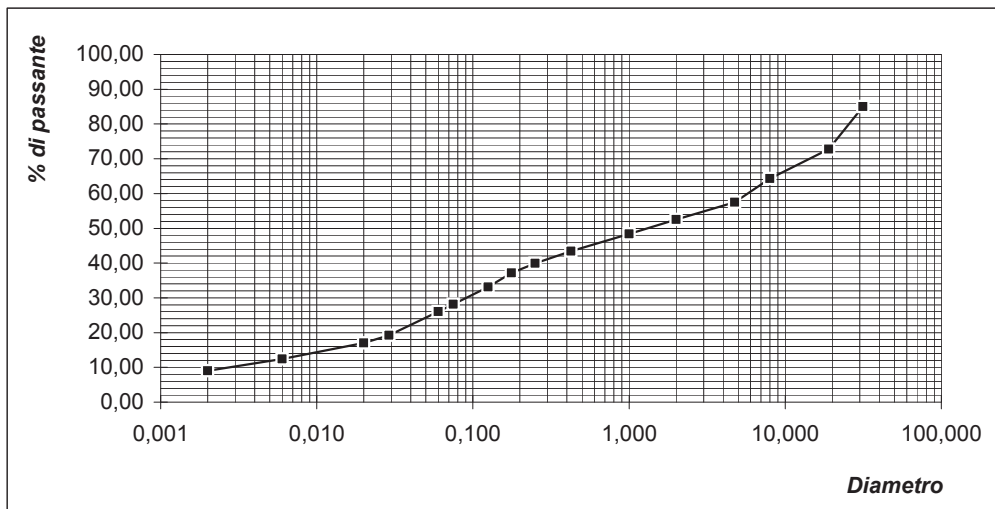
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 03 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S2 C1** Prof: **1,50-1,80 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
37,500	100,00	1500,00	0,00
31,500	84,98	1274,77	225,23
19,000	72,74	1091,03	183,74
8,000	64,26	963,93	127,10
4,750	57,50	862,53	101,40
2,000	52,55	788,22	74,31
1,000	48,43	726,51	61,71
0,425	43,46	651,84	74,67
0,250	39,97	599,57	52,27
0,177	37,15	557,23	42,34
0,125	33,13	497,02	60,21
0,075	28,18	422,77	74,25
0,060	26,03		
0,029	19,24		
0,020	16,98		
0,006	12,45		
0,002	9,06		

% ghiaia	47,45
% sabbia	26,52
% limo	16,97
% argilla	9,06
Totale	100



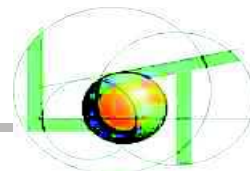
Note:



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**

Laboratorio Geotecnico Toscano



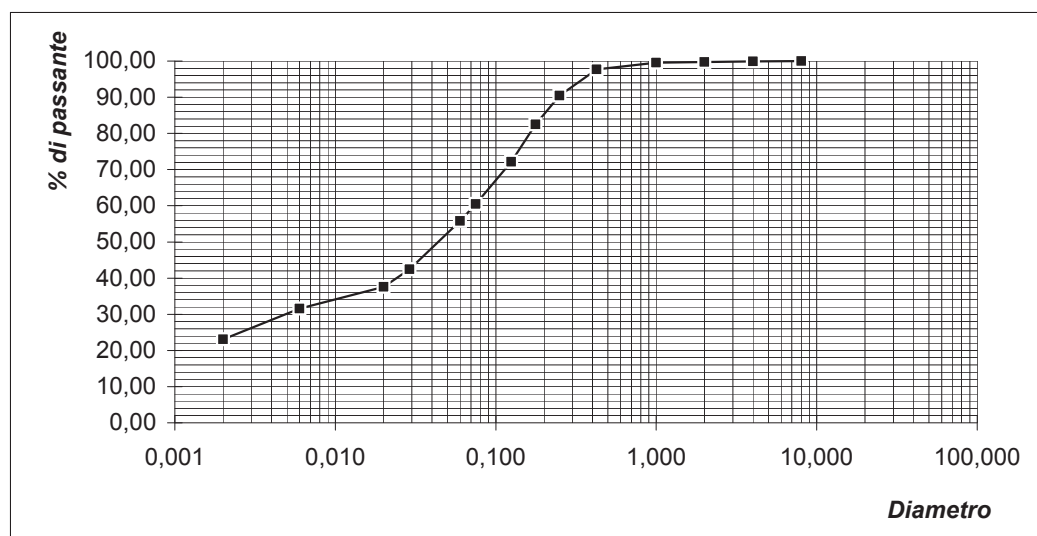
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 04 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S2 C2** Prof: **3,00-4,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
8,000	100,00	400,00	0,00
4,000	99,87	399,49	0,51
2,000	99,76	399,03	0,46
1,000	99,55	398,19	0,84
0,425	97,70	390,78	7,41
0,250	90,42	361,67	29,11
0,177	82,52	330,06	31,61
0,125	72,15	288,58	41,48
0,075	60,44	241,74	46,84
0,060	55,82		
0,029	42,47		
0,020	37,62		
0,006	31,55		
0,002	23,06		

% ghiaia	0,24
% sabbia	43,94
% limo	32,76
% argilla	23,06
Totale	100



Note:

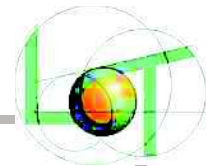


Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**

Laboratorio Geotecnico Toscano





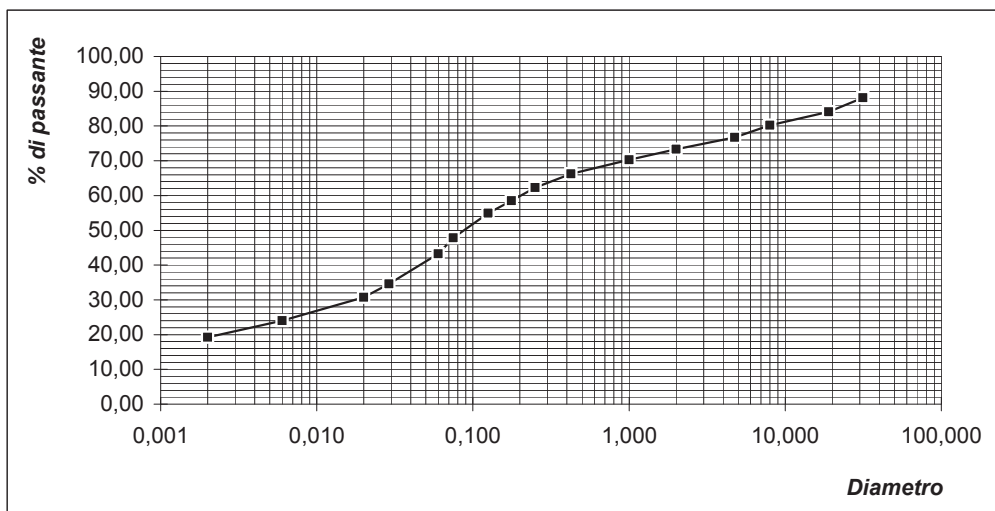
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 05 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S2 C3** Prof: **4,00-4,50 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
37,500	100,00	750,00	0,00
31,500	88,16	661,20	88,80
19,000	84,12	630,92	30,28
8,000	80,23	601,71	29,21
4,750	76,76	575,72	25,99
2,000	73,28	549,60	26,12
1,000	70,25	526,90	22,70
0,425	66,20	496,52	30,38
0,250	62,29	467,14	29,38
0,177	58,51	438,85	28,29
0,125	54,95	412,14	26,71
0,075	47,81	358,56	53,58
0,060	43,20		
0,029	34,56		
0,020	30,72		
0,006	24,00		
0,002	19,20		

% ghiaia	26,72
% sabbia	30,08
% limo	23,99
% argilla	19,20
Totale	100



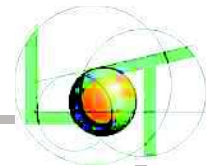
Note:



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**

Laboratorio Geotecnico Toscano



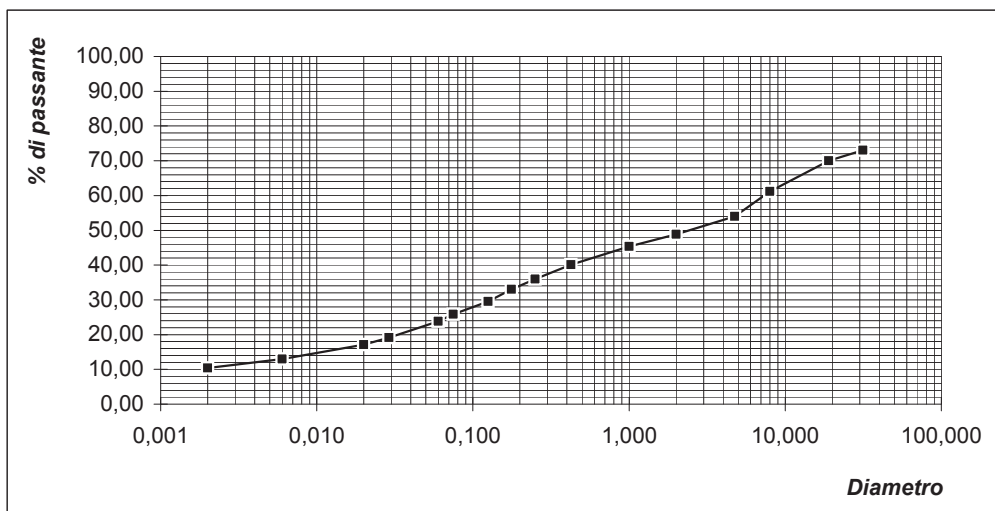
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 06 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S2 C4** Prof: **5,00-6,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
37,500	78,14	937,66	262,34
31,500	73,06	876,68	60,98
19,000	69,97	839,63	37,05
8,000	61,18	734,15	105,48
4,750	53,97	647,65	86,50
2,000	48,88	586,52	61,13
1,000	45,36	544,26	42,26
0,425	40,13	481,58	62,68
0,250	35,96	431,48	50,10
0,177	33,05	396,61	34,87
0,125	29,55	354,55	42,06
0,075	25,82	309,81	44,74
0,060	23,85		
0,029	19,18		
0,020	17,11		
0,006	12,96		
0,002	10,37		

% ghiaia	51,12
% sabbia	25,03
% limo	13,48
% argilla	10,37
Totale	100



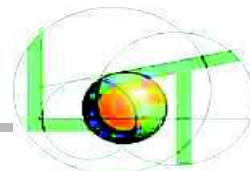
Note:



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**

Laboratorio Geotecnico Toscano



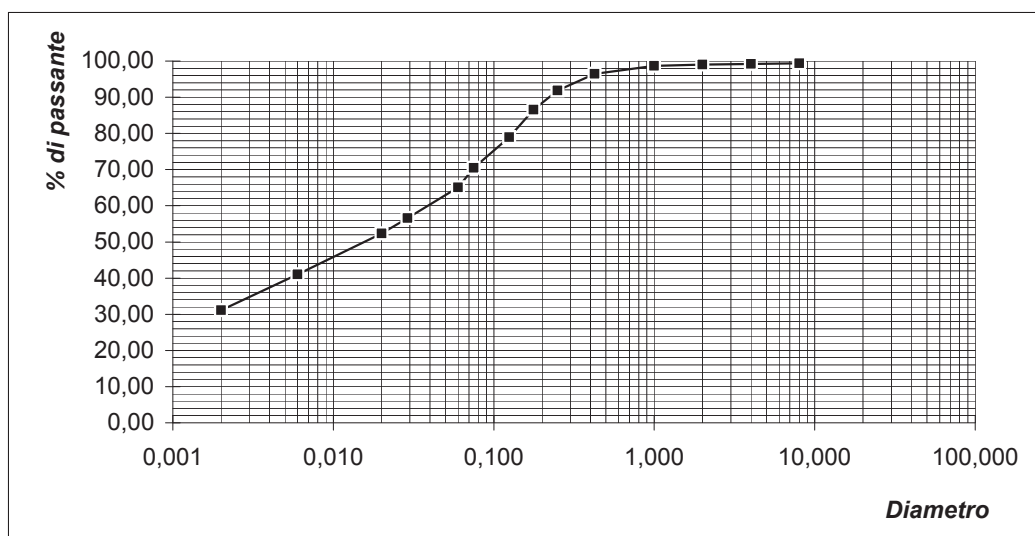
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 07 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S2 C5** Prof: **14,00-15,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
8,000	99,35	993,46	6,54
4,000	99,18	991,79	1,67
2,000	99,03	990,28	1,51
1,000	98,66	986,63	3,65
0,425	96,46	964,56	22,07
0,250	91,87	918,67	45,89
0,177	86,57	865,71	52,96
0,125	78,93	789,30	76,41
0,075	70,43	704,33	84,97
0,060	65,05		
0,029	56,57		
0,020	52,33		
0,006	41,02		
0,002	31,12		

% ghiaia	0,97
% sabbia	33,97
% limo	33,94
% argilla	31,12
Totale	100



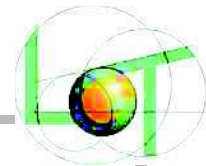
Note:



Il Tecnico analista:  
*A. Aliboni*

Il Direttore di Laboratorio:  
*Dott. ssa Geol. B. Polverosi*

Laboratorio Geotecnico Toscano



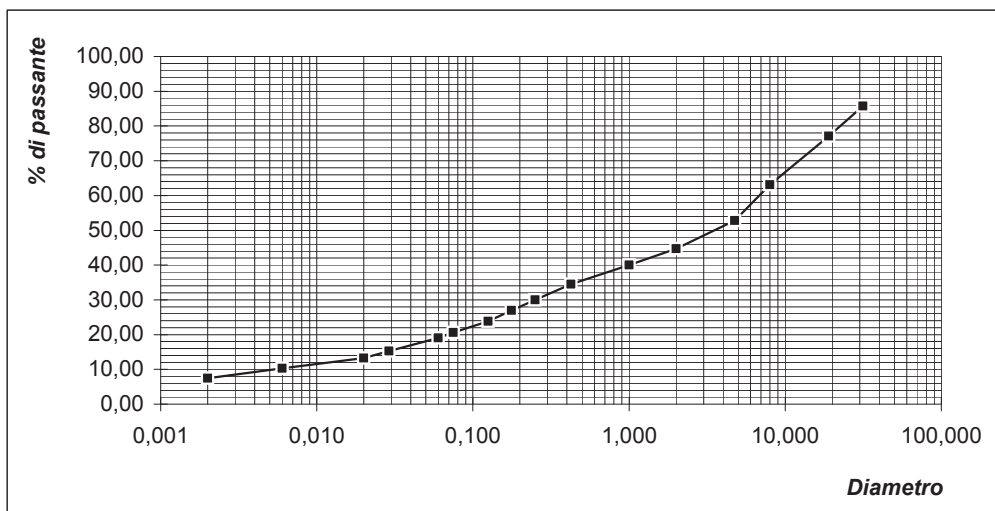
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 08 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S3 C1** Prof: **3,00-4,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
37,500	90,40	1175,19	124,81
31,500	85,71	1114,29	60,90
19,000	77,13	1002,64	111,65
8,000	63,08	820,10	182,54
4,750	52,84	686,88	133,22
2,000	44,75	581,79	105,09
1,000	40,05	520,60	61,19
0,425	34,47	448,13	72,47
0,250	29,97	389,57	58,56
0,177	26,94	350,19	39,38
0,125	23,85	310,07	40,12
0,075	20,59	267,71	42,36
0,060	19,02		
0,029	15,30		
0,020	13,23		
0,006	10,34		
0,002	7,44		

% ghiaia	55,25
% sabbia	25,73
% limo	11,58
% argilla	7,44
Totale	100



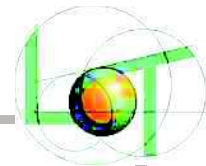
Note:



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**

Laboratorio Geotecnico Toscano



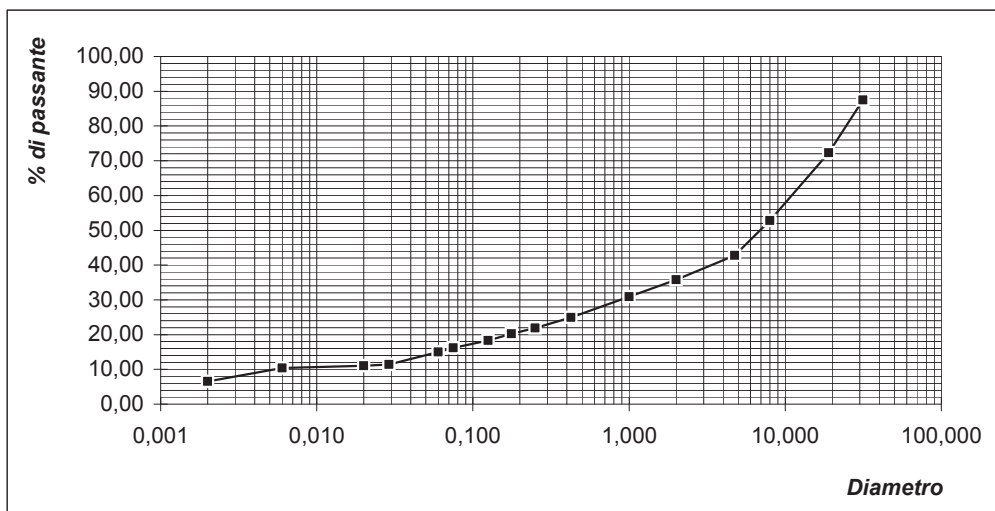
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 09 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S3 C2** Prof: **5,00-6,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
37,500	93,05	1861,02	138,98
31,500	87,49	1749,87	111,15
19,000	72,27	1445,31	304,56
8,000	52,76	1055,23	390,08
4,750	42,79	855,89	199,34
2,000	35,78	715,62	140,27
1,000	30,93	618,55	97,07
0,425	24,93	498,55	120,00
0,250	21,88	437,68	60,87
0,177	20,25	405,06	32,62
0,125	18,33	366,51	38,55
0,075	16,20	323,93	42,58
0,060	14,96		
0,029	11,38		
0,020	11,06		
0,006	10,41		
0,002	6,51		

% ghiaia	64,22
% sabbia	20,82
% limo	8,45
% argilla	6,51
Totale	100



Note:

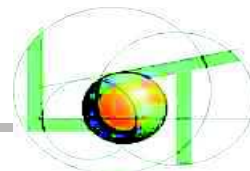


Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**

Laboratorio Geotecnico Toscano





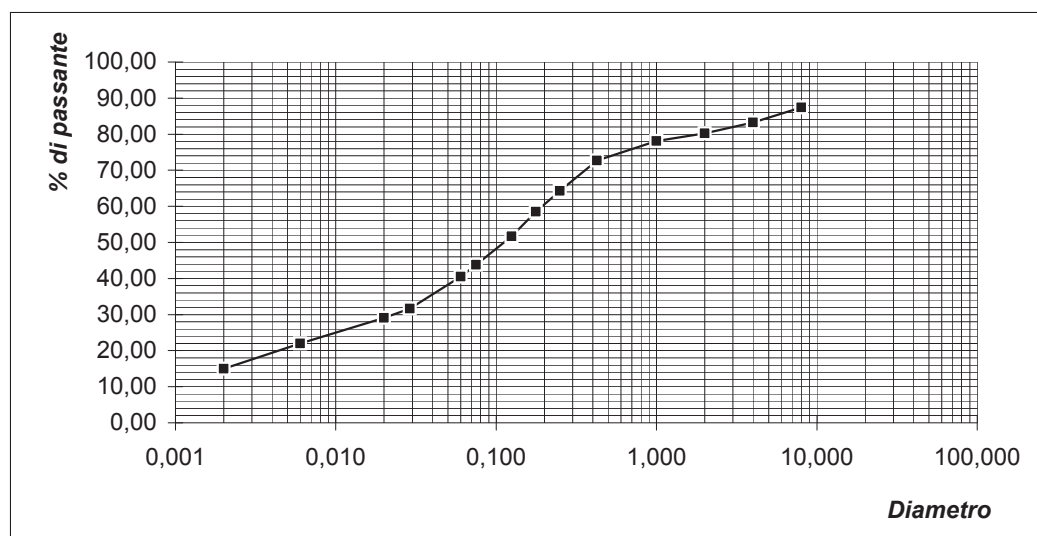
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 10 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S4 C1** Prof: **3,00-4,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
19,500	96,35	1108,02	41,98
8,000	87,38	1004,87	103,15
4,000	83,23	957,11	47,76
2,000	80,27	923,13	33,98
1,000	78,07	897,81	25,32
0,425	72,67	835,71	62,10
0,250	64,31	739,53	96,18
0,177	58,49	672,59	66,94
0,125	51,64	593,89	78,70
0,075	43,82	503,95	89,94
0,060	40,48		
0,029	31,68		
0,020	29,04		
0,006	22,00		
0,002	14,96		

% ghiaia	19,73
% sabbia	39,80
% limo	25,51
% argilla	14,96
Totale	100



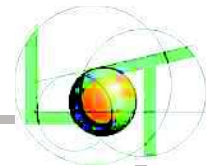
Laboratorio Geotecnico Toscano

Note:



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**



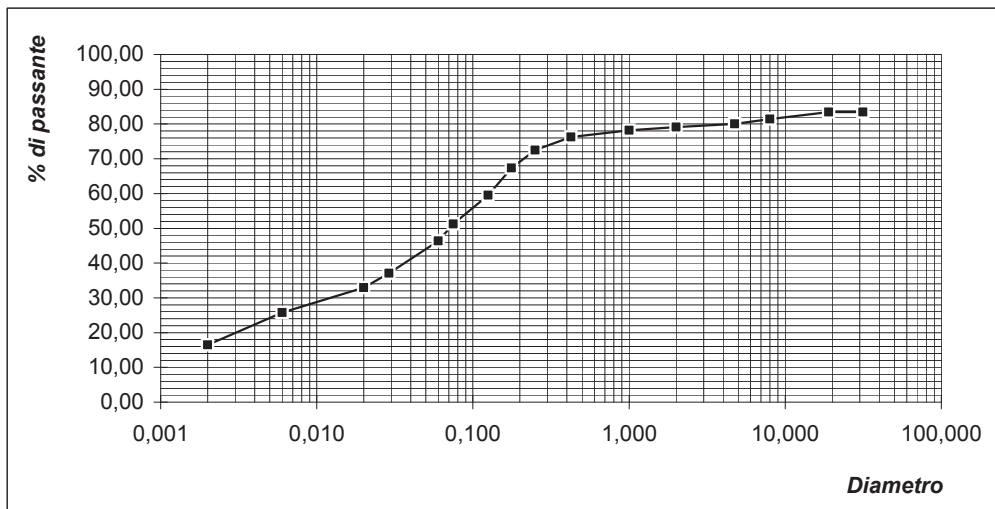
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 11 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S4 C2** Prof: **6,00-7,00 m**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
37,500	83,46	834,56	165,44
31,500	83,46	834,56	0,00
19,000	83,46	834,56	0,00
8,000	81,41	814,11	20,45
4,750	80,07	800,73	13,38
2,000	79,11	791,05	9,68
1,000	78,21	782,12	8,93
0,425	76,26	762,58	19,54
0,250	72,48	724,78	37,80
0,177	67,38	673,79	50,99
0,125	59,55	595,50	78,29
0,075	51,29	512,87	82,63
0,060	46,34		
0,029	37,07		
0,020	32,96		
0,006	25,75		
0,002	16,48		

% ghiaia	20,90
% sabbia	32,76
% limo	29,86
% argilla	16,48
Totale	100



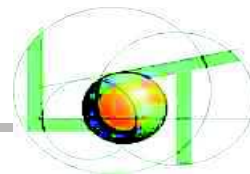
Note:



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**

Laboratorio Geotecnico Toscano



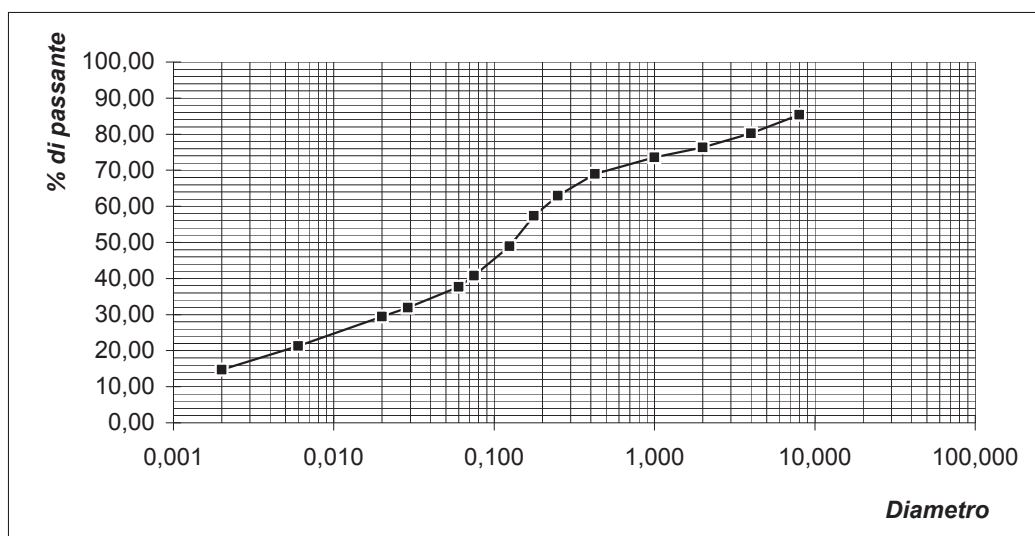
## RAPPORTO DI PROVA N° M / 005 / 12 / gran

Comm.te: **Ecoinerti**  
 Località: **Torrente Carrione (MS)**  
 Data di arrivo: **13 Febbraio 2015**  
 Data esecuzione: **13-27 Febbraio 2015**  
 Data emissione: **27 Febbraio 2015**  
 Campione: **S4 C3** Prof: **8,00-9,00 mt**

## ANALISI GRANULOMETRICA CNR n. 93 - Racc. AGI - ASTM D422

$\phi$ (mm)	passante (%)	passante (gr)	trattenuto (gr)
19,500	96,93	775,45	24,55
8,000	85,35	682,81	92,64
4,000	80,19	641,50	41,31
2,000	76,31	610,49	31,01
1,000	73,60	588,81	21,68
0,425	69,01	552,06	36,75
0,250	62,90	503,21	48,85
0,177	57,39	459,12	44,09
0,125	48,91	391,31	67,81
0,075	40,76	326,09	65,22
0,060	37,65		
0,029	31,92		
0,020	29,47		
0,006	21,28		
0,002	14,74		

% ghiaia	23,69
% sabbia	38,66
% limo	22,91
% argilla	14,74
Totale	100



Laboratorio Geotecnico Toscano

Note:



Il Tecnico analista:  
**A. Aliboni**

Il Direttore di Laboratorio:  
**Dott. ssa Geol. B. Polverosi**



**Regione Toscana**

Settore Assetto Idraulico e Idrogeologico

***Lavori di adeguamento statico degli argini del Torrente  
Carrione a valle del ponte ferroviario in frazione di  
Avenza nel Comune di Carrara***

---

## **ALLEGATO 2**

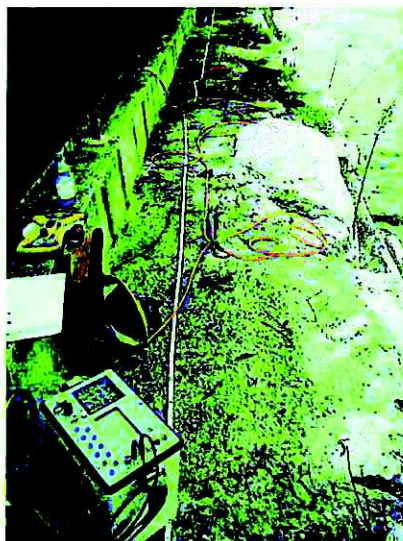
Stratigrafie interpretative delle indagini geoelettriche  
(Eptaconsult)

---

Tecnico geologo

*Dott. Geol. Luigi D'Argliano*

**C.S.I. (consorzio stabile per le infrastrutture) s.r.l.**  
**(AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI MASSA CARRARA)**



NOTA TECNICA INTEGRATIVA ALLA CAMPAGNA DI INDAGINI  
IDROGEOLOGICHE E GEOFISICHE A SUPPORTO DEI LAVORI DI SOMMA  
URGENZA RELATIVI AL CONSOLIDAMENTO DI UN TRATTO DI  
SCOGLIERA A DIFESA DELLA SPONDA DESTRA DEL TORRENTE  
CARRIONE (IN PROSSIMITA' DEL CONDOMINIO "L'ARGINE") IN COMUNE  
DI CARRARA (MS)

**IL TECNICO:**

Dott. Geol. Marco Zanicchi



Data: Marzo 2015

Ns.Rif. 2099



## ***1. PREMESSE***

A seguito della richiesta di integrazioni del 12/12/2014 protocollo 2234 del 18/12/2014 e della nota di risposta della scrivente società, del 30.12.2004, in cui si rilevava la necessità di far eseguire ulteriori sondaggi geognostici per poter elaborare le sezioni geologiche richieste, L'amministrazione Provinciale di Massa Carrara ha fatto eseguire ulteriori due sondaggi nell'area di interesse uno all'interno del giardino condominiale (Condominio L'Argine) ed uno nell'alveo del T. Carrione all'esterno di detto argine.

## ***2. SEZIONI GEOLOGICHE LUNGO LE SEZIONI DEL RILEIVO TOPOGRAFICO***

Sulla scorta delle informazioni ottenute da tali sondaggi (sebbene non completamente esaustivi circa la variabilità della sequenza litostratigrafica in alveo, per la presenza di un solo sondaggio su un tratto di 50 m, se raffrontato alle molto più numerose informazioni reperite sulla parte interne dell'argine) e dalle informazioni bibliografiche di carattere litostratigrafico riportate in tavola 1, sono state elaborate le sezioni riportate in tavola 2 allegata.

I terreni a differente granulometria, ricostruiti nelle diverse verticali, sono stati omogeneizzati e raccolti in orizzonti di maggior spessore, utilizzando il criterio della prevalenza litologica.

L'analisi delle sezioni evidenzia come nella parte settentrionale le ghiaie del subalveo del T. Carrione parrebbero direttamente in contatto con le ghiaie (naturali e/o di riporto) sottostanti all'orizzonte superficiale argilloso e limoso (terreno vegetale), mentre nelle altre situazioni compaiono lenti di terreni maggiormente fini diversamente intercalate.

### **3. SCARICO DEI DATI DELLE CELLE ELETTROPIEZOMETRICHE**

In data 10/02/2015 è stato eseguito lo scarico dei valori giornalieri di oscillazione dell'eventuale livello piezometrico ai due sensori posizionati a m 2.50 dal p.c. nei pozzetti geognostici 1 e 2 realizzati nel novembre 2014.

Il datalogger ha registrato a cadenza giornaliera le variazioni del livello piezometrico dal 23/11/2014 al 10/02/2015.

Per lo stesso periodo sono stati reperiti i dati delle piogge cadute alla stazione di Avenza (Rete Lamma Toscana) e l'altezza idrometrica del Carrione alla stazione di Avenza (coordinate UTM E584929 N4877448 - coordinate GB [m] E1584876 N4877268 posta alla quota di 15.00 m slm diverse centinaia di metri più a monte del sito di interesse).

Il diagramma riportato in allegato mostra la seguente situazione:

1. i piezometri sembrano risentire più delle piogge che delle modeste variazioni idrometriche pur modeste del Carrione, verificatesi nel periodo di controllo;
2. ci sono modeste crescite di livello del Carrione che non hanno alcun effetto sui piezometri (vedi situazione dei primi giorni di gennaio 2015);
3. le piogge ad Avenza ed i livelli del Carrione non sono poi così strettamente correlabili;
4. il piezometro 2, (quello in zona non sprofondata), risente delle le piogge anche se in maniera non sempre lineare ma risente molto poco delle variazioni del livello idrometrico del Carrione;
5. Il piezometro 1 (nella massima zona di sprofondamento) sente anche lui le piogge, ma maggiormente delle pur modeste variazioni di livello del Carrione.
6. Quando il livello idrometrico scende sotto 1.05 (quota della linea di tendenza) i piezometri si scaricano.
7. L'evento idrometrico più significativo della fine di ottobre e le piogge dello stesso periodo hanno fatto crescere il livello del piezometro 1 (e non il 2) per molti giorni. Lo stesso fenomeno è avvenuto, in maniera meno marcata, nell'evento del 27/12 sebbene le piogge siano state più importanti e con un livello idrometrico più basso.

Queste sono le prime considerazioni che confermerebbero un comportamento diverso tra il piezo 1 e il piezo 2 (già ipotizzato in base ai valori di permeabilità ed alla granulometria dell'orizzonte grossolano sottostante al terreno vegetale argilloso limoso riscontrato con i pozzetti geognostici eseguiti dallo scrivente) da cui parrebbe emergere che il piezometro 1 sembra risentire maggiormente delle variazioni di livello idrometrico del T. Carrione oltre che delle piogge, rispetto al piezometro 2.

Il ridotto periodo di monitoraggio e la mancanza di eventi idrometrici significativi nel periodo di controllo non permette, per ora, di fare ulteriori considerazioni.

**ALLEGATI :**

Tavola 1: planimetria di ubicazione delle indagini litostratigrafiche

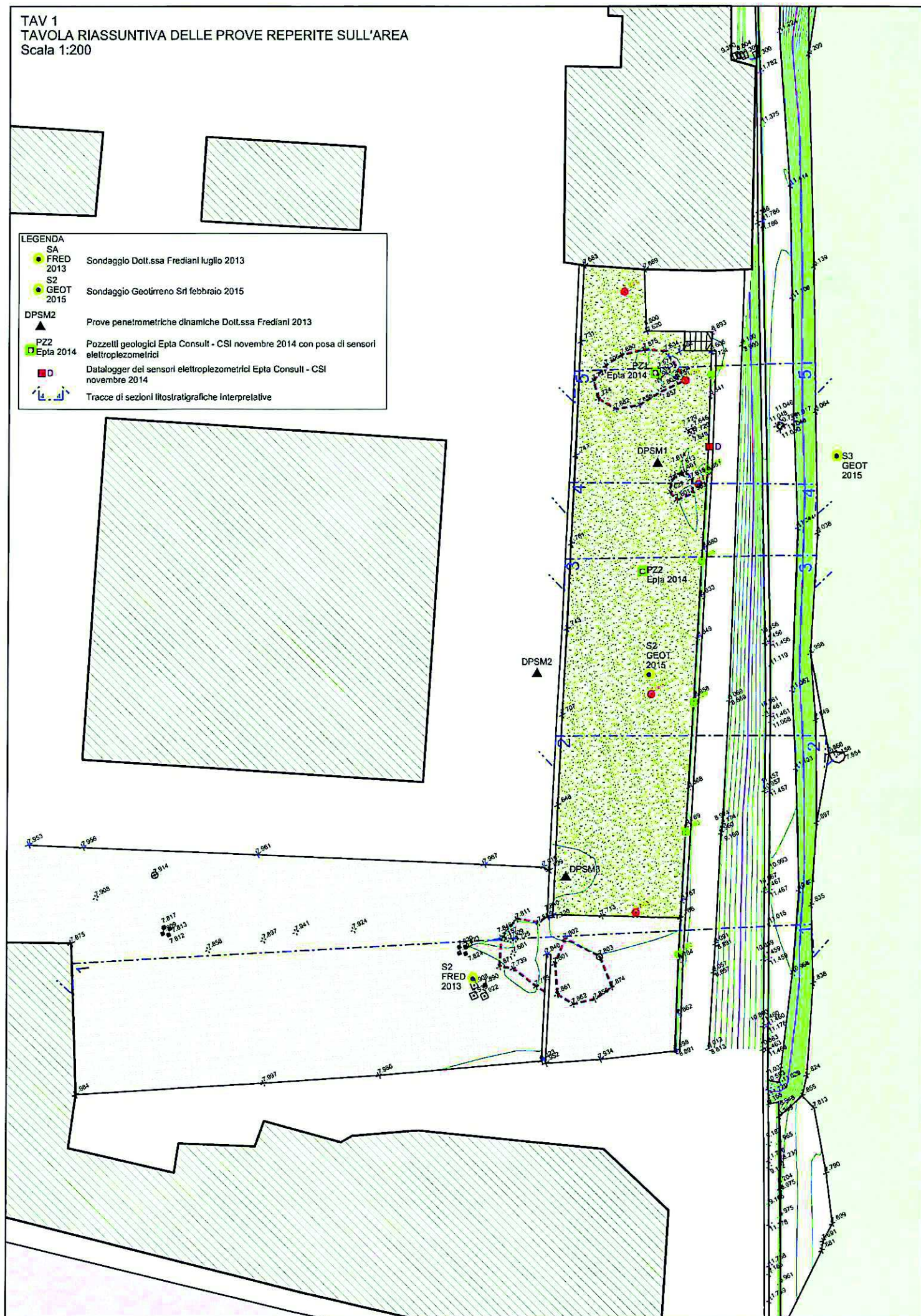
Tav.2 sezioni geologiche coincidenti con le sezioni topografiche trasversali

Diagramma di raffronto livello idrometrico-pioggie piezometria area condominio “l’Argine”



TAV 1  
TAVOLA RIASSUNTIVA DELLE PROVE REPERITE SULL'AREA  
Scala 1:200

- LEGENDA**
- SA Sondaggio Dott.ssa Frediani luglio 2013
  - FRED 2013 Sondaggio Geotirreno Srl febbraio 2015
  - S2
  - GEOT 2015
  - DPSM2 Prove penetrometriche dinamiche Dott.ssa Frediani 2013
  - PZ2 Pozzelli geologici Epta Consult - CSI novembre 2014 con posa di sensori elettroplezometrici
  - Epta 2014 Datalogger dei sensori elettroplezometrici Epta Consult - CSI novembre 2014
  - Tracce di sezioni litostatigrafiche Interpretative





# TAV 2 SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE

SCALA 1:200



Terreno vegetale limoso - argilloso  
poco consistente (terreno di sistemazione  
ambientale del giardino)



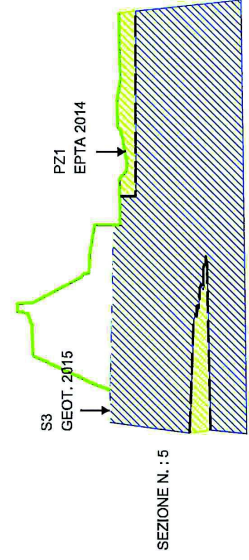
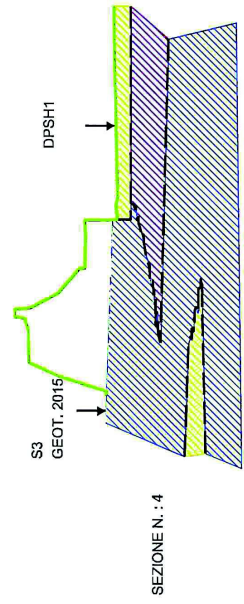
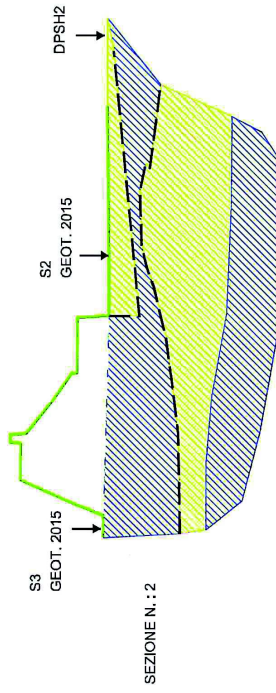
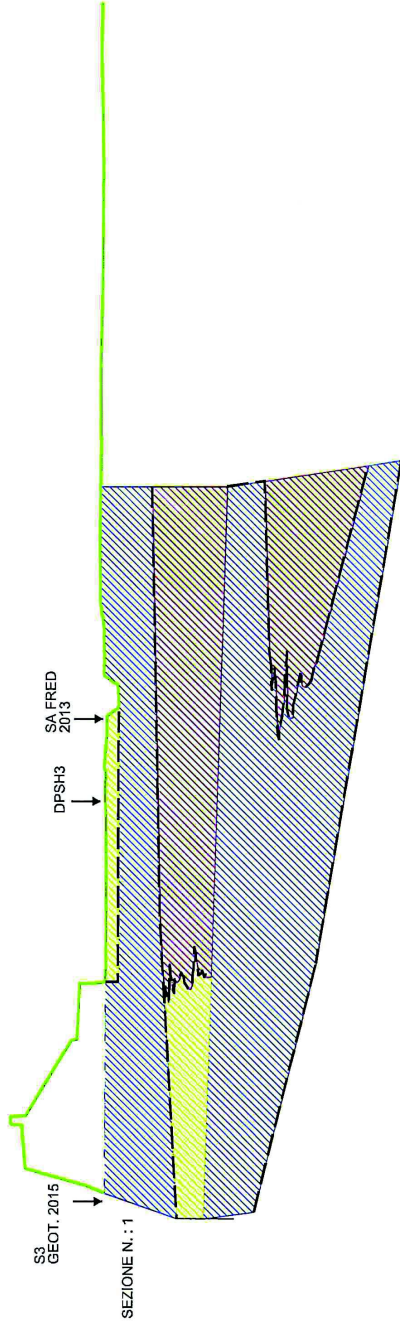
Terreni prevalentemente ghiaiosi e  
ciottolosi con matrice sabbiosa  
da scarsamente addensati ad addensati



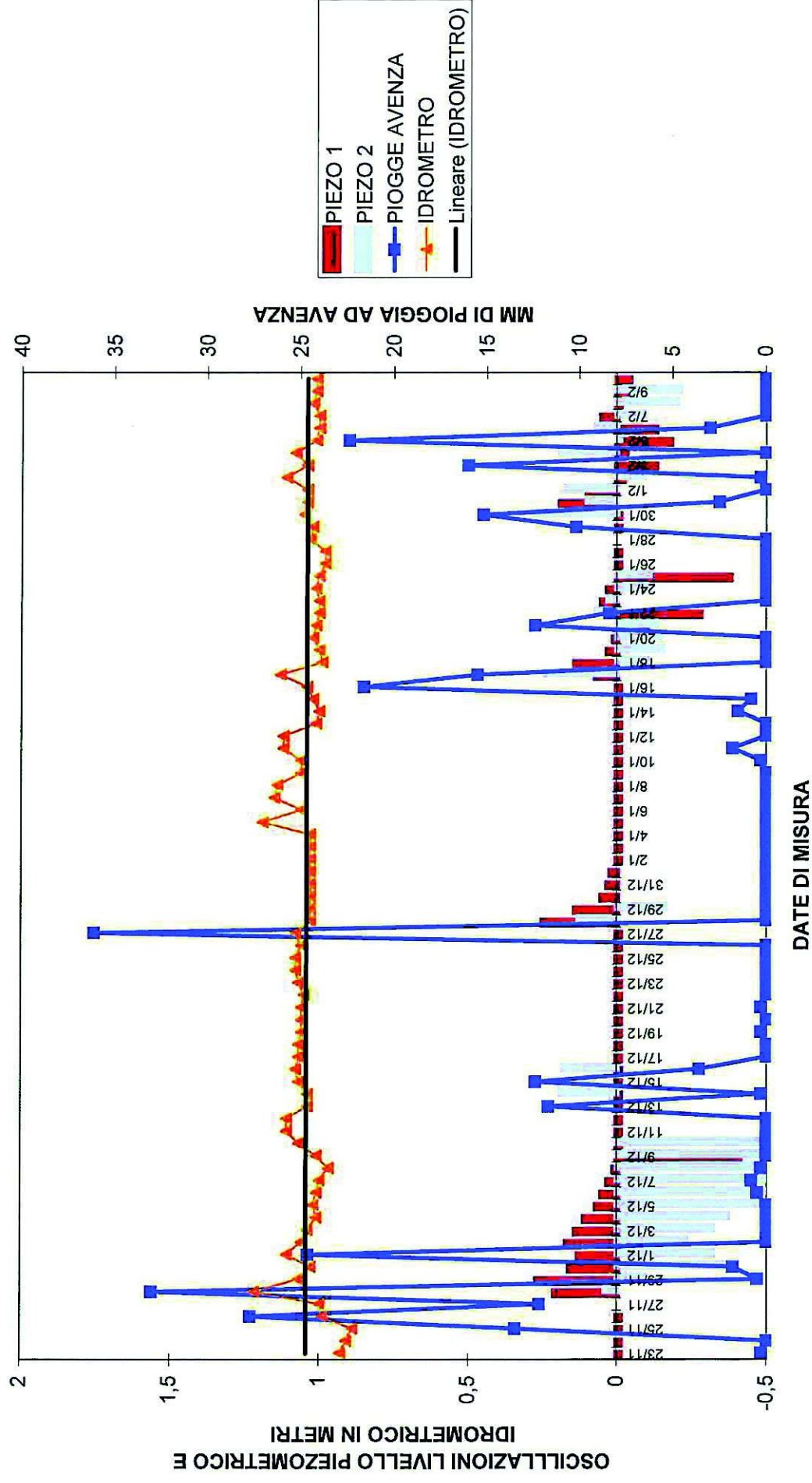
Terreni prevalentemente limoso  
sabbiosi con ghiale med addensati



Terreni prevalentemente argilloso  
sabbiosi con ghiale da poco a medio  
consistenti



## TORRENTE CARRIONE RAFFRONTO IDROMETRIA-PIOGGE- LIVELLI PIEZOMETRI





**Regione Toscana**

Settore Assetto Idraulico e Idrogeologico

***Lavori di adeguamento statico degli argini del Torrente  
Carrione a valle del ponte ferroviario in frazione di  
Avenza nel Comune di Carrara***

---

### **ALLEGATO 3**

Indagini sismiche di riferimento

---

Tecnico geologo

*Dott. Geol. Luigi D'Argliano*

Massa, 10 ottobre 2016

---

## INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

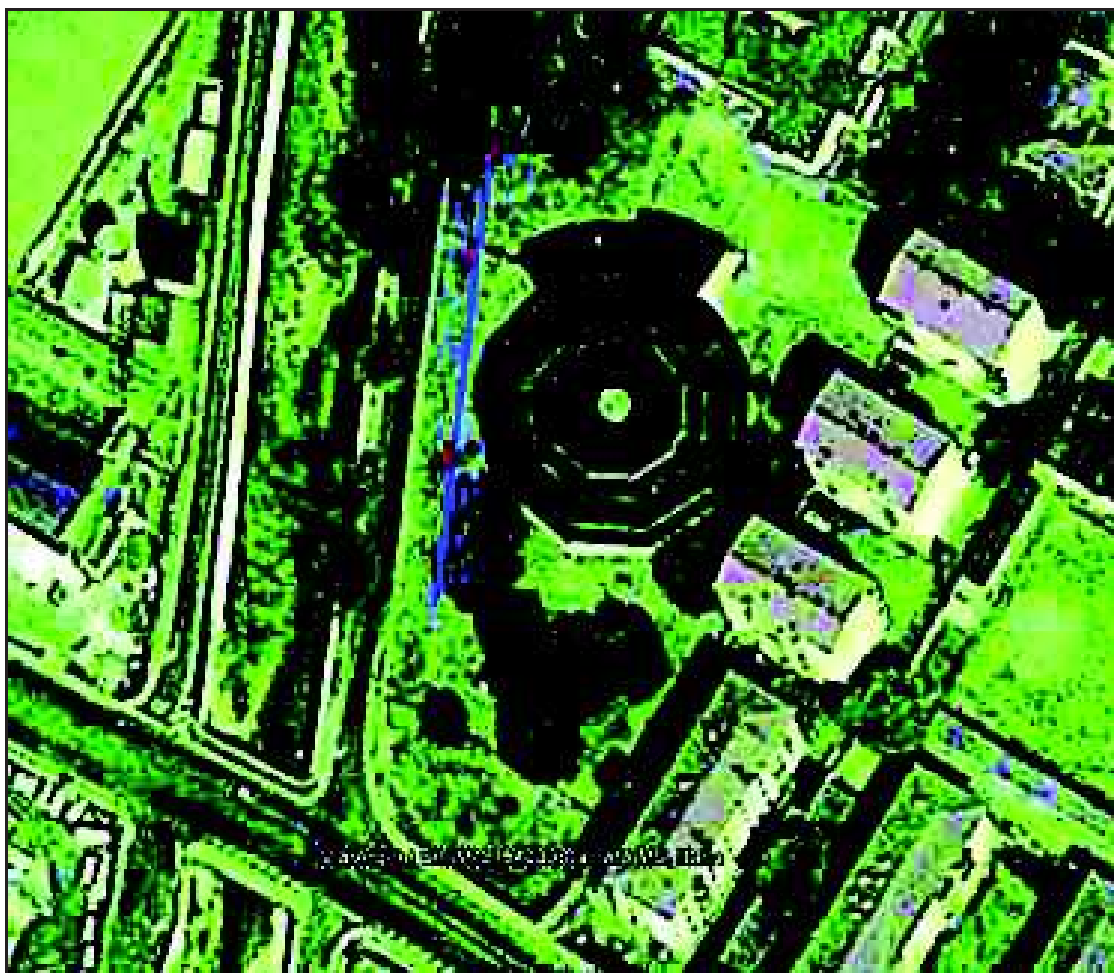
### Relazione Tecnica

**COMMITTENTE:** Provincia di Massa-Carrara

**RICHIEDENTE:** Dott. Geol. Gianluca Barbieri

**OGGETTO:** Indagini geognostiche e geofisiche in sponda sinistra del Torrente Carrione.

**CANTIERE:** Scuola dell'infanzia "Carrara Avenza Collodi", Avenza - Carrara (MS)



### **RAPPORTO RELATIVO ALLA CAMPAGNA D'INDAGINE ESEGUITA IL GIORNO 15 NOVEMBRE 2014**





## **I N D I C E**

1. - Premessa.....	2
2. - Aspetti geologici, litotecnici e idrogeologici.....	2
3. - Prove penetrometriche .....	5
4. - Indagini geofisiche.....	6
4.1. - Strumentazione .....	6
4.2. - Tomografia sismica .....	7
4.2.1. - Elaborazione tomografica .....	8
4.2.2. - Risultati tomografia sismica.....	8
4.3. - Analisi Multicanale delle Onde Superficiali (MASW).....	11
4.3.1. - Elaborazione MASW .....	11
4.3.2. - Risultato MASW .....	12
5. - Conclusioni .....	14

## **F I G U R E**

Fig. 1 : COROGRAFIA (CTR Regione Toscana – Foglio n. 249130)

Fig. 2 : UBICAZIONE DELLE INDAGINI (CTR Regione Toscana – Foglio n. 22D57)

Fig. 3 : SEZIONI (Scala 1:100)

## **A L L E G A T I**

All. 1 : CERTIFICATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI (DPSH)

All. 2 : ELABORAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI (DPSH)

All. 3 : ELABORATI TOMOGRAFIA SISMICA - Onde P (STP151114A)

All. 4 : ELABORATI TOMOGRAFIA SISMICA - Onde SH (STSH151114A)

All. 5 : ELABORATI GRAFICI MASW (STL151114A)

## 1. - Premessa

Per incarico ricevuto dalla Provincia di Massa-Carrara, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche finalizzate alla caratterizzazione dei terreni ubicati in Via Argine Sinistro, frazione di Avenza nel Comune di Carrara (MS) presso l'Asilo Collodi (posto in sinistra orografica del Torrente Carrione).

Nell'area oggetto di studio sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 3 Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH);
- n° 1 Stesa sismica con onde P/SH (Tomografie sismiche);
- n° 1 Analisi Multicanale delle Onde Superficiali (MASW – Onde R/L);
- n° 2 Rilievi topografici mediante coltellazione (Sezioni A-A' e B-B').

L'area e la logistica delle indagini sono riportate rispettivamente in figura 1 (*Corografia*) e in figura 2 (*Ubicazione delle indagini*).

## 2. - Aspetti geologici, litotecnici e idrogeologici

Il sito in oggetto si trova nell'alta pianura del Comune di Carrara, nella frazione di Avenza, in sinistra idrografica del Torrente Carrione, alla quota di circa 8 m s.l.m. L'area d'intervento è localizzata presso la Scuola dell'infanzia "Carrara Avenza Collodi" poco a monte di Via Covetta, è compresa tra Via Argine Sinistro a ovest e Via XXIV maggio a nord.

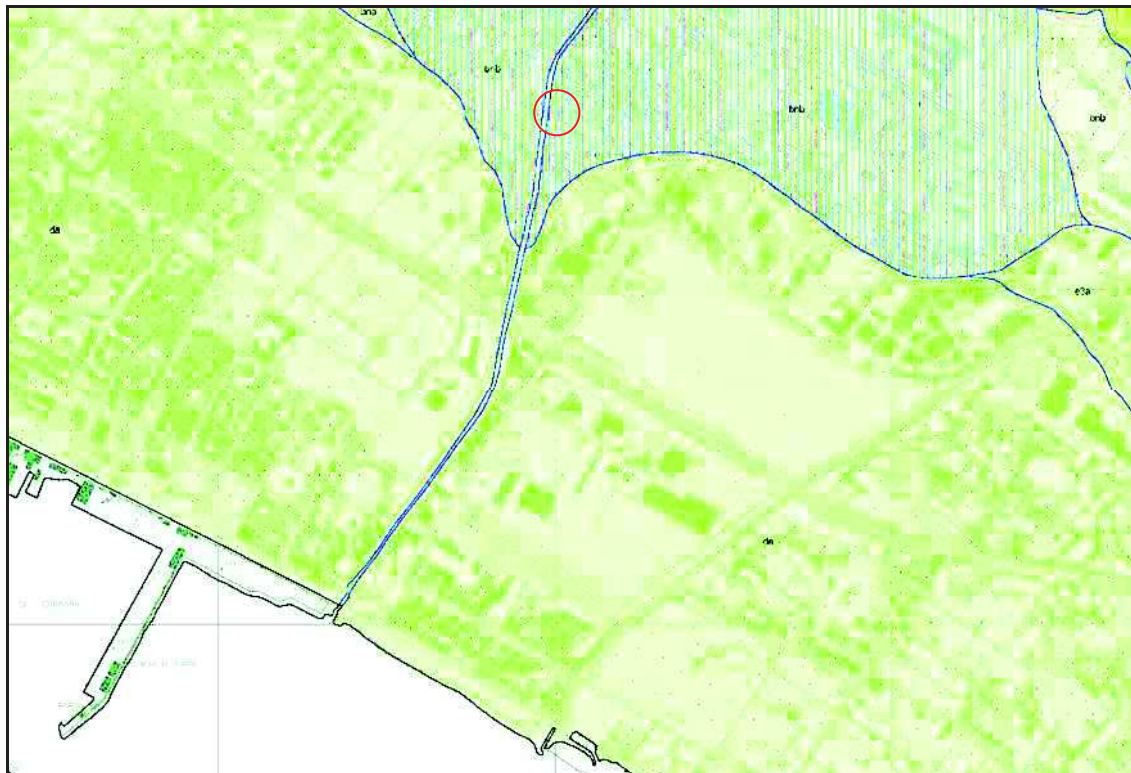
Come risulta dall'analisi delle cartografie a supporto del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico del Comune di Carrara, l'area in esame si trova in prossimità della zona distale del cono di deiezione che il Torrente Carrione ha formato al suo sbocco in pianura.

Proprio per la presenza della conoide, tutta la zona presenta deboli pendenze verso i quadranti meridionali (0÷5%).

Questa parte di pianura, è costituita da depositi alluvionali terrazzati di vario ordine, prevalentemente ghiaiosi, da depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa e/o limo argillosa e da depositi alluvionali cementati (conglomerati), cui viene attribuita normalmente una permeabilità primaria da molto elevata a buona.

Questi depositi alluvionali sono stati abbandonati dal Torrente Carrione nel Pleistocene superiore e si sono formati in condizioni climatiche diverse dalle attuali, caratterizzate da maggiore piovosità, in cui il Fiume possedeva un maggior trasporto solido. In corrispondenza dello sbocco in pianura i depositi hanno assunto la tipica forma a ventaglio dei cono di deiezione fluviali e mostrano l'asse longitudinale allineato all'incirca secondo la direzione Nord Est - Sud Ovest.

A seguire si riporta la Carta Geologica della Regione Toscana (CARG) con ubicata l'area in esame (Fig.1):



**Figura 1 - Stralcio della Carta Geologica Regionale della Regione Toscana, Sezione 249130.**

In dettaglio, l'area in esame ricade nei "**Depositi alluvionali terrazzati di vario ordine prevalentemente ghiaiosi (bnb)**" caratterizzati da depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa e/o limo argillosa e/o depositi alluvionali cementati (conglomerati) e reinciisi (*Pleistocene*).

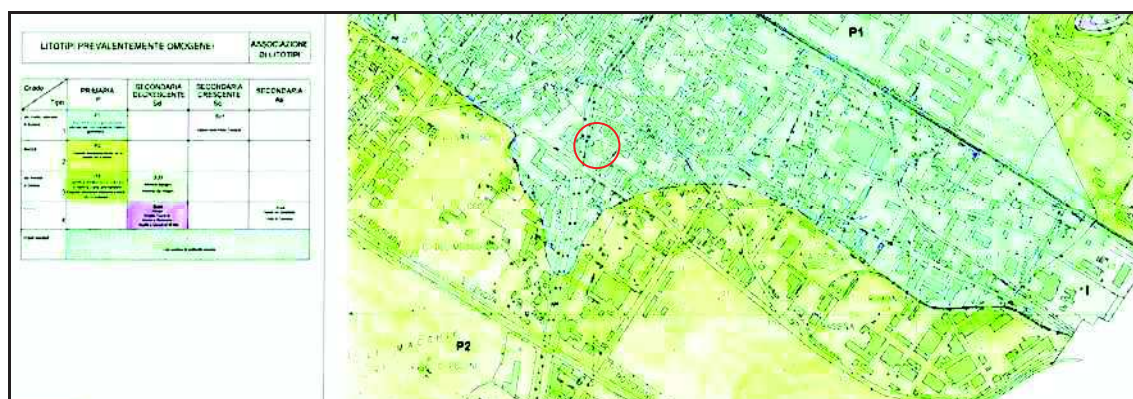
I depositi ricadono a loro volta all'interno del conoide alluvionale del Torrente Carrione.

Inoltre, sono state visionate le carte litotecniche e idrogeologiche allegate alla Variante al R.U. del Comune di Carrara (Fig.2-3):



**Figura 2 - Stralcio della Carta Litotecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico del Comune di Carrara, Tav. IV.**

Dal punto di vista litotecnico l'area in esame ricade nella "Classe **C1**" ovvero, depositi fluviali a granulometria eterogenea con prevalente frazione grossolana (Fig.2).



**Figura 3 - Stralcio della Carta Litotecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico del Comune di Carrara, Tav. IV.**

Dal punto di vista idrogeologico tali depositi ricadono in "Classe **P1**" ovvero, depositi caratterizzati da una permeabilità di tipo primario (per porosità) con grado da molto elevato a buono (Fig.3).

Infine, è stata presa visione della Carta delle Isofreatiche (Stralcio della Cartografia a supporto del P.S. del Comune di Carrara del 1997, tavole 4B-H<sub>min</sub> e 4B-H<sub>max</sub>) dalla quale emerge che l'area in esame risulta avere un livello di minima di circa 1,6 m s.l.m., mentre il livello di massima si attesta attorno a 3,2÷3,4 m s.l.m..

### 3. - Prove penetrometriche

Le prove penetrometriche sono state effettuate mediante un Penetrometro statico/dinamico modello Pagani TG-63/200 da 20 tonn di spinta, con maglio di 63,5 Kg, dalla ditta Bierregi S.r.l. di Pescaglia (Lu), laboratorio autorizzato con Decreto del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 00007464 del 04/08/2011.

La prova penetrometrica di tipo dinamico super pesante (DPSH) consiste nell'infiggere a percussione una punta troncoconica standardizzata nel terreno, valutando ogni 20 cm il numero dei colpi ( $N_{20}$ ) necessari all'avanzamento; successivamente, in base al numero di colpi  $N_{20}$  equiparati al valore standardizzato  $N_{SPT}$  (mediante un coefficiente correttivo che nel caso specifico risulta pari a  $\beta_t=1.521$ ), viene calcolato il valore dei principali parametri geomeccanici ( $\phi$ =angolo di attrito;  $E$ =modulo edometrico;  $\gamma$ =peso in volume del terreno). Con questa tipologia di prova penetrometrica non è possibile tuttavia ricavare informazioni dettagliate sulle caratteristiche granulometriche (ghiaie, sabbie, limi, argille).

A seguire si riporta una tabella di sintesi delle specifiche tecniche delle prove seguite:

Prova n°	Data di esecuzione	Certificato	Profondità (m)	Falda (m)	Coordinate Gauss-Boaga	
					X	Y
PD.1	15/11/14	DPSH-158/2014	4,20	-	1584996,0191	4877548,9998
PD.2	15/11/14	DPSH-159/2014	3,80	-	1584992,6765	4877532,9230
PD.3	15/11/14	DPSH-160/2014	4,40	-	1584988,9474	4877509,4704

I dati rilevati in campagna sono stati elaborati con l'ausilio del programma "Win-Din" versione 3.01 0405-401 della OCX del Dr. Geol. Diego Merlin.

Il perforo della prova PD.1 è stato attrezzato con tubo piezometrico ( $\emptyset = 25$  mm). In data di esecuzione delle prove (15/11/2014), non è stata rinvenuta la presenza di una circolazione idrica superficiale.

Per le caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato e la visione dei certificati di prova con i relativi tabulati e diagrammi si rimanda ai relativi allegati (All.1 - 2).



#### 4. - Indagini geofisiche

Nell'area oggetto di studio, sono state eseguite, lungo il medesimo allineamento, n.1 stesa sismica di superficie con onde P/SH e n.1 prospezione sismica MASW (Onde di Rayleigh/Love). A seguire si riporta una tabella riassuntiva e la configurazione delle prove geofisiche eseguite:

PROSPEZIONE	TIPO	IDENTIFICATIVO	CANALI (n°)	LUNGHEZZA (m)	SPARI (n°)	D.I. (m)
Tomografia Sismica	Onde P	STP151114A	24	60,0	7	2,50
Tomografia Sismica	Onde SH	STSH151114A	24	60,0	7	2,50
MASW	Onde R	STR151114A	24	57,5	4	2,50
MASW	Onde L	STL151114A	24	57,5	4	2,50

**NOTA:** D.I. - Distanza intergeofonica

##### 4.1. - Strumentazione

Per l'acquisizione è stato utilizzato un sismografo a 48 canali ECHO 24-48/2012 dell'AMBROGEO di Piacenza, collegato ad un pc portatile su cui è installato programma di acquisizione Echo2012, aventi le seguenti caratteristiche principali:

- Numero di canali: 48+1
- Gain: 0 dB – 72 dB (step 6 dB);
- Distorsion: 0,0004%;
- A/D conversion: 24 bit;
- Sampling interval: 32,64,128,256,480,960 µs;
- Noise: 0,25µs, 2ms 36dB;

Inoltre, l'attrezzatura è completata da un cavo sismico a 24 takes out spaziali a 2,5 m, con connettori cannon a cui vengono attaccati 24 geofoni verticali, con frequenza propria di 4,5Hz per la ricezione delle onde P e R (Rayleigh), e 24 geofoni orizzontali, con frequenza propria sempre di 4.5Hz, per la ricezione delle onde SH e L (Love).

Come sorgente energizzante delle onde P è stata utilizzata una mazza da 8 kg battente su piastra in duralluminio, mentre per le onde SH e L (Love) è stata utilizzata una traversina in polietilene sovraccaricata, considerando la logistica del cantiere, con due/tre operatori e sollecitata trasversalmente da ambo i lati con mazza da 6 Kg.

Tutte le registrazioni SH sono state realizzate con metodo CROSS-OVER utilizzando la funzione sommatoria e inversione di polarità appartenute al sismografo AMBROGEO. In questo modo, facendo la differenza fra uno stesso numero di battute a destra e a sinistra con polarità invertita, è esaltato l'istante di primo arrivo delle onde SH ed eventualmente eliminato l'arrivo delle onde P spurie.

#### 4.2. - Tomografia sismica

Tra le prospezioni di tipo indiretto la sismica a rifrazione rappresenta ad oggi un valido supporto sia per la ricostruzione delle geometrie sepolte sia per la caratterizzazione del sottosuolo. Le onde, generate artificialmente dall'operatore, vengono prodotte tramite martello percussore, massa battente o tramite esplosivo. La prospezione può essere eseguita energizzando onde compressionali (tipo "P") o onde di taglio (tipo "SH") a seconda delle finalità dell'indagine e delle caratteristiche geologiche/idrogeologiche locali.

L'apparecchiatura necessaria per eseguire le prospezioni è composta da una serie di ricevitori (geofoni - *receivers*) che vengono disposti e spazati sul terreno lungo un determinato allineamento (stesa sismica - *sismic array*) e da un sismografo che registra l'istante d'inizio della perturbazione elastica generata dall'operatore e i tempi di arrivo delle onde a ciascun ricevitore. In questo modo stabilendo i tempi di primo arrivo, siamo in grado di ricostruire per ogni punto sorgente una curva tempo-distanza (dromocrona - *travel time*). Osservando le variazioni di pendenza di quest'ultima siamo in grado, attraverso metodi analitici, di calcolare la velocità di propagazione delle onde sismiche dei mezzi attraversati e il loro spessore.

La velocità delle onde sismiche nel suolo è compresa tra ampi limiti; per lo stesso tipo di roccia la velocità infatti diminuisce all'aumentare del grado di alterazione, fratturazione e/o fessurazione, dall'altro lato aumenta con l'aumentare della profondità e con l'età geologica del deposito.

Le velocità delle onde compressionali (P), a differenza di quelle trasversali (SH) che non si propagano nell'acqua, è influenzata dalla presenza di acqua e di conseguenza dal grado di saturazione del deposito in esame. Questo aspetto comporta che litotipi differenti possano avere stessa velocità delle onde compressionali, per cui non necessariamente l'interpretazione corrisponderà alla reale situazione geologico-stratigrafica.

Per elaborazione tomografica si intende la ricostruzione della distribuzione di un parametro (in questo caso la velocità delle onde di compressione) che caratterizza un mezzo (il terreno) attraversato da una funzione dipendente dal parametro scelto per l'analisi (onda sismica). La ricerca del modello di distribuzione di velocità del terreno che ottimizza i tempi di arrivo individuati sui sismogrammi delle registrazioni di campagna viene effettuato in modo iterativo fino al raggiungimento della soluzione che minimizza l'errore fra i tempi misurati e quelli calcolati sulla soluzione ottenuta.

Tale metodo ha un alto potere risolutivo e offre la possibilità all'operatore di individuare anomalie e discontinuità nel terreno anche complesse.

Viene utilizzato un modello di partenza privo di condizioni iniziali al fine di eliminare qualsiasi valutazione preliminare sull'assetto geologico che, in caso di imprecisioni, potrebbe dirottare verso una soluzione che non minimizzi l'errore oppure che lo minimizzi verso un minimo relativo della funzione di convergenza.

Il modello iniziale e la soluzione finale sono costituiti da una serie di celle all'interno delle quali il valore di velocità rimane costante: tale valore viene aggiornato ad ogni iterazione del procedimento di calcolo per raggiungere il miglior risultato. Le dimensioni delle celle utilizzate e quindi il dettaglio finale ottenuto sono fortemente dipendenti dalla spaziatura dei geofoni e dal numero degli shots effettuati: aumentando la spaziatura dei geofoni si deve aumentare il numero degli shots per mantenere costante il dettaglio.

Infine i valori del risultato vengono interpolati fra loro per ottenere una distribuzione continua di velocità. Per l'interpolazione è stato utilizzato il metodo della triangolazione con interpolazione lineare.

#### *4.2.1. - Elaborazione tomografica*

I dati acquisiti in campagna e registrati sul pc (formato *.sgy/sg2*) vengono poi processati in studio tramite il programma di elaborazione **WINSISM v.12** con i quali si svolgono le operazioni di picking dei primi arrivi di ciascuna traccia.

Il processing dei dati è stato eseguito con il software **RAYFRACT v. 3.19**, (distribuito dalla Intelligent Resources Inc.).

Una volta stabilito il picking (definizione dei primi arrivi) il processing dei dati prosegue con la fase di inversione tomografica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.

Successivamente, con la fase di imaging, si otterrà con un software dedicato (SURFER 9) l'immagine della sezione tomografica.

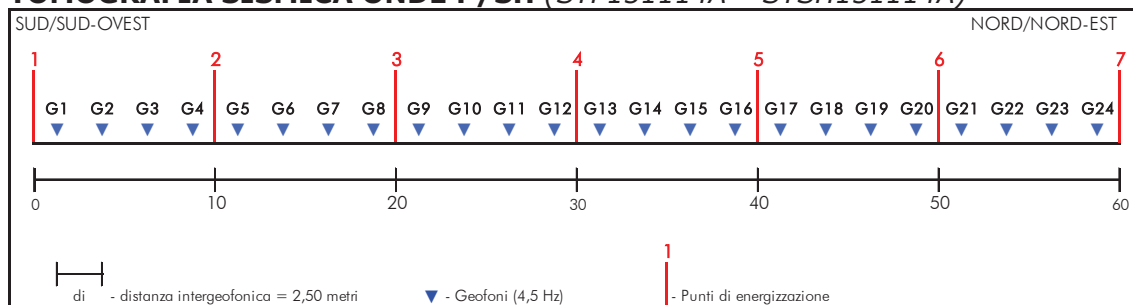
#### *4.2.2. - Risultati tomografia sismica*

È stata eseguita n.1 stesa sismica di superficie con onde P/SH (lungo il medesimo allineamento).

Le registrazioni ottenute in campagna sono state ottimizzate lavorando, in fase di acquisizione, sulla sensibilità di ciascun geofono, al fine di minimizzare i disturbi acustici locali e, allo stesso tempo, di amplificare i segnali (le tracce) più deboli. Inoltre, ulteriori miglioramenti del segnale sono stati apportati lavorando sul filtraggio delle frequenze (Hi/Lo-cut).

A seguire si riporta la relativa configurazione (schema d'esecuzione) e i risultati ottenuti (Fig.4 - 5):

### **TOMOGRAFIA SISMICA ONDE P/SH (STP151114A – STSH151114A)**

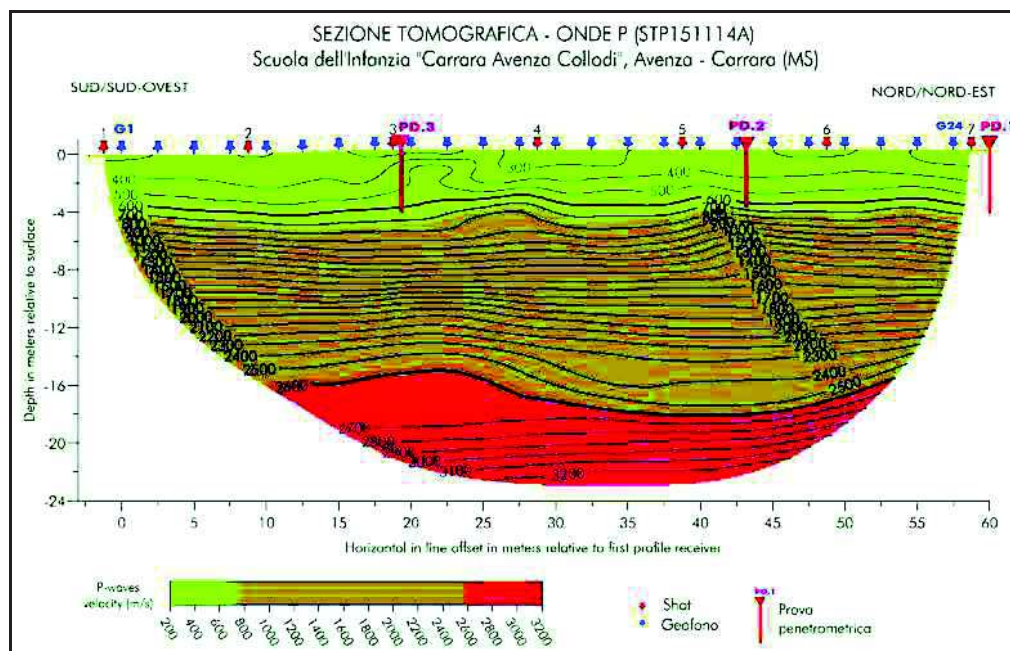
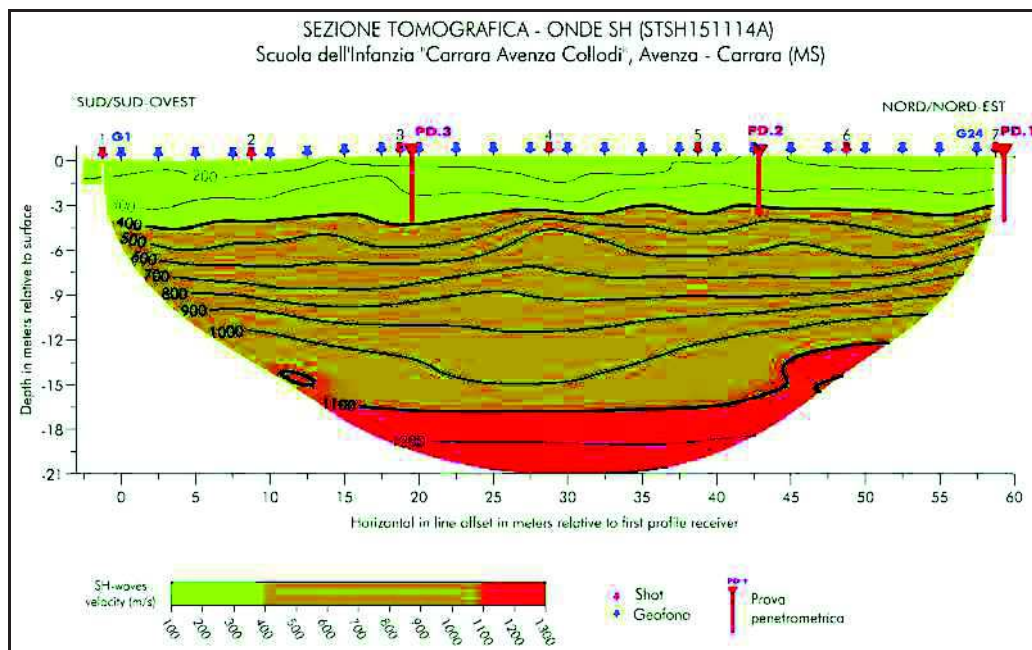


Sono state eseguite sette registrazioni; sono stati utilizzati 24 geofoni interspaziati di 2,50 metri (lunghezza stesa 60 metri). L'azimuth della stesa (riferito al G1) è N 190° (SSW-NNE). Le registrazioni, per ciascun punto di sparo, sono state campionate con un intervallo di 0,256 millisecondi per un tempo totale di acquisizione pari a 1 s (per un totale di 3900 campioni).

#### Tomografia Sismica

#### *STP151114A (onde P) e STSH151114A (onde SH)*

- dal piano campagna fino alla profondità di circa 3,00÷5,00 metri (Onde P) e 4,00÷5,00 metri (Onde SH) si ha un primo sismostrato con andamento abbastanza regolare con velocità  $V_p$  media di circa 400÷500 m/s ( $V_p$  limite 600 m/s) e  $V_s$  media di circa 250 m/s ( $V_s$  limite 400 m/s);
- segue un secondo sismostrato con andamento irregolare caratterizzato da velocità  $V_p$  media di circa 1600 m/s ( $V_p$  limite 2600 m/s) e  $V_s$  media di circa 700÷750 m/s ( $V_s$  limite 1100 m/s) sino fino ad una profondità di circa 16,0÷18,0 metri (Onde P) e 15, 0÷18,00 metri (Onde SH);
- segue un terzo ed ultimo sismostrato con andamento irregolare caratterizzato da velocità  $V_p$  media maggiore di 2600 m/s (fino alla profondità massima di circa 23,0 metri) e  $V_s$  media maggiore di 1100 m/s (fino alla profondità massima di circa 21,0 metri).

**Figura 4 – Sezione tomografica ONDE P.****Figura 5 – Sezione tomografica ONDE SH.**

Per una visualizzazione numerica completa delle caratteristiche della prospezione eseguita si rimanda ai relativi allegati (All.3 - 4).



#### 4.3. - Analisi Multicanale delle Onde Superficiali (MASW)

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde di volume o di corpo (onde P e S – “*Body Waves*”), più di due terzi dell’energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di ONDE SUPERFICIALI (“*Surface Waves*”), la cui componente principale è rappresentata dalle onde di Rayleigh (“*Ground Roll*”).

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica geofisica limitatamente invasiva di recente applicazione che, attraverso l’analisi delle onde di superficie (dispersione), ha lo scopo di ottenere profili Vs-Z (velocità delle onde di taglio – profondità).

Il fenomeno dispersivo delle onde superficiali (nel nostro caso onde di Rayleigh) si manifesta in un mezzo stratificato, in quanto diverse lunghezze d’onda si propagano con velocità di fase differente. A sua volta la velocità di fase dipende dalla frequenza e tale dipendenza viene espressa attraverso la curva di dispersione.

Esiste una relazione fondamentale che lega i tre parametri fondamentali che descrivono la propagazione nello spazio di un’oscillazione:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

dove:

$\lambda$	lunghezza d’onda (misurata in metri);
$f$	frequenza (in Hz);
$v$	velocità di propagazione (in m/s).

A tal proposito, la profondità di esplorazione massima raggiungibile dipende dalle caratteristiche del mezzo dalla superficie fino ad una profondità indicativamente pari al valore di  $\lambda/2$  o  $\lambda/3$ . In riferimento a quest’ultimo aspetto, è buona regola operare con geometrie di acquisizione di lunghezza D prossima al doppio della profondità che si vuole indagare. Inoltre, è utile adoperare una distanza intergeofonica piccola (non superiore ai 2 metri) in modo tale da ottenere informazioni anche sugli strati più superficiali.

##### 4.3.1. - Elaborazione MASW

Il software qui utilizzato per il processing dei dati sismici acquisiti in campagna è *WinMASW 5.0 ver. Professional*, che consente di ricavare il profilo verticale delle Vs. Tale risultato viene ottenuto tramite l’inversione delle curve di dispersione delle Onde di Rayleigh. Il metodo MASW si articola in tre passaggi successivi:

- Acquisizione delle onde superficiali di Rayleigh ("*Ground Roll*") da effettuarsi in campagna con apposita strumentazione;
- Costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Il primo punto riguarda la prova MASW eseguita "in situ" per ottenere il sismogramma relativo alle onde di Rayleigh. I passaggi successivi fanno riferimento all'elaborazione dei dati acquisiti in campagna mediante pc, utilizzando il software winMASW 5.0 ver. Professional. Il primo passo, una volta caricati i dati di campagna (sismogramma delle onde di Rayleigh) è quello di calcolare lo spettro di velocità e successivamente procedere con il *picking* della curva di dispersione.

Infine l'ultimo passaggio riguarda l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata". Questa viene effettuata grazie all'utilizzo di una potente tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) da parte del software utilizzato. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione.

I risultati delle prospezioni vengono restituiti in allegato che include i grafici dei vari passaggi necessari per ottenere il grafico del profilo verticale delle Vs. In particolare come allegati vengono forniti:

- Traccia sismica registrata ad ogni geofono per lo sparo effettuato (input file);
- Spettro di velocità e Curva di Dispersione (*picking*);
- Grafico Misfit – Generazione e Profilo verticale Onde S;
- Colonna sismo-stratigrafica.

Attualmente la tecnica MASW, seppur presentando alcuni vantaggi rispetto alla sismica a rifrazione (es. operare in contesti con spazio limitato), è soggetta a limitazioni di tipo teorico (es. strati piano paralleli) e pratico (es. necessità di sorgenti energetiche a bassa frequenza), che unite alle difficoltà interpretative in assenza di un valido modello sismo-stratigrafico, pongono la massima cautela per l'utilizzo di questa tecnica come unico sistema di analisi.

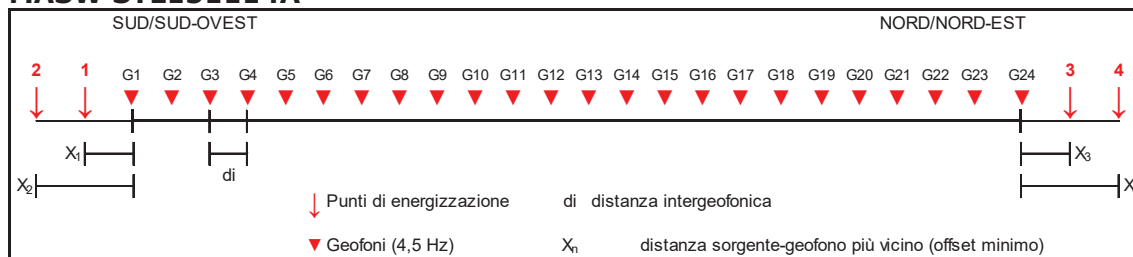
Infatti, l'ottimizzazione di tali prospezioni può essere ottenuta con la realizzazione di più stese (sismica a rifrazione per ricostruire l'andamento dei sismostrati) ed eventuali operazioni di taratura con la realizzazione di sondaggi di tipo puntuale (carotaggi, penetrometrie...). Nel nostro caso abbiamo preso come riferimento le prove eseguite, la tomografia sismica e preso visione della Carta Geologica della Regione Toscana (Foglio 249130).

#### 4.3.2. - Risultato MASW

Lungo il medesimo allineamento della tomografia sismica è stata eseguita una prospezione sismica MASW (Onde Rayleigh/Love), utilizzando sempre un sistema a 24 geofoni interspaziati di 2,50 metri (lunghezza stesa 57,5 metri).

La configurazione della stesa è riportata nello schema che segue:

### MASW STL151114A



Sono state eseguite quattro registrazioni, effettuate con mazza da 6 kg battente su piastra in duralluminio. Per le onde Rayleigh, i quattro punti sorgente (shot) sono stati effettuati esternamente alla stesa ad una distanza di 2,0 metri (X<sub>1</sub> – shot 1) e 4,0 metri (X<sub>2</sub> – shot 2) dal primo geofono (G.1) e ad una distanza di 2,0 metri (X<sub>3</sub> – shot 3) e 4,0 metri (X<sub>4</sub> – shot 4) dall'ultimo geofono (G.24). Per le onde Love sono stati presi i due shot estremi delle onde SH (distanza 1,25 metri da G1 e G24) ed eseguiti altri due spari ad una distanza di 4m dal G1 e dal G24. Azimut N190° (SSW-NNE) riferito al G1.

Le registrazioni avvenute in campagna sono state ottenute, in fase di acquisizione, utilizzando la medesima sensibilità per ciascun geofono e senza l'utilizzo di filtraggio delle frequenze.

L'elaborazione è stata eseguita solo per le onde di Love (STL151114A). Di seguito si riporta il modello geofisico che sembra meglio adeguarsi a tutti e quattro gli spettri di dispersione (All. 5):

Descrizione probabile degli orizzonti individuati	Velocità Vs (m/s)		Spessori (m)	
	min	max	min	max
Sismostrato 1 - Copertura e/o depositi superficiali sciolti	100	200	1,50	3,00
	230	430	1,50	3,00
Sismostrato 2 - Alluvioni terrazzate	450	800	18,0	22,0
	600	1000		

Il modello di suolo sopra riportato rappresenta il modello di partenza (input) per l'analisi di ricerca del modello medio e migliore della prospezione sismica MASW. Infatti, l'analisi MASW fornisce vari modelli (profili di velocità Vs monodimensionale) ottenuti mediante processo di inversione, tra i quali viene adottato quello relativo al modello stratigrafico medio. La velocità delle **V<sub>S,30</sub>** (a partire dal piano campagna) risulta essere pari a:

$$V_{S,30} = 536 \text{ m/s}$$

Per ulteriori dettagli su spessori e velocità ottenute dall'analisi MASW, si rimanda alla colonna sismo-stratigrafica riportata in allegato (All.5).

## 5. - Conclusioni

Sulla base dei dati raccolti sul campo e sulle elaborazioni prodotte, è stato possibile evidenziare quanto segue:

Le prove penetrometriche hanno permesso di caratterizzare e parametrizzare i terreni costituenti i depositi di copertura.

La tomografia sismica (onde P/SH) ha permesso di ricostruire l'assetto dei vari sismostrati individuati, indicando una geometria sepolta abbastanza regolare e simile in entrambe i casi (Onde P/SH).

Il dato ricavato dall'indagine sismica MASW, in base alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.14-01-2008) e considerata anche la stratigrafia media supposta per l'area d'indagine, fa ricadere l'area oggetto di studio nella **Categoria di Suolo Sismico B:**

"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensato o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $C_{U,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)".

Da considerare il fatto che la valutazione della  $V_{S,30}$  è stata calcolata a partire dal piano campagna. In fase di progetto andrà valutato l'effettivo piano d'imposta delle fondazioni e calcolata la  $V_{S,30}$  a partire da quest'ultimo.

L'analisi specifica dei dati elaborati rimane comunque a carico del "geologo/ingegnere" responsabile delle indagini; le considerazioni sopra esposte in merito all'elaborazione delle prove penetrometriche (suddivisioni e parametri geomeccanici del terreno) e alla "categoria di suolo", si devono intendere come mera interpretazione dei risultati ottenuti.

Per ulteriori dettagli sulle indagini svolte si rimanda ai relativi allegati (All.1 - 2 - 3 - 4 - 5).

*Lucca, Novembre 2014*

**BIERREGI srl**  
Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Luigi Giammattei

**BIERREGI S.R.L.**  
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Luigi GIAMMATTEI



**Certificati delle Prove Penetrometriche  
Dinamiche Pesanti (DPSH)**

DPSH-158/2014 (PD.1) – Profondità 4,20 metri  
DPSH-159/2014 (PD.2) – Profondità 3,80 metri  
DPSH-160/2014 (PD.3) – Profondità 4,40 metri





CERTIFICATO N°

DPSH-158/2014

DEL

15 novembre 2014

Pagina 1 di 2

**INDAGINE PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE (DPSH – S.Heavy)**

Richiedente:	Dott. Geol. Gianluca Barbieri	Data esecuzione prova:	15 novembre 2014
Committente:	Provincia di Massa Carrara	Commessa n°:	14 157
Indirizzo Cantiere:	Scuola dell'infanzia "Carrara Avenza Collodi"	Riferimento Job:	141115A - PD.1
Località/Frazione:	Avenza	Coordinate (Gauss-Boaga):	X Y 1584996.019 4877549.000
Comune:	Carrara	Profondità d'indagine:	4.20 metri
Provincia:	Massa-Carrara	Falda:	assente

**Caratteristiche Tecniche DPSH - S. Heavy (Modello Pagani TG63-200kN)**

M (peso massa battente)	63.50	kg
H (altezza caduta libera)	0.75	metri
Ms (peso sistema di battuta)	30.00	kg
D (diametro punta conica)	0.0505	metri (50,50 mm)
A (area base punta conica)	0.002	m <sup>2</sup> (20,00 cm <sup>2</sup> )
$\alpha$ (angolo apertura punta)	90,0°	gradi
La (lunghezza delle aste)	1.00	metri
Ma (peso asta x metro)	8.00	kg/m
Peso singola asta	8.00	kg
$\delta$ (avanzamento punta)	0.20	metri
P1 (profondità giunzione 1°asta)	0.80	metri
N (numero di colpi punta)	N(20)	→ relativo ad un avanzamento di 0,20 m
Rivestimento/Fanghi	no	

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO (prova SPT → $Q_{spt} = 0,783$ MPa)	$Q = (MH)/(A\delta) =$	1.191	MPa
COEFF. TEORICO DI ENERGIA (teoricamente : $N_{spt} = \beta t N$ )	$\beta t = Q/Q_{spt} =$	1.521	

**Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N)**  
**(FORMULA OLANDESE) :  $Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$** 

Rpd - resistenza dinamica alla punta (area A)  
 e - infissione per colpo =  $\delta / N$

M (peso massa battente - altezza caduta H)  
 P (peso totale aste e sistema battuta)

**NOTE:** - Perforo attrezzato con piezometro

lo sperimentatore  
 Dott. Geol. Andrea Gambini

il responsabile tecnico  
 Dott. Geol. Francesco Rossi

il direttore del laboratorio  
 Dott. Geol. Luigi Giammattei

CERTIFICATO N°

DPSH-158/2014

DEL

15 novembre 2014

Pagina 2 di 2

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Profondità (m)						Profondità (m)					
N (colpi p)			Rpd (MPa)			N (colpi p)			Rpd (MPa)		
0.00	-	0.20	2	1.49	1	2.60	-	2.80	28	18.02	3
0.20	-	0.40	3	2.23	1	2.80	-	3.00	11	6.63	4
0.40	-	0.60	3	2.23	1	3.00	-	3.20	8	4.82	4
0.60	-	0.80	2	1.49	1	3.20	-	3.40	2	1.20	4
0.80	-	1.00	1	0.69	2	3.40	-	3.60	2	1.20	4
1.00	-	1.20	2	1.38	2	3.60	-	3.80	4	2.41	4
1.20	-	1.40	1	0.69	2	3.80	-	4.00	7	3.96	5
1.40	-	1.60	2	1.38	2	4.00	-	4.20	50	28.32	5
1.60	-	1.80	2	1.38	2						
1.80	-	2.00	2	1.29	3						
2.00	-	2.20	4	2.57	3						
2.20	-	2.40	2	1.29	3						
2.40	-	2.60	3	1.93	3						

lo sperimentatore  
Dott. Geol. Andrea Gambiniil responsabile tecnico  
Dott. Geol. Francesco Rossiil direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Luigi Giammattei

CERTIFICATO N°

DPSH-159/2014

DEL

15 novembre 2014

Pagina 1 di 2

**INDAGINE PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE (DPSH – S.Heavy)**

Richiedente:	Dott. Geol. Gianluca Barbieri	Data esecuzione prova:	15 novembre 2014
Committente:	Provincia di Massa Carrara	Commessa n°:	14 157
Indirizzo Cantiere:	Scuola dell'infanzia "Carrara Avenza Collodi"	Riferimento Job:	141115A - PD.2
Località/Frazione:	Avenza	Coordinate (Gauss-Boaga):	X 1584992.677    Y 4877532.923
Comune:	Carrara	Profondità d'indagine:	3.80    metri
Provincia:	Massa-Carrara	Falda:	assente

**Caratteristiche Tecniche DPSH - S. Heavy (Modello Pagani TG63-200kN)**

M (peso massa battente)	63.50	kg
H (altezza caduta libera)	0.75	metri
Ms (peso sistema di battuta)	30.00	kg
D (diametro punta conica)	0.0505	metri (50,50 mm)
A (area base punta conica)	0.002	m <sup>2</sup> (20,00 cm <sup>2</sup> )
$\alpha$ (angolo apertura punta)	90,0°	gradi
La (lunghezza delle aste)	1.00	metri
Ma (peso asta x metro)	8.00	kg/m
Peso singola asta	8.00	kg
$\delta$ (avanzamento punta)	0.20	metri
P1 (profondità giunzione 1°asta)	0.80	metri
N (numero di colpi punta)	N(20)	→ relativo ad un avanzamento di 0,20 m
Rivestimento/Fanghi	no	

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO (prova SPT → $Q_{spt} = 0,783$ MPa)	$Q = (MH)/(A\delta) =$	1.191	MPa
COEFF. TEORICO DI ENERGIA (teoricamente : $N_{spt} = \beta t N$ )	$\beta t = Q/Q_{spt} =$	1.521	

**Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N)**  
**(FORMULA OLANDESE) :  $R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$** 

Rpd - resistenza dinamica alla punta (area A)  
e - infissione per colpo =  $\delta / N$

M (peso massa battente - altezza caduta H)  
P (peso totale aste e sistema battuta)

**NOTE:** - Falda rilevata in foro (assente)

lo sperimentatore  
Dott. Geol. Andrea Gambini

il responsabile tecnico  
Dott. Geol. Francesco Rossi

il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Luigi Giammattei

CERTIFICATO N°

DPSH-159/2014

DEL

15 novembre 2014

Pagina 2 di 2

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Profondità (m)						Profondità (m)					
N (colpi p)			Rpd (MPa)			N (colpi p)			Rpd (MPa)		
0.00	-	0.20	6	4.47	1	2.60	-	2.80	5	3.22	3
0.20	-	0.40	2	1.49	1	2.80	-	3.00	4	2.41	4
0.40	-	0.60	2	1.49	1	3.00	-	3.20	4	2.41	4
0.60	-	0.80	1	0.74	1	3.20	-	3.40	16	9.64	4
0.80	-	1.00	1	0.69	2	3.40	-	3.60	22	13.25	4
1.00	-	1.20	1	0.69	2	3.60	-	3.80	50	30.12	4
1.20	-	1.40	1	0.69	2						
1.40	-	1.60	1	0.69	2						
1.60	-	1.80	1	0.69	2						
1.80	-	2.00	1	0.64	3						
2.00	-	2.20	2	1.29	3						
2.20	-	2.40	1	0.64	3						
2.40	-	2.60	4	2.57	3						

lo sperimentatore  
Dott. Geol. Andrea Gambiniil responsabile tecnico  
Dott. Geol. Francesco Rossiil direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Luigi Giammattei



CERTIFICATO N°

DPSH-160/2014

DEL

15 novembre 2014

Pagina 1 di 2

**INDAGINE PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE (DPSH – S.Heavy)**

Richiedente:	Dott. Geol. Gianluca Barbieri	Data esecuzione prova:	15 novembre 2014
Committente:	Provincia di Massa Carrara	Commessa n°:	14 157
Indirizzo Cantiere:	Scuola dell'infanzia "Carrara Avenza Collodi"	Riferimento Job:	141115A - PD.3
Località/Frazione:	Avenza	Coordinate (Gauss-Boaga):	X 1584988.947    Y 4877509.470
Comune:	Carrara	Profondità d'indagine:	4.40    metri
Provincia:	Massa-Carrara	Falda:	assente

**Caratteristiche Tecniche DPSH - S. Heavy (Modello Pagani TG63-200kN)**

M (peso massa battente)	63.50	kg
H (altezza caduta libera)	0.75	metri
Ms (peso sistema di battuta)	30.00	kg
D (diametro punta conica)	0.0505	metri (50,50 mm)
A (area base punta conica)	0.002	m <sup>2</sup> (20,00 cm <sup>2</sup> )
$\alpha$ (angolo apertura punta)	90,0°	gradi
La (lunghezza delle aste)	1.00	metri
Ma (peso asta x metro)	8.00	kg/m
Peso singola asta	8.00	kg
$\delta$ (avanzamento punta)	0.20	metri
P1 (profondità giunzione 1°asta)	0.80	metri
N (numero di colpi punta)	N(20)	→ relativo ad un avanzamento di 0,20 m
Rivestimento/Fanghi	no	

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO (prova SPT → $Q_{spt} = 0,783$ MPa)	$Q = (MH)/(A\delta) =$	1.191	MPa
COEFF. TEORICO DI ENERGIA (teoricamente : $Nspt = \beta t N$ )	$\beta t = Q/Q_{spt} =$	1.521	

**Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N)**  
**(FORMULA OLANDESE) :  $Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$** 

Rpd - resistenza dinamica alla punta (area A)  
e - infissione per colpo =  $\delta / N$

M (peso massa battente - altezza caduta H)  
P (peso totale aste e sistema battuta)

**NOTE:** - Falda rilevata in foro (assente)

lo sperimentatore  
Dott. Geol. Andrea Gambini

il responsabile tecnico  
Dott. Geol. Francesco Rossi

il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Luigi Giammattei

CERTIFICATO N°

DPSH-160/2014

DEL

15 novembre 2014

Pagina 2 di 2

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Profondità (m)						Profondità (m)					
N (colpi p)			Rpd (MPa)			N (colpi p)			Rpd (MPa)		
0.00	-	0.20	6	4.47	1	2.60	-	2.80	8	5.15	3
0.20	-	0.40	2	1.49	1	2.80	-	3.00	6	3.61	4
0.40	-	0.60	1	0.74	1	3.00	-	3.20	2	1.20	4
0.60	-	0.80	1	0.74	1	3.20	-	3.40	2	1.20	4
0.80	-	1.00	1	0.69	2	3.40	-	3.60	2	1.20	4
1.00	-	1.20	4	2.76	2	3.60	-	3.80	2	1.20	4
1.20	-	1.40	2	1.38	2	3.80	-	4.00	2	1.13	5
1.40	-	1.60	1	0.69	2	4.00	-	4.20	12	6.80	5
1.60	-	1.80	2	1.38	2	4.20	-	4.40	50	28.32	5
1.80	-	2.00	7	4.50	3						
2.00	-	2.20	3	1.93	3						
2.20	-	2.40	2	1.29	3						
2.40	-	2.60	2	1.29	3						

lo sperimentatore  
Dott. Geol. Andrea Gambiniil responsabile tecnico  
Dott. Geol. Francesco Rossiil direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Luigi Giammattei

**bierregi s.r.l.**

INDAGINI GEOFISICHE  
GEOGNOSTICHE e GEOTECNICHE



OS 21  
OS 20 - B

Presidenza del Consiglio superiore  
dei Lavori Pubblici  
Servizio Tecnico Centrale  
Aut. n. :00007464



Cert. No. 98514-2011-AQ-  
ITA-ACCREDIA

**Allegato n° 2**

**Elaborazione delle Prove Penetrometriche  
Dinamiche Pesanti (DPSH)**



## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH (S. Heavy)**

MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,0000 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO

RENDIMENTO SPECIFICO x COLPOQ =  $(MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2$  ( prova SPT :  $Q_{spt} = 7,83 \text{ kg/cm}^2$  )  
 COEFF.TEORICO RENDIMENTO  $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$  ( teoricamente :  $N_{spt} = \beta_t N$  )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
 e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = massa battente (altezza caduta H)  
 P = massa totale aste e sistema battuta

### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  $\approx 0,1$  MPa  
 1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
 1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN PD.1**

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note : Perforo attrezzato con piezometro

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	2	14,9	1	2,20 - 2,40	2	12,9	3
0,20 - 0,40	3	22,3	1	2,40 - 2,60	3	19,3	3
0,40 - 0,60	3	22,3	1	2,60 - 2,80	28	180,2	3
0,60 - 0,80	2	14,9	1	2,80 - 3,00	11	66,3	4
0,80 - 1,00	1	6,9	2	3,00 - 3,20	8	48,2	4
1,00 - 1,20	2	13,8	2	3,20 - 3,40	2	12,0	4
1,20 - 1,40	1	6,9	2	3,40 - 3,60	2	12,0	4
1,40 - 1,60	2	13,8	2	3,60 - 3,80	4	24,1	4
1,60 - 1,80	2	13,8	2	3,80 - 4,00	7	39,6	5
1,80 - 2,00	2	12,9	3	4,00 - 4,20	50	283,2	5
2,00 - 2,20	4	25,7	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN PD.1

Scala 1: 50

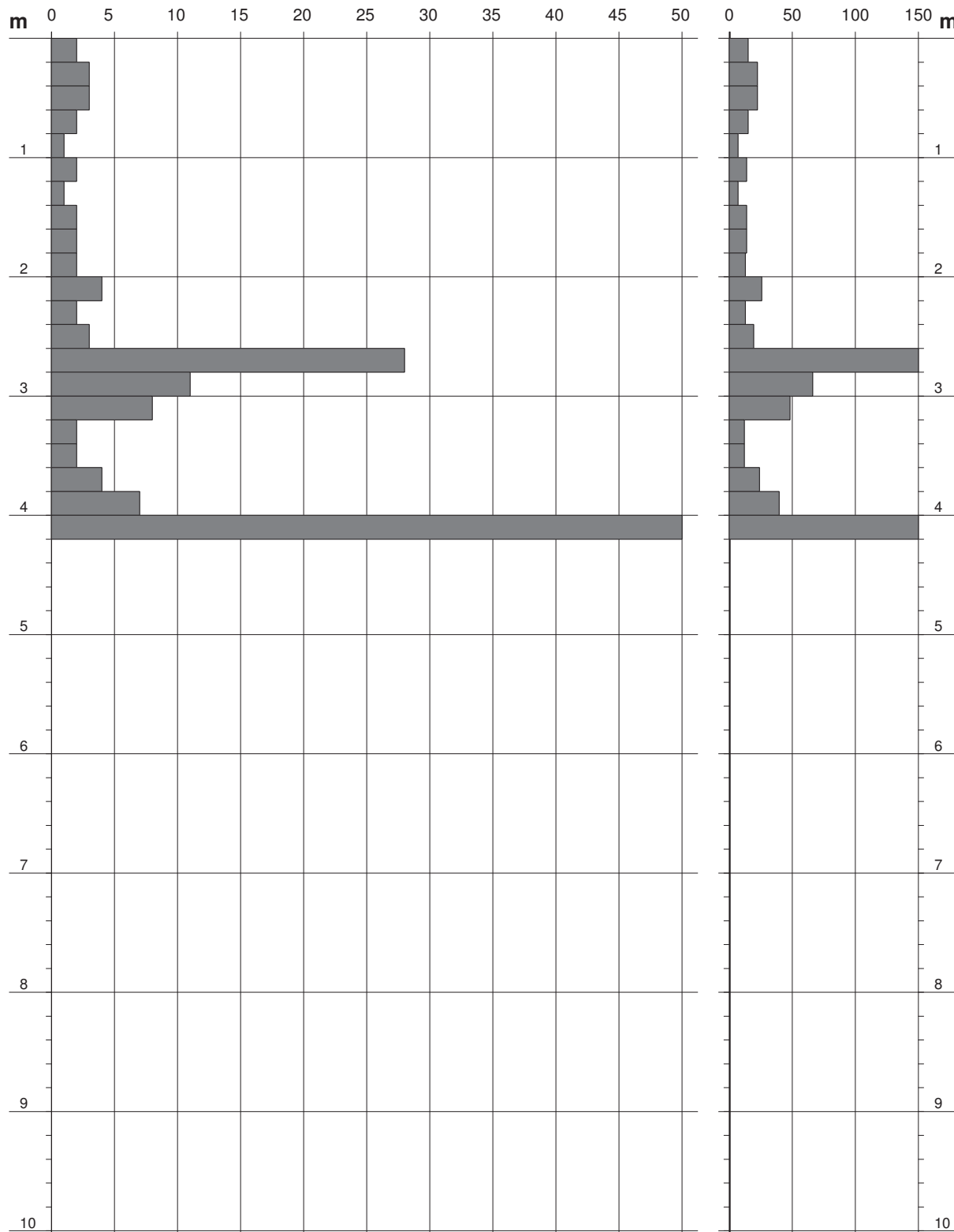
- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note : Perforo attrezzato con piezometro

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 20,00$  cm

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN PD.1

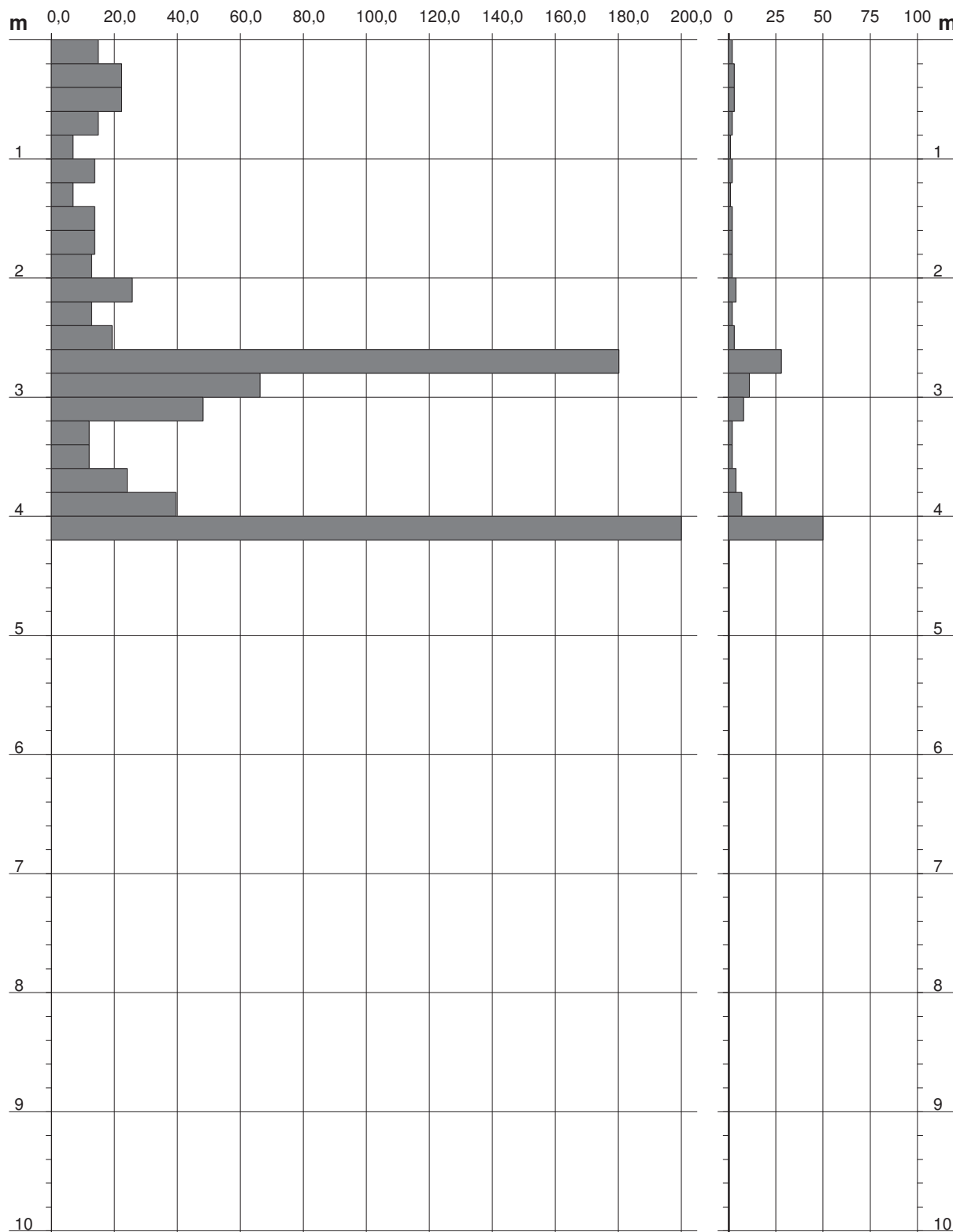
Scala 1: 50

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi  $\delta = 20,00$  cm



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

**DIN PD.1**

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note : Perforo attrezzato con piezometro

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	2,60	N	2,2	1	4	1,6	----	1,4	3,1	2	1,52	3
			Rpd	15,4	7	26	11,2	5,7	9,8	21,1			
2	2,60	3,20	N	15,7	8	28	11,8	----	----	----	16	1,52	24
			Rpd	98,2	48	180	73,2	----	----	----			
3	3,20	4,00	N	3,8	2	7	2,9	----	----	----	4	1,52	6
			Rpd	22,0	12	40	17,0	----	----	----			
4	4,00	4,20	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	1,52	76
			Rpd	283,2	283	283	283,2	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

**DIN PD.1**

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA						
n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	2,60	3	87	30	11	27,2	36	1,86	1,38	0,19	18	1,78	44,2	1,194	0,70	
2	2,60	3,20	24	146	139	56	34,2	288	2,01	1,63	1,50	144	2,07	21,9	0,591	5,01	
3	3,20	4,00	6	119	50	21	28,4	72	1,89	1,43	0,38	36	1,85	37,0	1,000	1,16	
4	4,00	4,20	76	190	325	94	44,3	912	2,21	1,94	4,75	456	2,70	- - -	0,001	14,16	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio    G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico    Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN PD.2

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	6	44,7	1	2,00 - 2,20	2	12,9	3
0,20 - 0,40	2	14,9	1	2,20 - 2,40	1	6,4	3
0,40 - 0,60	2	14,9	1	2,40 - 2,60	4	25,7	3
0,60 - 0,80	1	7,4	1	2,60 - 2,80	5	32,2	3
0,80 - 1,00	1	6,9	2	2,80 - 3,00	4	24,1	4
1,00 - 1,20	1	6,9	2	3,00 - 3,20	4	24,1	4
1,20 - 1,40	1	6,9	2	3,20 - 3,40	16	96,4	4
1,40 - 1,60	1	6,9	2	3,40 - 3,60	22	132,5	4
1,60 - 1,80	1	6,9	2	3,60 - 3,80	50	301,2	4
1,80 - 2,00	1	6,4	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN PD.2

Scala 1: 50

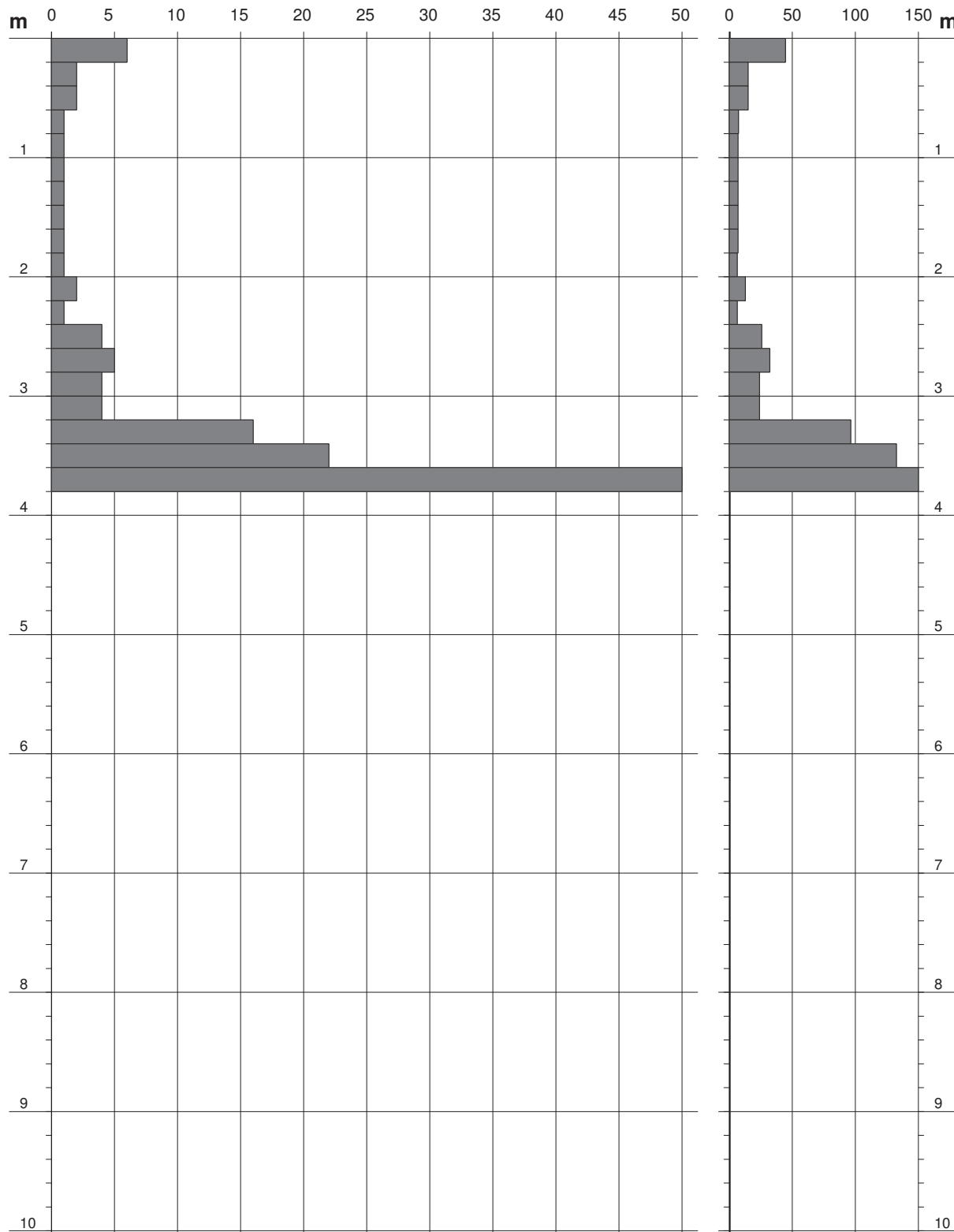
- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 20,00$  cm

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)





# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN PD.2

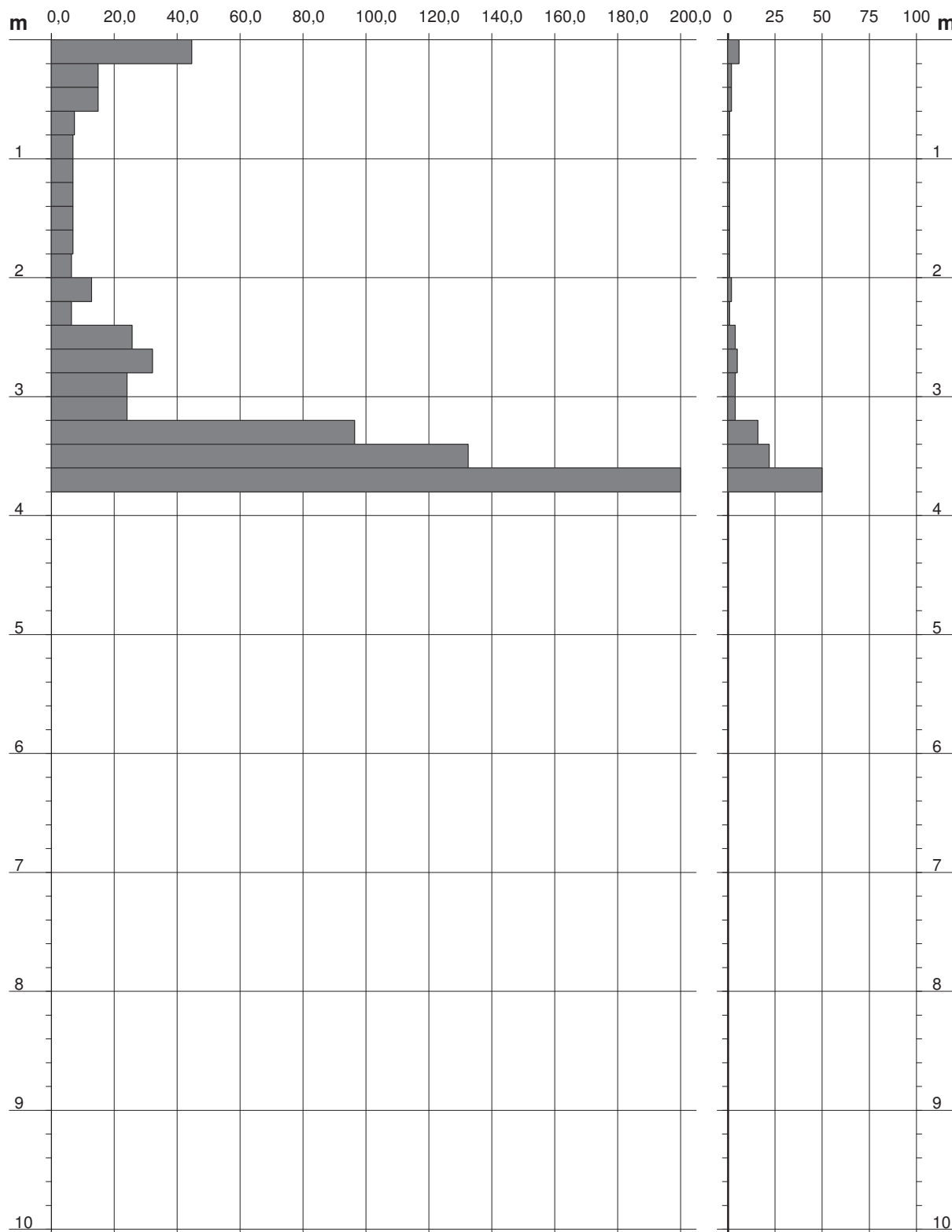
Scala 1: 50

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi  $\delta = 20,00$  cm



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

**DIN PD.2**

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,40	N	4,0	2	6	3,0	----	----	----	4	1,52	6
			Rpd	29,8	15	45	22,3	----	----	----			
2	0,40	2,40	N	1,2	1	2	1,1	----	----	1,6	1	1,52	2
			Rpd	8,3	6	15	7,3	3,0	5,2	11,3			
3	2,40	3,20	N	4,3	4	5	4,1	----	----	----	4	1,52	6
			Rpd	26,5	24	32	25,3	----	----	----			
4	3,20	3,60	N	19,0	16	22	17,5	----	----	----	19	1,52	29
			Rpd	114,5	96	133	105,4	----	----	----			
5	3,60	3,80	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	1,52	76
			Rpd	301,2	301	301	301,2	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

**DIN PD.2**

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA						
n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	0,40	6	68	50	21	28,4	72	1,89	1,43	0,38	36	1,85	37,0	1,000	1,49	
2	0,40	2,40	2	82	22	7	26,8	24	1,85	1,36	0,13	12	1,75	46,9	1,267	0,35	
3	2,40	3,20	6	114	50	21	28,4	72	1,89	1,43	0,38	36	1,85	37,0	1,000	1,24	
4	3,20	3,60	29	155	159	63	35,7	348	2,05	1,68	1,81	174	2,13	18,7	0,506	5,73	
5	3,60	3,80	76	186	325	94	44,3	912	2,21	1,94	4,75	456	2,70	- - -	0,001	15,06	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio    G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico    Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

**DIN PD.3**

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	6	44,7	1	2,20 - 2,40	2	12,9	3
0,20 - 0,40	2	14,9	1	2,40 - 2,60	2	12,9	3
0,40 - 0,60	1	7,4	1	2,60 - 2,80	8	51,5	3
0,60 - 0,80	1	7,4	1	2,80 - 3,00	6	36,1	4
0,80 - 1,00	1	6,9	2	3,00 - 3,20	2	12,0	4
1,00 - 1,20	4	27,6	2	3,20 - 3,40	2	12,0	4
1,20 - 1,40	2	13,8	2	3,40 - 3,60	2	12,0	4
1,40 - 1,60	1	6,9	2	3,60 - 3,80	2	12,0	4
1,60 - 1,80	2	13,8	2	3,80 - 4,00	2	11,3	5
1,80 - 2,00	7	45,0	3	4,00 - 4,20	12	68,0	5
2,00 - 2,20	3	19,3	3	4,20 - 4,40	50	283,2	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN PD.3

Scala 1: 50

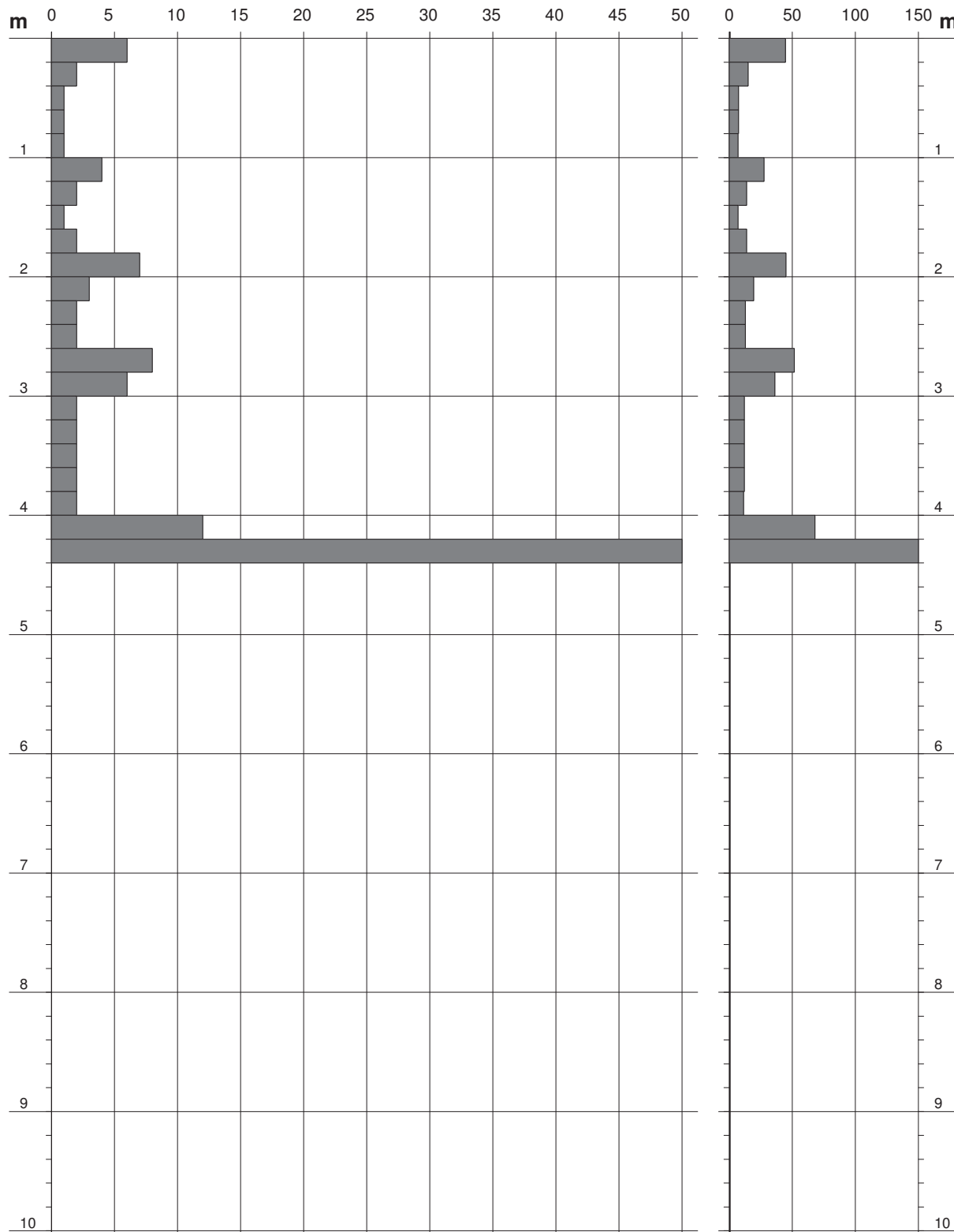
- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 20,00$  cm

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

**DIN PD.3**

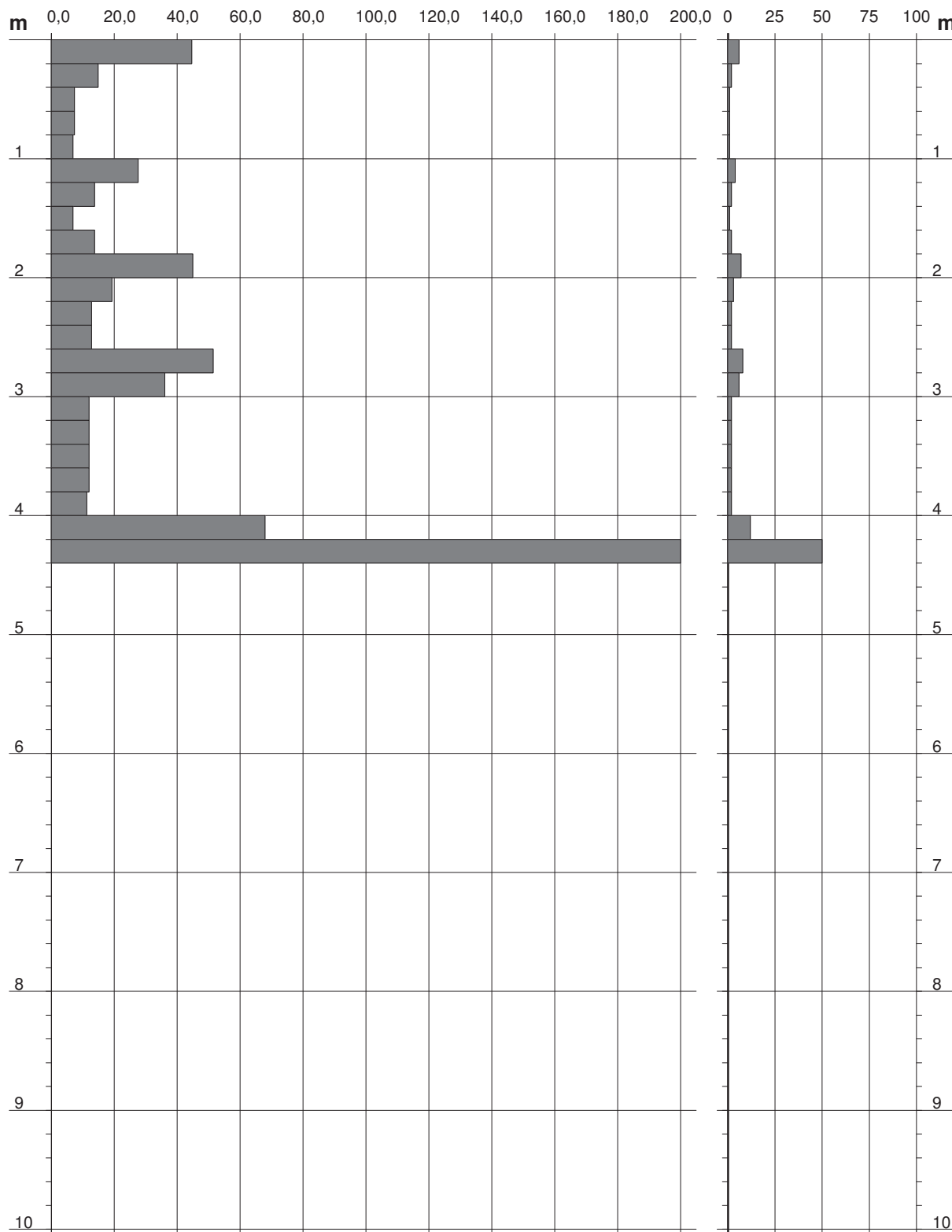
Scala 1: 50

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi  $\delta = 20,00$  cm



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

**DIN PD.3**

- committente : Provincia di Massa Carrara  
- lavoro : Indagini geognostiche  
- località : Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)

- data prova : 15/11/2014  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,40	N	4,0	2	6	3,0	----	----	----	4	1,52	6
			Rpd	29,8	15	45	22,3	----	----	----	30		
2	0,40	2,60	N	2,4	1	7	1,7	1,8	----	4,2	2	1,52	3
			Rpd	15,8	7	45	11,4	11,5	4,3	27,4	13		
3	2,60	3,00	N	7,0	6	8	6,5	----	----	----	7	1,52	11
			Rpd	43,8	36	52	40,0	----	----	----	44		
4	3,00	4,00	N	2,0	2	2	2,0	----	----	----	2	1,52	3
			Rpd	11,9	11	12	11,6	----	----	----	12		
5	4,00	4,20	N	12,0	12	12	12,0	----	----	----	12	1,52	18
			Rpd	68,0	68	68	68,0	----	----	----	68		
6	4,20	4,40	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	1,52	76
			Rpd	283,2	283	283	283,2	----	----	----	283		

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm )    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

**DIN PD.3**

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA						
n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	0,40	6	68	50	21	28,4	72	1,89	1,43	0,38	36	1,85	37,0	1,000	1,49	
2	0,40	2,60	3	89	30	11	27,2	36	1,86	1,38	0,19	18	1,78	44,2	1,194	0,66	
3	2,60	3,00	11	126	78	36	30,3	132	1,94	1,51	0,69	66	1,91	32,1	0,867	2,19	
4	3,00	4,00	3	105	30	11	27,2	36	1,86	1,38	0,19	18	1,78	44,2	1,194	0,60	
5	4,00	4,20	18	148	112	47	32,4	216	1,98	1,57	1,13	108	2,00	26,2	0,708	3,40	
6	4,20	4,40	76	192	325	94	44,3	912	2,21	1,94	4,75	456	2,70	- - -	0,001	14,16	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio    G (kg/cm<sup>2</sup>) = Modulo di taglio dinamico    Q (kg/cm<sup>2</sup>) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972





**Elaborati Grafici Tomografia Sismica  
(ONDE P – Stesa STP151114A)**

- Registrazioni di campagna
- Dromocrone (Travel Time)
- Sezione Tomografica
- Tabella riassuntiva



### SPREAD ARRAY - FIRST BREAK POINT VALUES

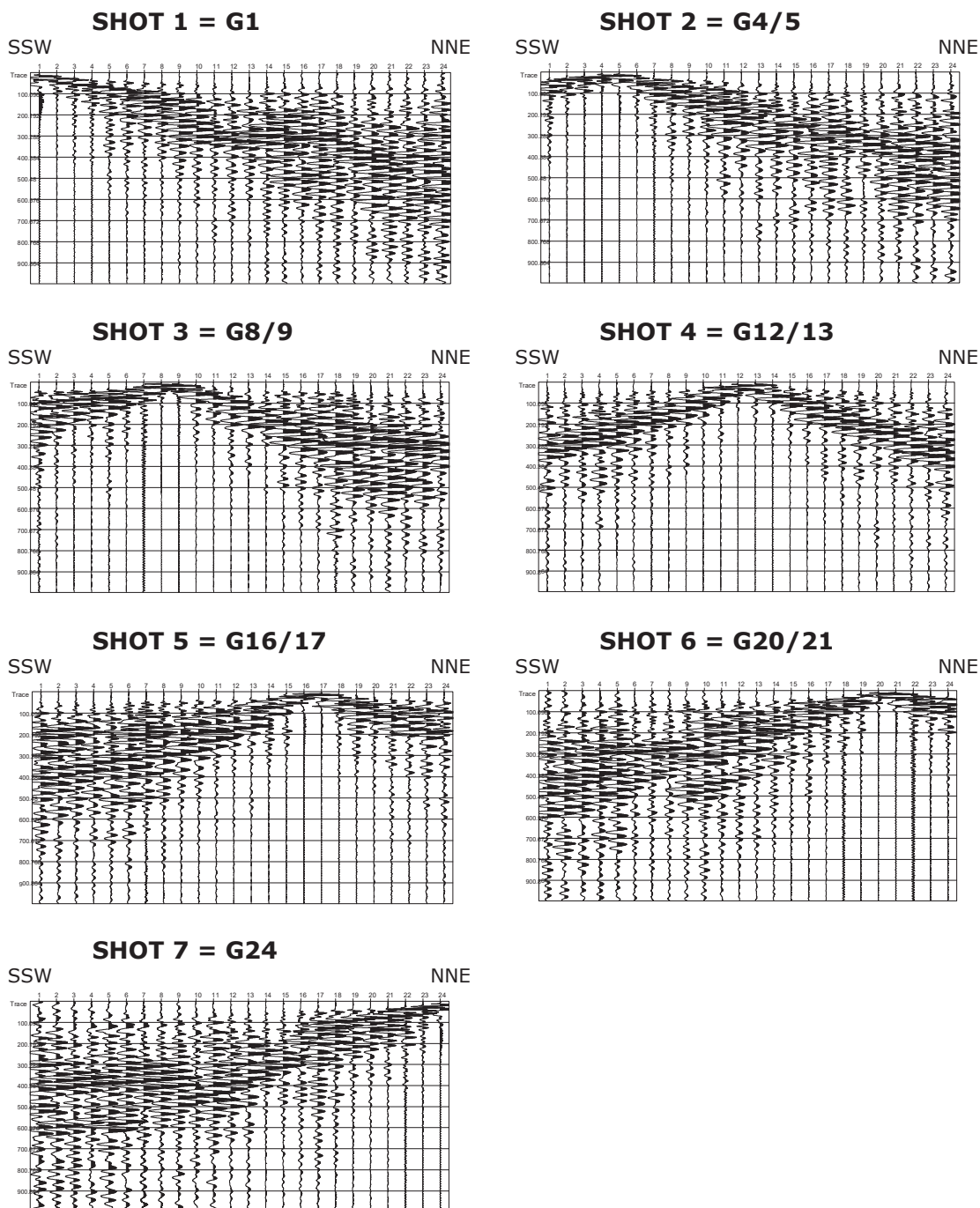
<b>Committente:</b> Provincia di Massa-Carrara	<b>Cantiere:</b> Scuola "Carrara Avenza Collodi", Avenza - Carrara (MS)
<b>Richiedente:</b> Dott. Geol. Gianluca Barbieri	<b>Data di esecuzione:</b> 15 Novembre 2014
<b>ID Stesa:</b> Onde P - STP151114A	<b>Distanza integeofonica:</b> 2,50 metri
<b>Onde:</b> P waves	<b>Lunghezza stesa:</b> 60 metri
<b>Numero di Canali:</b> 24	<b>Numero energizzazioni:</b> 7

[illegible]

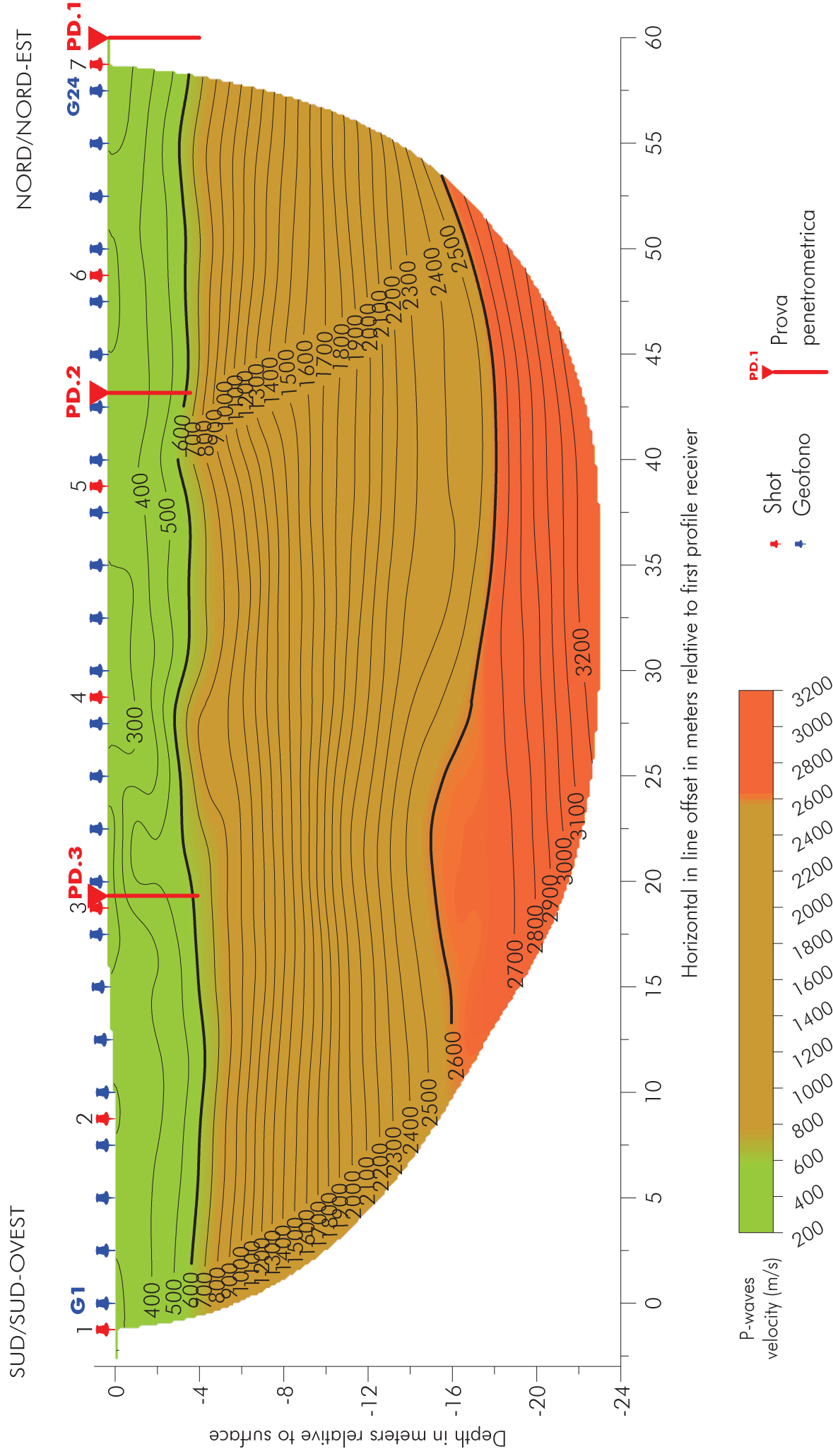
<b>Shot Number</b>	1	2	3	4	5	6	7		
<b>Shot Elevation (m)</b>	0.00	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30		
<b>Shot Distance (m)</b>	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00		

**Committente:** Provincia di Massa-Carrara  
**Richiedente:** Dott. Geol. Gianluca Barbieri  
**Località:** Scuola dell'infanzia "Carrara Avenza Collodi", Avenza - Carrara (MS)  
**ID Stesa:** STP151114A  
**Onde:** P

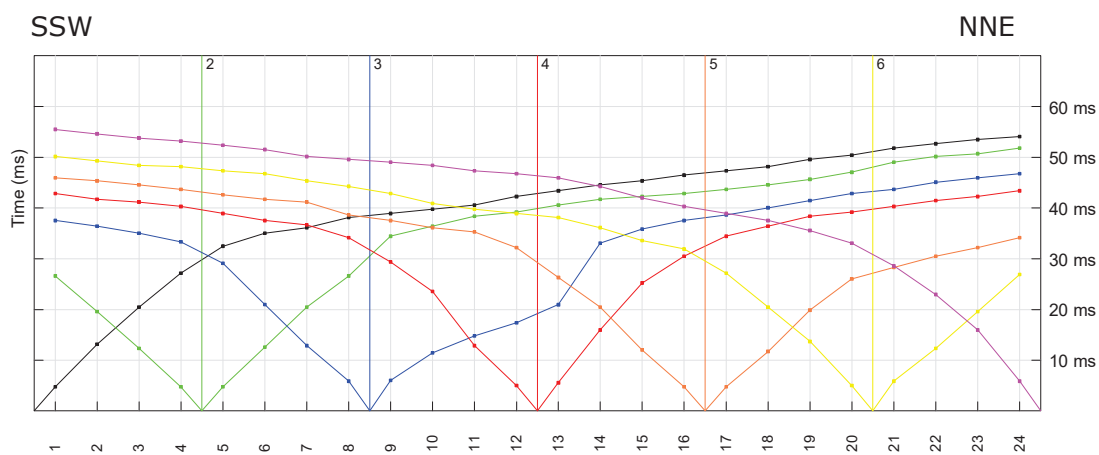
## REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA



# SEZIONE TOMOGRAFICA - ONDE P STP151114A - Via Argine sx, Avenza - Carrara (MS)





**DROMOCRONE (Travel Time)**

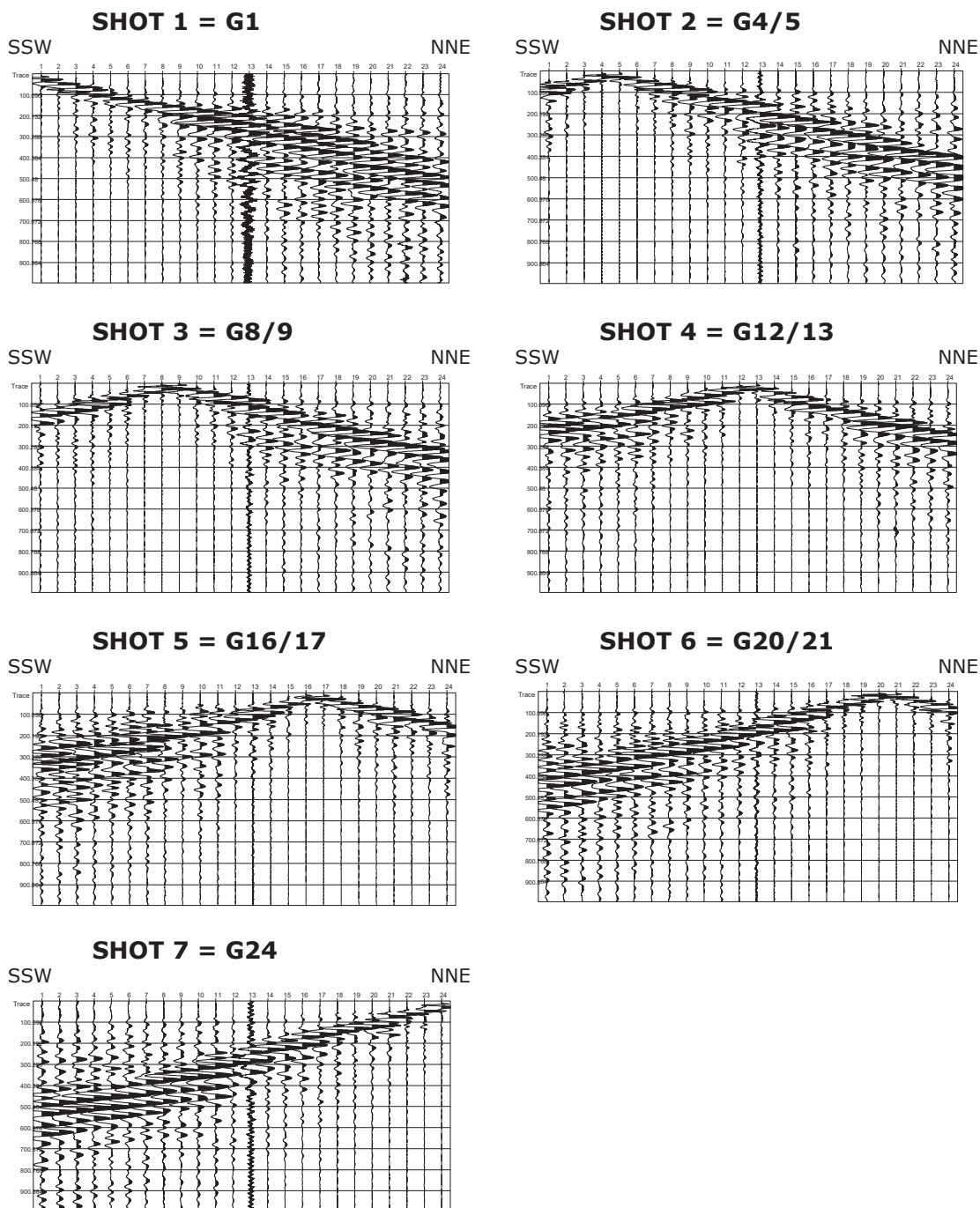
**Elaborati Grafici Tomografia Sismica  
(ONDE SH – Stesa STSH151114A)**

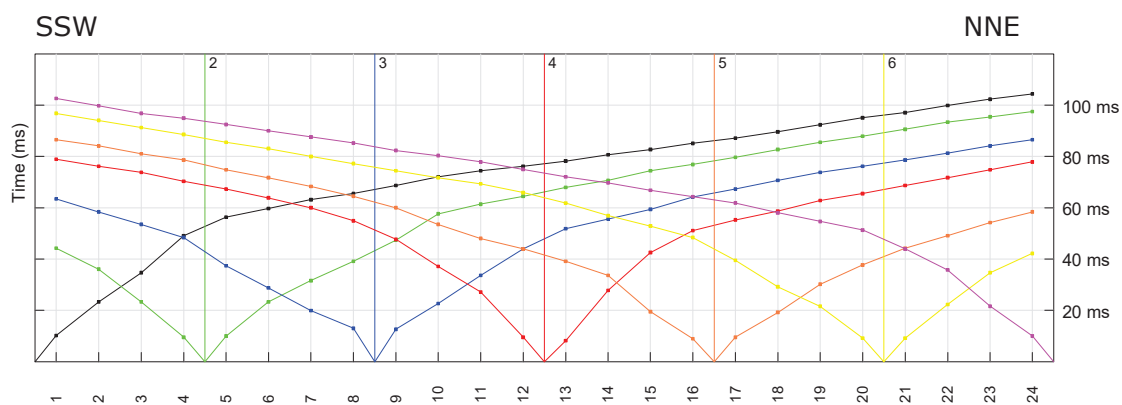
- Registrazioni di campagna
- Dromocrone (Travel Time)
- Sezione Tomografica
- Tabella riassuntiva



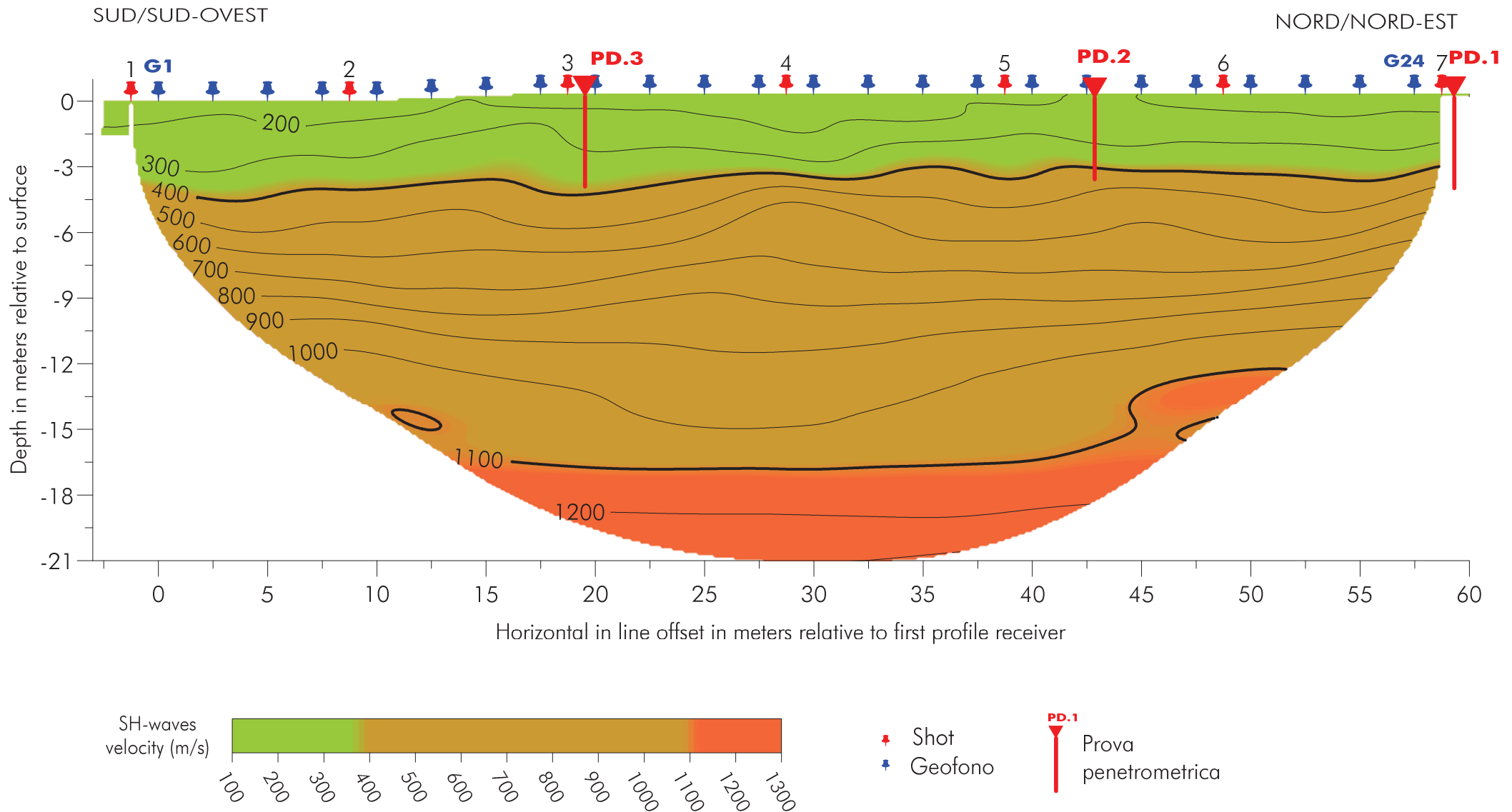
**Committente:** Provincia di Massa-Carrara  
**Richiedente:** Dott. Geol. Gianluca Barbieri  
**Località:** Scuola dell'infanzia "Carrara Avenza Collodi", Avenza - Carrara (MS)  
**ID Stesa:** STSH151114A  
**Onde:** SH

## REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA



**DROMOCRONE (Travel Time)**

# SEZIONE TOMOGRAFICA - ONDE SH (STSH151114A) Scuola dell'Infanzia "Carrara Avenza Collodi", Avenza - Carrara (MS)





### SPREAD ARRAY - FIRST BREAK POINT VALUES

<b>Committente:</b> Provincia di Massa-Carrara	<b>Cantiere:</b> Scuola "Carrara Avenza Collodi", Avenza - Carrara (MS)
<b>Richiedente:</b> Dott. Geol. Gianluca Barbieri	<b>Data di esecuzione:</b> 15 Novembre 2014

<b>ID Stesa:</b> Onde SH - STSH151114A	<b>Distanza integeofonica:</b> 2,50 metri
<b>Onde:</b> SH waves	<b>Lunghezza stesa:</b> 60 metri
<b>Numero di Canali:</b> 24	<b>Numero energizzazioni:</b> 7

[illegible]

<b>Shot Number</b>	1	2	3	4	5	6	7		
<b>Shot Elevation (m)</b>	0.00	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30		
<b>Shot Distance (m)</b>	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00		

**Elaborati Grafici MASW  
"Onde Love - STL151114A"**

Elaborazione Shot 1 (1,25 m dal G1)

- Spettro delle Velocità con "Picking"
- Grafico Misfit & Profilo Verticale Onde S
- Colonna sismo-stratigrafica



MASW AVENZA - STL151114A (Provincia di Massa Carrara)

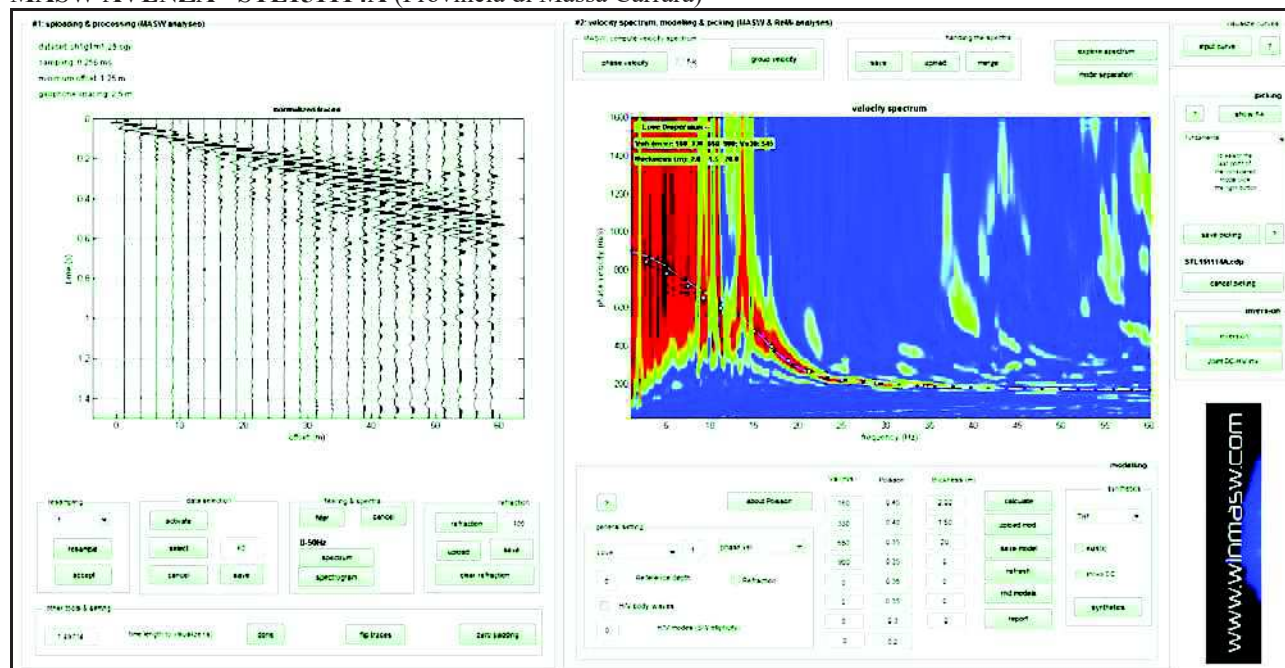


Fig.1: Sismogramma (Shot1 - g1 - m1,25) e spettro delle velocità con "picking"

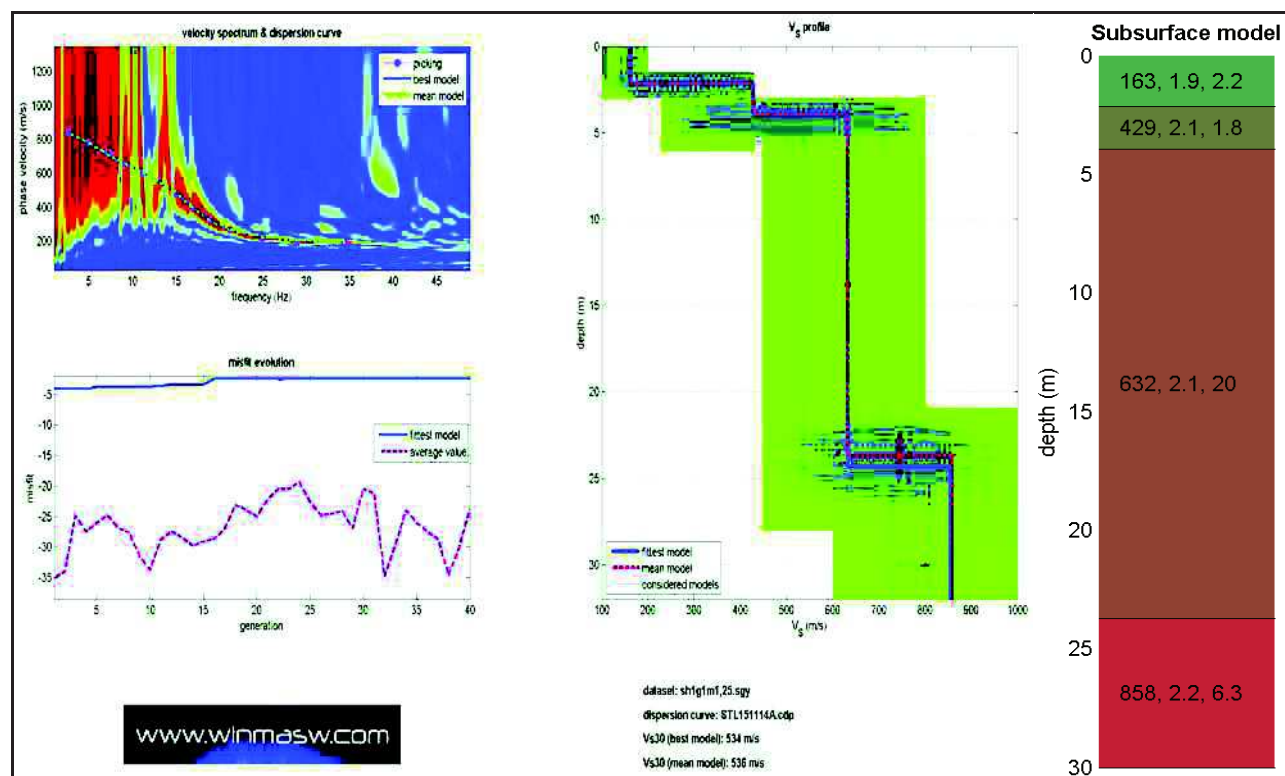
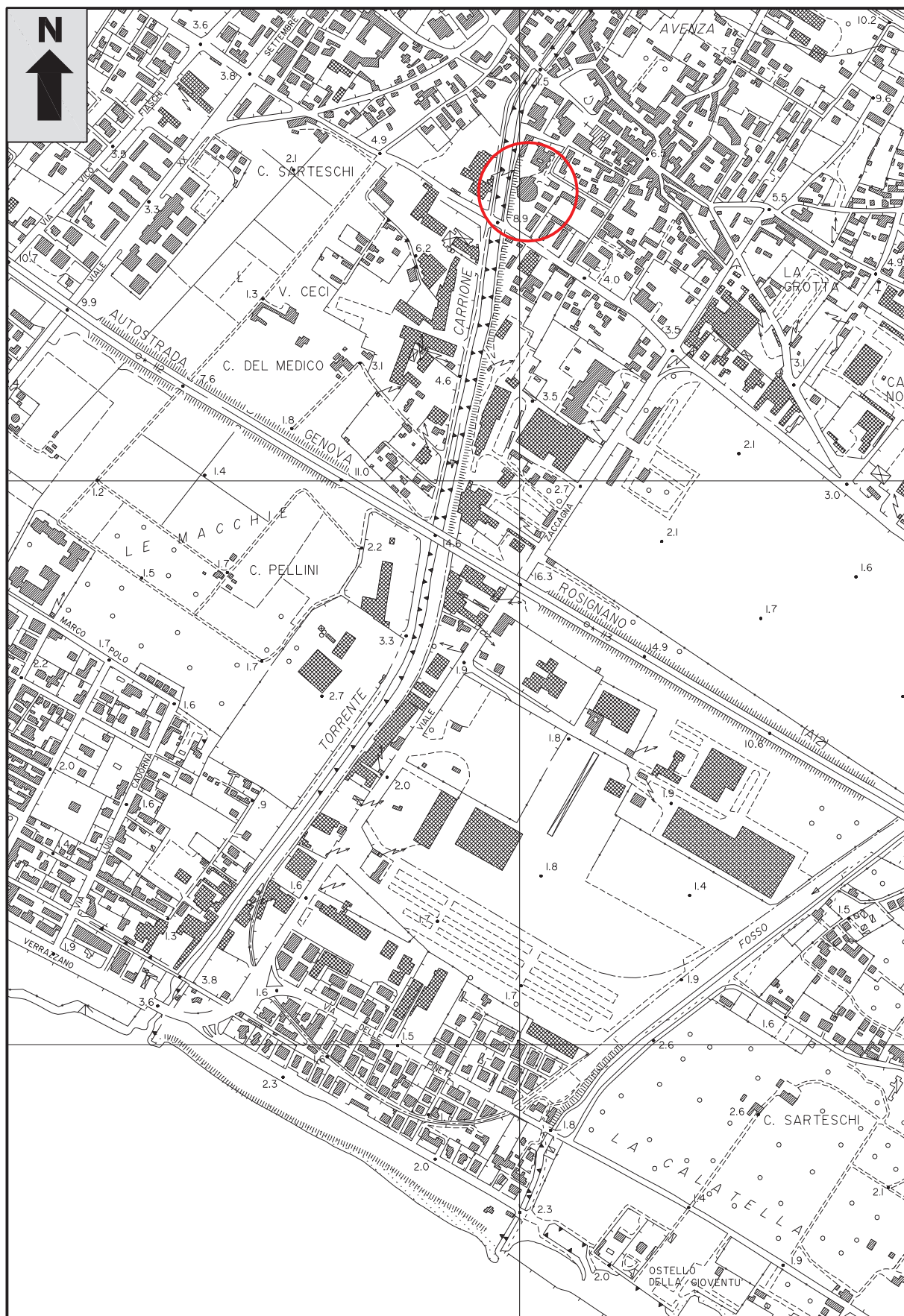



Fig.2: Grafico Misfit - Profilo verticale delle Onde S - Colonna Sismostratigrafica [Vs (m/s); Densità (g/cm³); Spessore (m)]



(Scala 1:10.000 - C.T.R. Regione Toscana Foglio 249130)



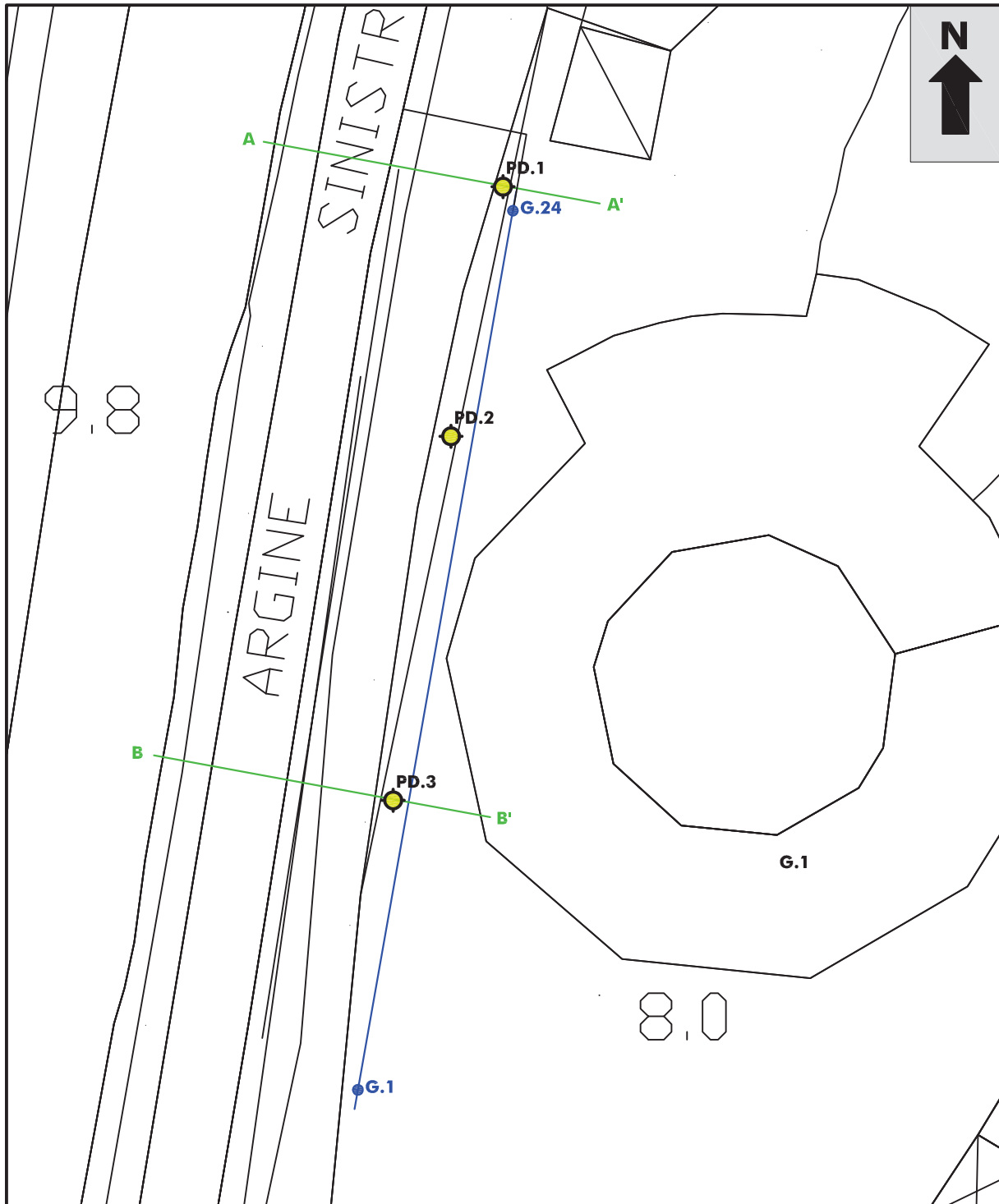
 - Area oggetto d'indagine





## FIG.2 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI

(Scala 1:400 - C.T.R. Regione Toscana Foglio 22D57)



### PD.1

 - Prova penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH)

### G.24

 - Tomografia sismica (Onde P/SH) + MASW (Rayleigh/Love)

### G.1



### A'

 - Colltellazioni (traccia delle sezioni)

A

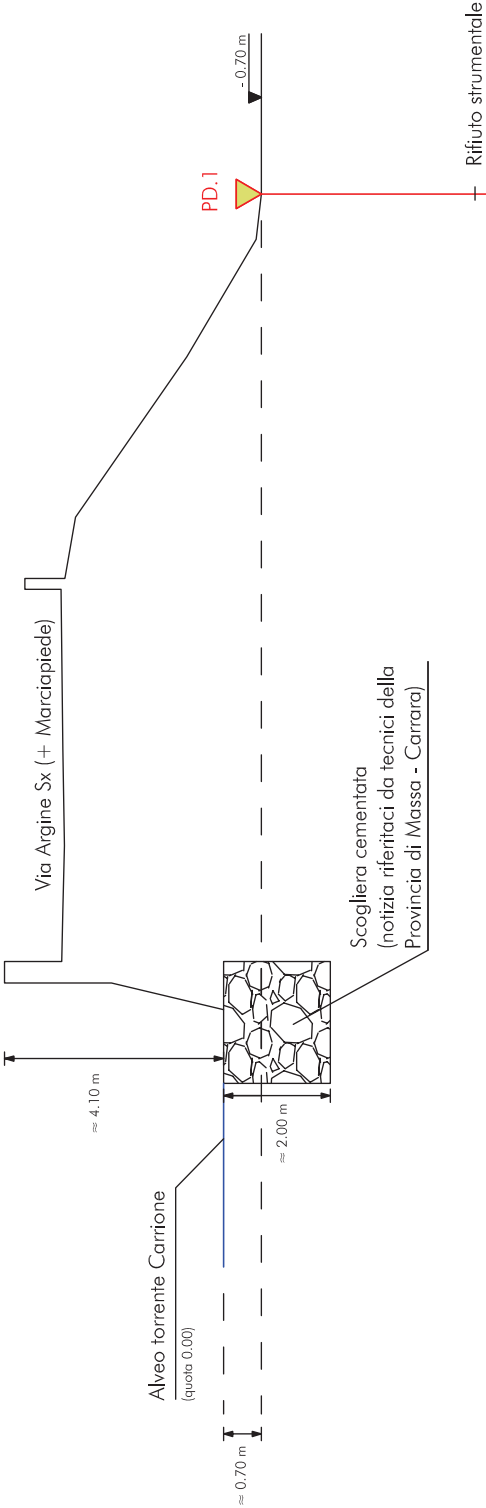


FIG.3 - SEZIONI (Scala 1:100)

SEZIONE A-A'

(Collellazione - misure in metri)

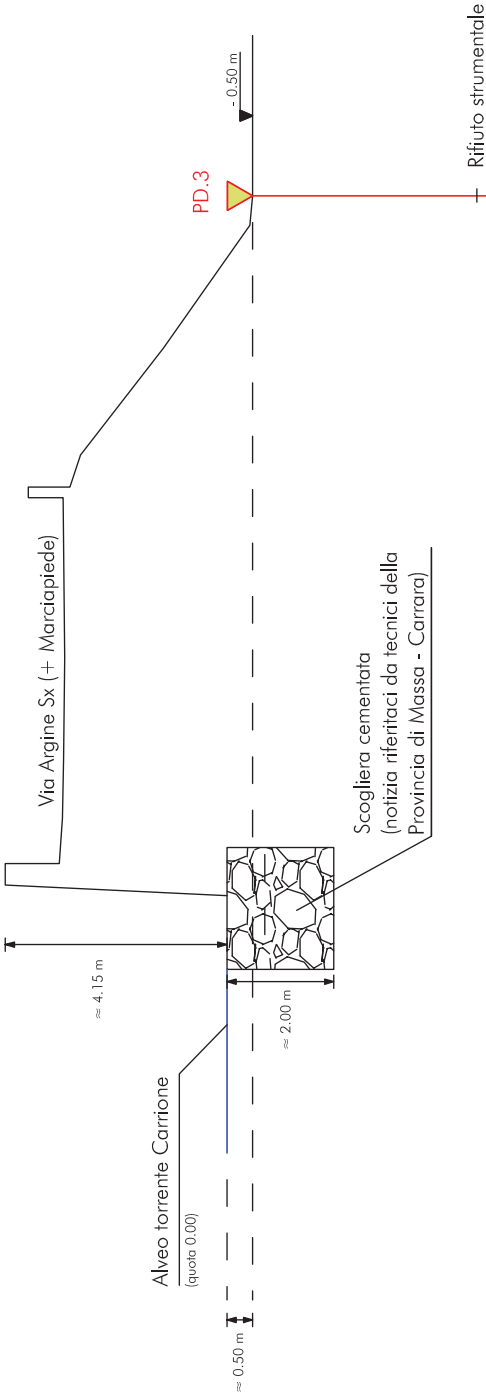
X	Y
0.00	0.00
0.50	4.10
0.40	0.00
0.00	-1.07
0.97	-0.02
1.20	-0.03
1.80	0.03
3.00	+0.03
0.00	0.68
0.20	0.00
0.00	-0.75
1.15	-0.20
3.00	-2.08
2.20	-1.30
0.85	-0.10 (PD.1)
3.00	0.00 (Asilo - piano campagna)



SEZIONE B-B'

(Collellazione - misure in metri)

X	Y
0.00	0.00
0.20	4.15
0.40	0.00
0.00	-1.01
0.85	-0.06
1.10	-0.02
1.90	-0.02
3.00	0.03
0.00	0.65
0.20	0.00
0.00	-0.78
0.60	-0.20
2.00	-1.55
2.30	-1.62
0.55	-0.05 (PD.3)
3.00	0.00 (Asilo - piano campagna)





**Regione Toscana**

Settore Assetto Idraulico e Idrogeologico

***Lavori di adeguamento statico degli argini del Torrente  
Carrione a valle del ponte ferroviario in frazione di  
Avenza nel Comune di Carrara***

---

**ALLEGATO 4**  
Calcoli sismici Geostru

---

Tecnico geologo  
*Dott. Geol. Luigi D'Argliano*

Massa, 10 ottobre 2016

---



44.048119, 10.061490

☒ Visualizza vertici della maglia di appartenenza



(1)\* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)\* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.



### Determinazione dei parametri sismici

(1)\* Coordinate WGS84

Lat.  ° Long.  °

(1)\* Coordinate ED50

Lat.  ° Long.  °

Classe dell'edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti... ▼ **Cu = 2**

Vita nominale

▼

(Opere provvisorie  $\leq 10$ , Opere ordinarie  $\geq 50$ ,

Grandi opere  $\geq 100$ )

Interpolazione

Media ponderata ▼

**Calcola**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0,059	2,515	0,255
Danno (SLD)	101	0,073	2,510	0,270
Salvaguardia vita (SLV)	949	0,171	2,374	0,299
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0,214	2,384	0,311
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

## Calcolo dei coefficienti sismici

- ☐ Muri di sostegno
 ☒ Paratie
 ☐ Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo  ▼

Categoria topografica  ▼

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss *</b>				
Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
<b>Cc *</b>				
Coeff. funz categoria	1,45	1,43	1,40	1,39
<b>St *</b>				
Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,058	0,071	0,168	0,210
kv	--	--	--	--
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,694	0,855	2,012	2,516
Beta	0,820	0,820	0,820	0,820

\* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

## Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Paratie

### Sito in esame.

latitudine: 44,049061 [°]

longitudine: 10,062393 [°]

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Dati relativi alla paratia

Altezza: 12 [m]

us: 0.006 [m]

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18709	44,033600	10,013150	4295,1
Sito 2	18710	44,035630	10,082600	2199,8
Sito 3	18488	44,085590	10,079810	4293,6
Sito 4	18487	44,083560	10,010300	5660,3

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,059	2,515	0,255
Danno (SLD)	63	101	0,073	2,510	0,270
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,171	2,374	0,299
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1950	0,214	2,384	0,311

### Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,058	0,000	0,694	0,820
SLD	1,200	1,430	1,000	0,071	0,000	0,855	0,820
SLV	1,200	1,400	1,000	0,168	0,000	2,012	0,820
SLC	1,200	1,390	1,000	0,210	0,000	2,516	0,820