



PROVINCIA DI GENOVA  
DIREZIONE 4 - Lavori pubblici e Manutenzioni  
Sezioni Progettazione e Manutenzione Viabilità ed Idraulica

A.T.I. :



LOCALITA':

Comuni di:  
Chiavari e Lavagna

COMMESSA:

*DSU 135-171*

TITOLO:

Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume  
Entella relativamente al tratto terminale  
1° lotto dalla foce al P.te Maddalena - 1° stralcio funzionale  
Progetto Definitivo

SCALE

Revisione generale a seguito del parere del C.T.B. regionale del  
08/03/2012 e delle indicazioni emerse in sede di Conferenza dei Servizi

PROGETTISTI		OGGETTO:  <i>RELAZIONE GEOTECNICA</i>	ELABORATO N°  <i>RG02</i>
Massimo Parravicini	SGI Studio Galli Ingegneria		
Alberto Galli	SGI Studio Galli Ingegneria		
Vincenzo Marsala	SGI Studio Galli Ingegneria		
Ugo Majone	Studio Maione Ingg. Assoc.		
Denis Cerlini	Studio Maione Ingg. Assoc.		
Manuela Sciutto	PROJENIA - Engineering & Consulting Services		
Maurizio Spallarossa	PROJENIA - Engineering & Consulting Services		
Marco Gonella	MED Ingegneria		

<i>Elaborato</i>	<i>Verificato</i>	<i>Regolarità tecnica</i>	<i>Data</i>	<i>Rev.</i>
Vincenzo Marsala	Vincenzo Marsala		Ottobre 2012	5

NOME FILE:





## INDICE

<b>1. PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>2</b>
<b>2. OPERE DI PROGETTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. SINTESI DELL'INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>8</b>
<b>4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>10</b>
<b>5. CAMPAGNA DI INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE .....</b>	<b>12</b>
5.1 ARTICOLAZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA .....	12
5.2 ARTICOLAZIONE DELL'INDAGINE GEOTECNICA .....	13
5.3 RISULTATI DELL'INDAGINE GEOTECNICA: PROFILO GEOTECNICO E MODELLO GEOTECNICO .....	14
<b>6. VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>21</b>
6.1 VERIFICA ALLA FILTRAZIONE .....	21
6.1.1 Implementazione del modello di filtrazione .....	22
6.1.2 Analisi dei risultati ottenuti .....	24
6.2 VERIFICHE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE .....	34
<b>7. PRESCRIZIONI PER LA FASE ESECUTIVA .....</b>	<b>36</b>
<b>ALLEGATO 1 – CARTA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE ESEGUITE (PROMOGEO, GENNAIO – MARZO 2008) E STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI.....</b>	<b>37</b>
<b>ALLEGATO 2 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DEI SONDAGGI .....</b>	<b>38</b>
<b>ALLEGATO 3 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE, PROVE LEFRANC, SISMICA A RIFRAZIONE .....</b>	<b>39</b>
<b>ALLEGATO 4 – PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO .....</b>	<b>40</b>
<b>ALLEGATO 5 – PROFILO GEOTECNICO .....</b>	<b>41</b>

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projenia  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 1. PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI

Nell'ambito della Progettazione e attività di direzione lavori degli "Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del fiume Entella relativamente al tratto terminale" affidata dalla Provincia di Genova all'Associazione Temporanea di Imprese SGI Studio Galli Ingegneria Spa – Studio Maione Ingegneri Associati - Projenia - Med Ingegneria S.r.l., è stata richiesta una revisione al progetto definitivo di 1° lotto 1° stralcio a seguito del parere del Comitato di Bacino Regionale del 08/03/2012 e delle indicazioni emerse in sede di Conferenza dei Servizi.

La presente relazione geotecnica si propone di valutare tutte le possibili interazioni tra le azioni di progetto e il sottosuolo considerando le problematiche di carattere geotecnica e idrogeologico, definendo i modelli geotecnici di riferimento e eseguendo le relative verifiche in riferimento alle opere previste.

Pertanto con lo scopo di caratterizzare la geologia e geotecnica dei terreni dell'area interessata dalle opere di progetto sono state considerate le indagini eseguite per altre progettazioni realizzate nella Piana dell'Entella, che sono già state raccolte e consegnate con la relazione sulle indagini del progetto preliminare oltre che eseguire una specifica indagine realizzata alla Promogeo di Torino dopo una procedura di affidamento curata dalla committente Provincia di Genova.

Per quanto riguarda la normativa di riferimento, si fa riferimento a quanto prescritto dalla normativa vigente ovvero dal DM 14 gennaio 2008 contenente le norme tecniche per le Costruzioni (denominate di seguito NT08) e successiva Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 recante Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008; oltre alla recente normativa sono stati considerati anche gli altri riferimenti normativi:

- L. 64 del 02/02/1974: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circolare Ministero LL.PP. del 24/09/1988 n. 30483: istruzioni per l'applicazione del D.M. 11.03.1988;
- D.M. LL.PP. del 16/01/1996: Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projenia  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



- Circolare Ministero LL.PP. Del 24/04/1997 n. 65/AA.GG: istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16.01.1996;
- Legge Regionale n° 13 del 13 aprile 1999 “Disciplina delle funzioni in materia di difesa della costa, ripascimento degli arenili”
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni): Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Legge Regionale n° 21 del 17 agosto 2006, modifiche ed integrazioni alla legge regionale 28 aprile 1999, n. 13 “Disciplina delle funzioni in materia di difesa della costa, ripascimento degli arenili, protezione e osservazione dell’ambiente marino e costiero, demanio marittimo e porti” e la Legge Regionale n° 30 del 31 ottobre 2006 “Disposizioni urgenti in materia ambientale”

Le normative comunali essenzialmente contenute nelle norme attuative degli strumenti urbanistici, ex PRG, confermano essenzialmente le indicazioni del quadro legislativo menzionato.

In merito alle indicazioni inerenti il rischio sismico si rimanda al capitolo contenente la caratterizzazione dell’area di studio dal punto di vista sismico e relativa normativa vigente in ambito nazionale e regionale.

La normativa comunale essenzialmente contenuta nelle norme attuative degli strumenti urbanistici, ex PRG, conferma essenzialmente le indicazioni del quadro legislativo menzionato.

In merito alle indicazioni inerenti il rischio sismico si rimanda al contenente la caratterizzazione dell’area di studio dal punto di vista sismico e tutta la normativa vigente in ambito nazionale e regionale.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 2. OPERE DI PROGETTO

Gli interventi che costituiscono il 1° stralcio funzionale, illustrati in dettaglio negli allegati grafici, sono qui di seguito riassunti.

**Per quanto riguarda la linea di difesa in sinistra idrografica (lato Lavagna)** è prevista la realizzazione della linea di contenimento dal Rezza al ponte della ferrovia. Partendo da valle: nel tratto compreso tra il ponte della ferrovia (sez 3) e il ponte di Via Previati (sez 4b) la difesa in progetto consiste in un muro con quota di sommità a 4.20 m s.l.m. con a fianco un rilevato in terra [Sezione tipologia S1, vedi tavola PC01.1:PARTICOLARI COSTRUTTIVI TIPOLOGICI DEGLI INTERVENTI Sponda sinistra], dal ponte di via Previati (sez. 4b) al ponte di corso Buenos Aires (sez. 5a) si prevede di realizzare la difesa mediante il rimodellamento del piano dei giardini comunali.

Tra monte del ponte di corso Buenos Aires e via Garibaldi (sezione 6) si prevede la realizzazione di un muro rivestito con edera lungo la linea di difesa già individuata nel PP 2004 [Sezione tipologia S2]. In prossimità del ponte di Corso Buenos Aires il muro presenta altezze di circa 3,0 metri in un tratto dove però le abitazioni retrostanti risultano a distanza di circa 20 metri e sopraelevate rispetto al piano campagna su cui si intesta il muro di circa 1,5 metri. Procedendo verso monte l'altezza del muro si riduce e si mantiene ad altezze dell'ordine dei 2 metri andando ad incrociare via Garibaldi.

Da via Garibaldi (sezione 6) all'inizio del Segiun (sezione 18) la difesa idraulica viene ancora realizzata con un muro ma di differente tipologia [Sezione tipologia S3] che ingloba nella sua fondazione lo scatolare per il deflusso delle acque meteoriche del bacino a monte del ponte della Maddalena che va a sfociare in Entella proprio al di sotto di via Garibaldi. Anche la suddetta tipologia di muro sarà rivestita con edera.

Dalla sezione 18 fino al Rezza la linea di contenimento si porta sul segiun (come da PP 2004), per una lunghezza complessiva di circa 490 metri, prevedendone la riprofilatura, attraverso la realizzazione di un'arginatura in terra, a quota superiore rispetto all'attuale, con sponde 4/7 e larghezza in sommità 4,5 metri sovrastata da una pista di servizio in misto stabilizzato di spessore 30 cm e larghezza 3.10 m. La quota di contenimento viene raggiunta con un muretto di altezza 1.20 m rivestito su ambo i lati con pietra locale che enuclea nella fondazione lo scatolare per esitare le acque meteoriche [Sezione tipologia S4].

Nell'ultimo tratto, in cui la difesa arginale piega di 90 gradi e prosegue lungo il Rezza (diventandone l'argine di sponda sinistra) fino a Via dei Fieschi, la sezione tipologica cambia diventando un semplice rilevato arginale senza il muro in sommità con quota costante pari a 7.20 m s.l.m. [Sezione tipologia S5].

Nell'ambito del presente progetto è proposta anche la sistemazione del Rio Rezza.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES





Gli interventi in progetto sul Rezza consistono essenzialmente: nel tratto in golena (sezioni 1, 1.5 e 2) in un risezionamento della sezione di deflusso attraverso l'asportazione di materiale in sponda sinistra (in modo da preservare il muro presente in sponda destra) e la posa in opera di una mantellata in massi di cava poggiante su geotessuto sempre in sponda sinistra, in questo modo la sezione disponibile al deflusso (con ampiezza di base pari a 4 m) risulta ampliata (per la sezione 2 si passa da 7.49 m<sup>2</sup> dello stato di fatto ai 20.93 m<sup>2</sup> dello stato di progetto) nonché la sostituzione della passerella ciclo-pedonale esistente (ubicata tra le sezioni 1-1.5) con una nuova con intradosso rialzato posto a quota 4.44 m s.l.m. Nella parte a monte (sezioni 2.5, 2.6, 3 e 4) le sezioni verranno ampliate in sinistra attraverso l'asportazione di materiale di modo che la sponda sinistra del Rezza diventi quella dell'arginatura dell'Entella in progetto, con quota di sommità a 7.20 m s.l.m. A partire da valle (sezione 1) fino alla briglia (sezione 2.5) il talweg verrà leggermente abbassato e avrà pendenza 0.76%, a monte della briglia (dalla sezione 2.6 alla 4) il fondo alveo rimarrà quello dello stato di fatto [Cfr Tavole PF01: PROFILO LONGITUDINALE F.Entella, Rio Rezza e canale di gronda e SE02: Sezioni trasversali d'alveo: stato di fatto e stato di progetto - Rio Rezza].

Parallelamente alla realizzazione della sopra descritta linea di difesa in sinistra è prevista la costruzione di collettore per lo scarico delle acque meteoriche con origine a monte del Ponte della Maddalena e scarico al di sotto di via Garibaldi.

Esso raccoglie le acque accumulate in golena a monte del ponte della Maddalena (bacino urbano 9, vedi C001-Corografia), dove a causa di una depressione del terreno e dell'assenza di rete fognaria meteorica, storicamente si generano significativi allagamenti e ristagni. Il canale ha origine a monte del campo di calcio posto a monte del ponte della Maddalena, attraversa con uno scatolare il campo di calcio e il rilevato di accesso al ponte della Maddalena fino al Rezza.

L'attraversamento del Rezza è previsto a gravità con sezione ribassata per portate ordinarie. Al crescere delle portate nel collettore si attiva un sifone che consente di convogliare a valle del Rezza le portate eccedenti. A monte del sifone è previsto l'inserimento di una paratoia di sezionamento quale limitatore di portata con lo scopo di evitare le acque esondate dall'Entella confluiscono nel collettore causandone il funzionamento in pressione nel tratto a valle del Rezza. Tale problema sarà risolto a seguito del completamento degli interventi di messa in sicurezza dell'Entella per eventi duecentennali.

A valle del Rezza il canale prosegue con uno scatolare posto al di sotto della difesa che va a scaricare in Entella al di sotto di Via Garibaldi. Questo intervento è completato dalla realizzazione di due fossi in testa al canale per la raccolta delle acque accumulate in golena e dall'allaccio alla nuova condotta di uno scatolare che oggi scarica in Rezza tra le sezioni 2 e 3 in prossimità dell'argine del segiun e della fognatura meteorica di Via Garibaldi.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



L'intervento descritto consente già in questa prima fase il drenaggio del bacino urbano 9, nonché lo scarico verso valle delle acque residue ed esondate dall'Entella a monte del ponte della Maddalena. Allorquando saranno estese verso monte le arginature ed il bacino 9 si troverà non più allagato da Entella, la funzione del collettore sarà quella di una normale rete fognaria meteorica al servizio del bacino urbano sottostante le piene dell'Entella (bacino Urbano 9 appunto). Nel quadro di riassetto generale, con riferimento a T200 ed in cui verranno allacciate al medesimo collettore anche le reti meteoriche dell'abitato di Lavagna da via Garibaldi a valle, esso dovrà essere prolungato fino alla sezione 2 e quindi costituire il recapito meteorico delle aree poste tra il segium e l'Aurelia. Viceversa non dovrà più raccogliere acque di Entella o altri Rivi di monte in quanto ciascuno di essi dovrà essere perfettamente adeguato alla portata propria di riferimento.

Il suddetto scatolare avrà dimensione 2.5x2.00 m (Cfr tavola PF01).

**Per quanto riguarda la sponda destra (Lato Chiavari)** è prevista la realizzazione della linea di contenimento da valle del ponte della Maddalena (sezione 9) a valle del ponte della ferrovia. Partendo da valle è stata prevista la realizzazione di un muro di contenimento a valle del ponte della ferrovia per un tratto di lunghezza pari a 38 m con quota di sommità di 4.00 m s.l.m. [Sezione tipologia D1, vedi tavola PC01.2: PARTICOLARI COSTRUTTIVI TIPOLOGICI DEGLI INTERVENTI Sponda destra].

Nel tratto tra il ponte della ferrovia (sezione 3) e il ponte di via Previati (sezione 4b) l'intervento consiste nella realizzazione di un muro con quota di sommità crescente da valle verso monte da 4.00 m s.l.m. a 4.21 m s.l.m. andandosi ad attestare all'intradosso del ponte di via Previati. Essendo il sottopasso dell'attraversamento ferroviario il punto più depresso dell'area in destra Entella, si è ritenuto opportuno, attraverso approfondimenti topografici e verifiche con modello bidimensionale, realizzare in corrispondenza della difesa arginale delle aperture dotate di clapet che consentano il rientro delle acque accumulate in golena, verso l'Entella [Sezione tipologia D2].

Dal ponte di Via Previati la linea di contenimento prosegue lungo viale Vicinale Chiusa fino alla zona di accesso ai giardini, per questo tratto verrà realizzato un muro della stessa tipologia della zona a valle del ponte della ferrovia [Sezione tipologia D1] a sostituzione dell'attuale muretto con ringhiera che sia per quote di sommità che per la presenza della ringhiera non garantisce la tenuta idraulica. L'accesso ai giardini (zona golenale di sponda destra Entella) verrà completamente risistemato adeguando le quote di sommità del muro migliorandone altresì la funzionalità nonché il valore estetico.

Proseguendo verso monte verrà innalzato l'attuale muro con parapetto esistente lungo il marciapiede di Viale Marconi [Sezione tipologia D3] onde raggiungere la quota minima di difesa idraulica (lunghezza di intervento pari a circa 85 m). Dal punto suddetto procedendo

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02





verso monte fino al ponte Buenos Aires l'intervento si interrompe in quanto la quota del sedime stradale aumenta rendendo quindi la zona retrostante già in sicurezza.

L'intervento riprende circa 80 m a monte del ponte Buenos Aires lungo viale Kasman e prosegue verso monte fino alla sezione 9, 150 m a valle del ponte della Maddalena. L'intervento in questa zona si distingue in due tipologie: dove le quote lo consentono verrà realizzato un muro di 1.20 m fuori terra a partire dal marciapiede attuale [Sezione tipologia D4] altrimenti verrà realizzato sempre un muretto di 1.20 m dal marciapiede attuale che però verrà rialzato (fino ad un massimo di 50 cm) [Sezione tipologia D5].

In questa zona sono stati previsti 5 scavalchi pedonali del muro, la cui ubicazione è stata scelta in accordo con il Comune di Chiavari, onde consentire l'accesso alla golena. Verrà inoltre effettuato l'adeguamento della zona di accesso al parcheggio ASL/concessionaria posto in golena appena a monte del ponte Buenos Aires.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



### 3. SINTESI DELL'INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

La esatta definizione del quadro geologico geomorfologico generale è stata già ampiamente trattata nella relazione geotecnica che costituisce un elaborato a parte denominato con codice RG01.

Dal punto di vista geomorfologico i due versanti della piana dell'Entella sono caratterizzati per la porzione in orografica destra da un'estensione piuttosto ridotta ed un reticolo idrografico minore limitato ad aste di 1° e 2° ordine, mentre in sinistra orografica il pendio è più esteso, anche in funzione di una quota più elevata dello spartiacque e, nella porzione sommitale, mostra un'acclività più elevata, consentendo un maggiore sviluppo ai corsi d'acqua minori che presentano una geometria del reticolo di tipo dendritico.

Entrambi i versanti presentano un elevato grado di urbanizzazione essendo interessati dallo sviluppo di vie di comunicazione, prevalentemente carrabili ed in subordine pedonali, dalla presenza di edifici in elevazione sparsi ed aggregati, unitamente alla sistemazione di terrazzamenti presidiati da muri in pietra a secco e destinati alle pratiche agricole.

La piana alluvionale del T. Entella, che raggiunge una lunghezza di circa 4,5 km ed assume una larghezza complessiva variabile tra 150 m e 400 m, è delimitata da una viabilità principale di collegamento con l'entroterra ubicata, su entrambe le sponde, ai piedi dei versanti naturali.

In tale tratto l'alveo risulta inciso nelle alluvioni recenti di fondovalle con un andamento sostanzialmente rettilineo in direzione NNE-SSW; esso presenta una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due ampie aree goleali che presentano un elevato grado di urbanizzazione compromettendo, almeno in parte, la funzionalità idraulica del torrente.

Dal punto di vista geologico l'area in esame appartiene al Dominio Oceanico Ligure Interno, costituito da una serie di Unità tettoniche le cui successioni comprendono i relitti della litosfera oceanica in posizione primaria e le relative coperture sedimentarie. In particolare, sulla base del rilevamento sul terreno ed in accordo con la cartografia ufficiale (Servizio Geologico Italiano, 1968), il basamento roccioso nel settore in esame è rappresentato da litotipi riconducibili interamente alla successione sedimentaria comprendente i corpi pelitici della Formazione delle Argille a Palombini ed il sistema torbiditico di natura prevalentemente silico-clastica costituito dalle Formazioni degli Scisti di Val Lavagna ed Arenarie del Gottero ed inquadrabili complessivamente nell'Unità Tettonica del Gottero.

Nello stretto ambito di fondovalle sono distinguibili:

- depositi alluvionali mobili, che corrispondono all'alveo attuale e attivo del T. Entella, in materiale sciolto, rimaneggiato e ampliato dalle piene e dalle divagazioni sta-

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



gionali del corso d'acqua; i depositi alluvionali mobili attuali sono formate da terreno generalmente a grana grossa (sabbia e ghiaia);

- depositi alluvionali terrazzati recenti, che rappresentano le zone pianeggianti lungo il corso d'acqua, con ampio sviluppo nel tratto terminale. Detti terrazzi, rilevati qualche metro rispetto l'alveo attuale, sono ampiamente antropizzati, rivelandosi favorevoli per piene anche ordinarie. Queste aree sono costituite in prevalenza da materiale argilloso-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con abbondante frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti ed in orizzonti che possiedono buone caratteristiche come acquiferi;
- depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di età antica, rappresentati da piccoli lembi residuali situati a quote decisamente elevate rispetto al fondovalle attuale. Sono composti prevalentemente da materiali di origine fluviale, ad eccezione dei terrazzi presenti nella parte terminale valliva, costituiti invece da materiali misti di natura deltizia passanti sulla costa a depositi marini franchi: si tratta comunque di depositi molto elaborati, a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argilloso-sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose.

Nel tratto tra il Ponte della Maddalena fino all'attuale foce del T. Entella si incontra un ambiente sostanzialmente deltizio terminale, nel quale sono presenti successioni ripetute e spesso embriciate di sedimenti francamente marini, francamente fluviali e di evidente ambito di transizione (spiaggia, battigia, tomboli, frecce e barre focali, stagni costieri salmastri), talora prevalenti. Allo stato delle conoscenze, l'esatta profondità del basamento in corrispondenza del tratto terminale della piana non è nota, anche se è prevedibile una profondità superiore a 60 m.

L'alveo inciso del torrente presenta una forma sostanzialmente trapezoidale, con larghezze al fondo variabili tra 50 m e 80 m circa, con allargamento a poco più di 100 m circa in prossimità dello sbocco a mare dove è riconoscibile un tipico cordone sommerso: sul fondale prograda verso il mare aperto una estesa conoide sottomarina. La pendenza media del fondo è variabile tra lo 0,13% circa nel tratto compreso tra il viadotto autostradale e lo sbocco a mare e lo 0,28% nel tratto di monte, con un valore medio pari allo 0,2% circa: l'alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni e lateralmente presenta depositi, localmente di consistente entità, e vegetazione arbustiva. Le sponde, di altezza variabile tra 4 e 6 m, risultano perlopiù arginate con scogliere in blocchi lapidei e massi informi: sono presenti argini in terra ed opere di ingegneria naturalistica nel tratto in sponda destra compreso tra il ponte della Maddalena ed il viadotto autostradale, mentre il tratto terminale, dall'altezza del campo sportivo alla foce, è caratterizzato da argini in muratura su pali o pilastri su entrambe le sponde.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I deflussi dell'intero bacino del T. Entella sono strettamente connessi alla distribuzione pluviometrica annuale: essendo funzione essenzialmente della quantità, dell'intensità e della durata delle precipitazioni, ne consegue che le precipitazioni nevose, che si verificano nelle fasce altimetriche più elevate, non incidono sul bilancio totale.

Il deflusso sotterraneo è invece assai ridotto poiché buona parte della superficie del bacino è impermeabile sia per la tipologia di terreno e substrato lapideo presenti, sia per copertura urbana consistente: ne risulta pertanto favorito un ruscellamento superficiale delle acque e l'impossibilità di formazione di acquiferi apprezzabili. Tuttavia, nell'acquifero alluvionale si verifica un importante deflusso sotterraneo che contribuisce in modo considerevole all'approvvigionamento idrico dell'intero comparto costiero.

Lo schema dei deflussi superficiale nell'area in esame fa riferimento direttamente al T. Entella tramite i diversi tributari, presenti in orografica destra e sinistra, ed il complesso reticolo di drenaggio urbano delle acque bianche, che svolgono pertanto azione di raccolta e smaltimento delle acque di normale precipitazione meteorica.

Per quanto attiene alle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti nella piana del T. Entella, si distinguono:

- terreni permeabili per porosità e coefficiente dipendente dal fuso granulometrico caratteristico, con grado di permeabilità in genere medio-elevato; sono rappresentati dai riporti presenti lungo la fascia costiera in corrispondenza della linea ferroviaria Genova-La Spezia-Pisa e dei porti turistici di Chiavari e Lavagna;
- terreni permeabili per porosità (ghiaie uniformi e gradate) e coefficiente medio-elevato (valore indicativo  $10^{-2}$  cm/s); sono rappresentati dai depositi dell'alveo attuale ad eccezione del tratto terminale, dall'altezza del campo sportivo di Chiavari alla foce;
- terreni permeabili per porosità (ghiaie limoso-argillose) e coefficiente variabile in funzione del contenuto di frazione fine, con grado di permeabilità in genere basso o molto basso ( $10^{-4}$ - $10^{-6}$  cm/s); sono rappresentati dai terreni costituenti le conoidi alluvionali e miste che caratterizzano l'intera fascia di transizione tra la piana alluvionale ed i versanti circostanti e dai depositi della piana stessa lungo una stretta fascia disposta trasversalmente dalla località Rivarola al campo sportivo di Caperana in sponda destra e sinistra del T. Entella;
- terreni permeabili per porosità (sabbie uniformi e gradate) e coefficienti medi (valore indicativo  $10^{-3}$  cm/s); sono rappresentati dai depositi dell'alveo attuale nel trat-

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



to terminale del corso d'acqua, dall'altezza del campo sportivo di Chiavari fino alla foce, e da quelli di origine mista o francamente marina disposti lungo la fascia costiera tra la linea di costa e C.so Genova a Chiavari e C.so Buenos Aires a Lavagna;

- terreni permeabili per porosità (sabbie limoso-argillose) e drenaggio generalmente povero, con coefficienti variabili ( $10^{-4}$ - $10^{-6}$  cm/s); sono rappresentati dai depositi che caratterizzano principalmente la piana alluvionale lungo le sponde del T. Entella;
- terreni permeabili per porosità (terreni a grana fine) con grado di permeabilità molto basso ( $10^{-5}$ - $10^{-7}$  cm/s); sono rappresentati dai terreni costituenti i settori dei centri urbani di Chiavari e Lavagna nelle immediate vicinanze del corso d'acqua.

Un andamento preciso della superficie della falda è stato ricostruito a partire dai livelli misurati nel corso dell'indagine eseguita da Promogeo nel corso del mese di febbraio 2008: esso è riportato sul profilo di cui all'allegato 5 e figure seguenti.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 5. CAMPAGNA DI INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

### 5.1 Articolazione dell'indagine geognostica

Un'indagine puntuale dei terreni caratterizzanti il sottosuolo nell'area di intervento, sulla base del quadro geologico-geomorfologico, ed idrogeologico delineato sopra e nella relazione geologica di progetto (elaborato RG01), comprendente indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche è stata eseguita nel mese di gennaio / marzo 2008 dalla ditta specializzata incaricata: Promogeo di Torino.

Le indagini geognostiche articolate in modo da interessare le zone interessate dai lavori, hanno contemplato:

- Sondaggi a rotazione con carotaggio continuo (Allegato 1 e 2):
  - esecuzione di n. 8 sondaggi ad asse verticale a rotazione e carotaggio continuo, uso di carotiere doppio, con eventuale impiego di corona diamantata, di profondità prevista di 15 m, per complessivi 120 ml;
  - di cui n. 4 sondaggi da allestire con piezometri a tubo aperto in PVC microfessurato da 2" per complessivi 32 ml;
  - prelievo di n. 1 campione di terreno per ogni sondaggio verticale, per complessivi 4 campioni indisturbati;
  - esecuzione di n. 3 prove S.P.T a scarpa aperta, in ciascun foro di sonda ad asse verticale, per complessive 24 prove.
  
- PROSPEZIONI GEOFISICHE (Allegato 3)
  - esecuzione di n. 3 profili sismici a rifrazione con elaborazione tomografica da condurre con apparecchiatura elettronica a 12 o 24 canali ad elevata risoluzione (superiore a 16 bit) e a segnale incrementale con stendimenti di lunghezza di circa 150 m, per complessivi 450 m circa.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 5.2 Articolazione dell'indagine geotecnica

Le indagini geotecniche eseguite dalla stessa ditta Promogeo hanno previsto sia prove in situ che prove in laboratorio su campioni prelevati nel corso dei sondaggi:

- PROVE GEOTECNICHE IN SITO (Allegato 3)
  - Esecuzione di n. 8 prove di permeabilità tipo Lefranc, una per ciascun sondaggio geonostico;
  - esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche (D.P.S.H.) nell'area in sponda sinistra del corso d'acqua, in ragione delle prove penetrometriche statiche preventivate in fase di progettazione dell'indagine, che non è stato possibile eseguire data la natura prevalentemente grossolana o la presenza di inclusi ciottolosi, nei depositi carotati con i sondaggi.
  
- ANALISI E PROVE DI LABORATORIO (Allegato 4)
  - n. 4 analisi e prove di laboratorio comprensive di: descrizione del campione, determinazione del contenuto d'acqua naturale, peso di volume naturale (densità apparente), peso specifico dei grani, determinazioni dei limiti di liquidità e plasticità;
  - n. 3 analisi e prove di laboratorio (granulometria) per via umida o con aerometria;
  - n. 3 prove di taglio diretto con scatola di Casagrande (CD);
  - n. 3 prove di compressione triassiale non consolidata non drenata (UU);
  - n. 3 prove di compressione triassiale consolidata isotropica non drenata (CiU);
  - n. 3 prove di compressione edometrica.

Nel dettaglio negli allegati a fondo testo sono riportati i risultati di ciascuna attività sopra descritta .

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



### 5.3 Risultati dell'indagine geotecnica: profilo geotecnico e modello geotecnico

I risultati delle indagini geognostiche sono stati riepilogati in un profilo geologico che descrive l'andamento litostratigrafico del sottosuolo nell'area interessata dalle opere di progetto, e che è dettagliatamente descritto nella relazione geologica di progetto (elaborato RG01). In particolare il profilo riguarda le opere in sponda sinistra che sono maggiormente impattanti nei confronti del sottosuolo, invece per la sponda destra si sono utilizzate le indagini puntuali disponibili che hanno interessato l'area prossima al ponte di Via Previati e l'area in prossimità del Ponte della Maddalena.

I risultati delle geotecniche hanno consentito di costruire i modelli geotecnici del sottosuolo e, per la sponda sinistra, coperta da un numero di sondaggi più elevato e continui è stato realizzato un profilo geotecnico riportato nell'allegato 5, nel quale si evidenziano i parametri geotecnici che descrivono il sottosuolo dell'area di intervento.

In particolare sono state a tale scopo utilizzate le prove geotecniche di laboratori e le indagini in situ oltre che le prospezioni sismiche. In tal modo si è potuto di caratterizzare dettagliatamente parametrizzare dal punto di vista geotecnico i vari strati a diversa litologia, ed inoltre si è potuto ricostruire l'andamento della falda fotografato in febbraio 2008 e le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero.

Le seguenti figure e più in dettaglio l'allegato 5 mostrano i parametri geotecnici di ciascun terreno individuati in corrispondenza del campione.

Dal punto di vista litologico-stratigrafico in sequenza dall'alto verso il basso troviamo:

- uno strato di materiale di riporto di spessore variabile;
- uno strato limoso sabbioso di spessore variabile, via via che si procede verso monte aumenta il contenuto in argilla (campione C1/S3 prelevato a 2.00-2.60 dal p.c.);
- uno strato grossolano ciottoloso ghiaioso che si rastrema procedendo verso monte tra il sondaggio e il 4, di spessore massimo dell'ordine dei 7 m;
- all'interno si ritrova intercalato un orizzonte non omogeneo di natura sabbiosa più grossolano verso l'alto di spessore dell'ordine di 1 m;
- uno strato sabbioso a volte con contenuto limoso significativo di spessore minimo pari a 4 m con granulometrie da fini nella parte inferiore a grossolana generalmente nella parte superiore, il limo diventa prevalente procedendo verso monte dal sondaggio 3 (campione C1/S2 prelevato a 10,40-10,80 m dal p.c.);

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02





- al di sotto si rinviene un altro orizzonte ghiaioso nelle vicinanze della foce (sondaggio 1),
  - verso monte sondaggio 3 e 4 si rinviene una sequenza prevalentemente pelitica con prevalenza di strati limosi e argillosi (campione C1/S4 prelevato a 4.40-5.00 dal p.c.);
  - per i sondaggi 4 e 5 la sequenza invece è più semplice 6-7 metri di depositi grossolani ghiaioso sabbiosi seguenti da depositi pelitici (campione C1/S5 prelevato a 9.00-9.60 dal p.c.);
  - in sponda destra la sequenza è rappresentata da materiale grossolano da sabbioso ghiaioso a ghiaioso ciottoloso.
- la falda si posiziona ad una quota dell'ordine di decine di centimetri sul livello del medio mare nella zona più a valle dei giardini, e dell'ordine dei 2 m sul livello del medio mare nella zona più a monte del Ponte della Maddalena;
  - la falda ha un gradiente dell'ordine dell' 1-2 ‰.

In particolare si sono ricavati i parametri geotecnici seguenti :

Campione		C1/S2	C1/S3	C1/S4	C1/S5
Profondità di prelievo da p.c.	m	10,40 – 10,90	2.00-2.60	4.40-5.00	9.00-9.60 m
descrizione litologica		Sabbia deb. limosa	Limo deb. sabbioso	Limo argilloso deb. sabbioso	Limo con argilla deb. sabbioso
ANALISI GRANULOMETRICA:					
G	%	-	17	-	1
S	%	91	10	17	41
L e A	%	9	73	83	58
$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	17,91	17,03	19,35	18,95
Wn	%	29,49	28,15	30,11	32,57
Wl	%	-	26,83	31,70	30,62
Wp	%	-	21,05	21,75	21,38
Ip	%	-	5,78	9,95	9,24
$\varphi'$	°	30,52	25,39	29	
c'	kPa	4,95	12,16	6	

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL BACINO DEL FIUME  
ENTE LLA RELATIVAMENTE AL TRATTO TERMINALE – 1° LOTTO DALLA FOCE AL  
PONTE DELLA MADDALENA – 1° STRALCIO FUNZIONALE –  
PROGETTO DEFINITIVO  
REVISIONE GENERALE A SEGUITO DEL PARERE DEL C.T.B. REGIONALE DEL 08/03/2012  
E DELLE INDICAZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI

---

Legenda: G, S, L e A sono i contenuti percentuali in ghiaia, sabbia e fine;  $\gamma$  = peso di volume naturale;  $W_n$  = contenuto in acqua;  $W_l$  = limite di liquidità;  $W_p$  = limite di plasticità;  $I_p$  = indice di plasticità;  $I_c$  = indice di consistenza,  $\phi'$  è l'angolo d'attrito,  $c'$  è la coesione

---

A.T.I.:



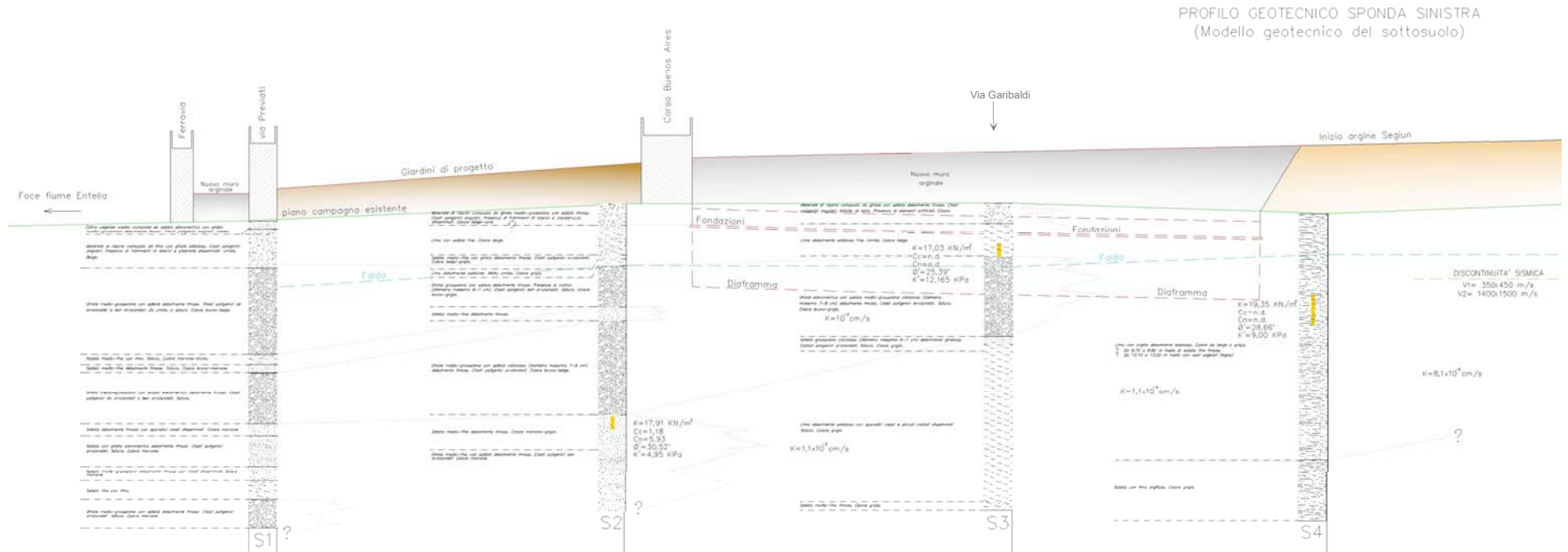
STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



Stralcio del profilo in sponda sinistra tra il P.te Ferroviario e monte Via Garibaldi



A.T.I.:

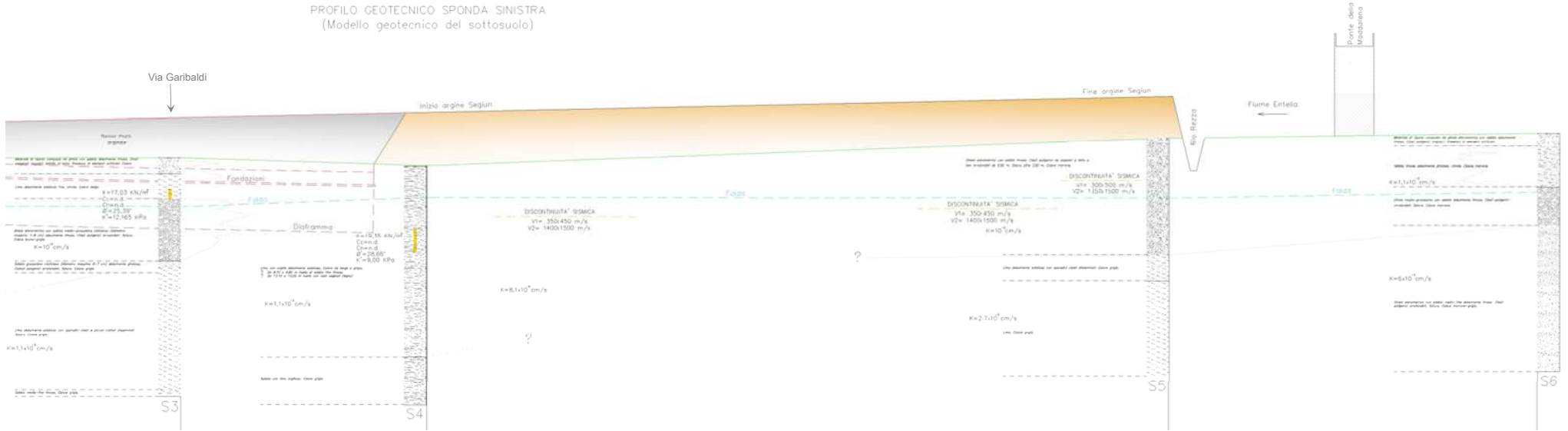


STUDIO GALLI  
INGEGNERIA





PROFILO GEOTECNICO SPONDA SINISTRA  
(Modello geotecnico del sottosuolo)



Stralcio del profilo in sponda sinistra tra Via Garibaldi e monte P.te Maddalena

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA

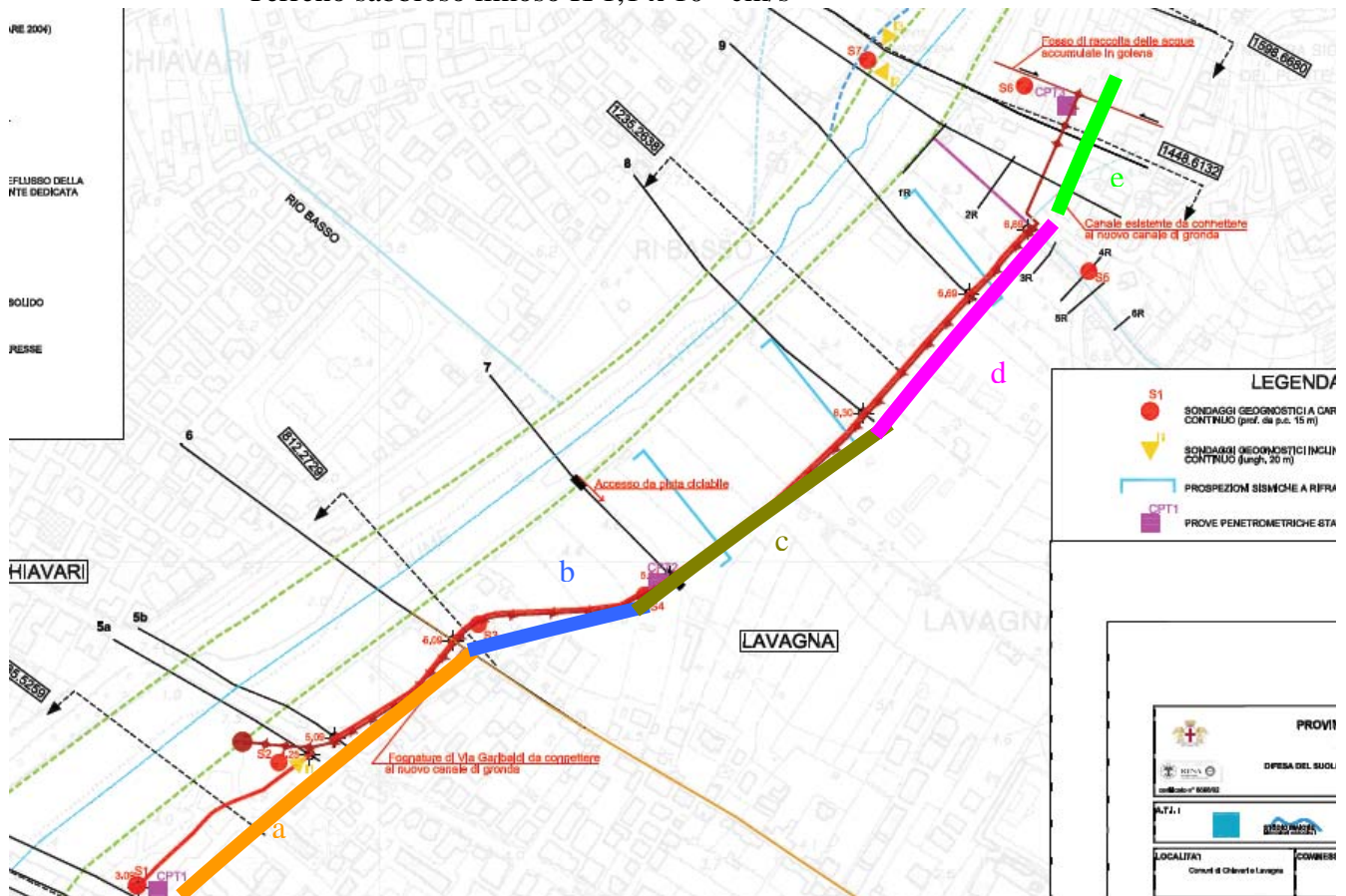




Il modello geotecnico / idrogeologico del sottosuolo interessato nei vari tratti evidenziati nella seguente figura è :

- tratto **a** tra P. Aurelia / P.te Buenos Aires e zona area vigile (Via Garibaldi) i valori di permeabilità di riferimento sono:  
Sondaggi 1 e 2

- Terreno di riporto da 0 a -2 m (occorre bonifica o interposizione geotessuto con drenaggio)
- Terreno ghiaioso da -2 m a -10 da p.c.  $K 1 \times 10^{-2}$  cm/s
- Terreno sabbioso limoso  $K 1,1 \times 10^{-3}$  cm/s



- Zona **b** a monte di Via Garibaldi  
Sondaggio 3:

- Terreno di riporto da 0 a -1 m (occorre bonifica o interposizione geotessuto con drenaggio)
- Terreno ghiaioso da -2,5 m a -6,5 da p.c.  $K 1 \times 10^{-2}$  cm/s
- Terreno limoso da -6,5 m a -14 da p.c.  $K 1,1 \times 10^{-3}$  cm/s

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA





- Zona c Dall'inizio del muro arginale al secondo profilo sismico:  
Sondaggio 4:
  - Terreno limoso argilloso da 0 m a -12 da p.c.  $K 8,1 \times 10^{-5}$  cm/s
- Tratto d dell'argine dal secondo profilo sismico al Rio Rezza:  
Sondaggio 5:
  - Terreno ghiaioso da -0 m a -7,40 da p.c.  $K 1 \times 10^{-2}$  cm/s
  - Terreno limoso argilloso da 7,40 m a -15 da p.c.  $K 2,7 \times 10^{-5}$  cm/s
- Tratto e a monte del Rio Rezza:  
Sondaggio 6:
  - Terreno di riporto da 0 a -0,8 m (occorre bonifica o interposizione geotessuto con drenaggio)
  - Terreno sabbioso limoso da 0,80 a -3,4 m  $K 1,1 \times 10^{-3}$  cm/s
  - Terreno ghiaioso da -3,4 m a -5,8 da p.c.  $K 6 \times 10^{-3}$  cm/s

Quindi in sostanza se teniamo conto delle opere di progetto in particolare per il muro arginale la fondazione si trova nello strato limoso sabbioso (Limo deb. Sabbioso:  $\gamma = 17,03$ ;  $\varphi' = 25,39$ ;  $c' = 12,16$ ), chiaramente in fase di esecuzione dovranno essere verificate le condizioni locali nelle zone tra i vari sondaggi come richiede un lavoro di questa tipologia che si sviluppa su un'area molto vasta.

Il diaframma che si rende necessario per evitare problemi di filtrazione / sifonamento al di sotto del muro si intesta in materiali ghiaiosi, chiaramente in falda.

La falda è correlata fortemente alle condizioni idrometriche medie dell'Entella, in condizioni di piena che sono generalmente legate a periodi di qualche ora la falda ha risposta non immediata quindi risente della maggiore alimentazione ma non riesce ad equilibrarsi con le quote idrometriche dell'Entella, tuttavia nelle verifiche geotecniche occorre considerare il caso improbabile di contemporaneità tra falda al livello massimo (piano campagna) ed Entella in piena con livelli idrici sulla testa del muro arginale e della difesa arginale).

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 6. VERIFICHE GEOTECNICHE

### 6.1 Verifica alla filtrazione

Allo scopo di valutare l'efficacia delle opere di difesa in progetto sono state effettuate le verifiche dei moti di filtrazione che si instaurano tra il fiume Entella e il terreno posto a tergo del rilevato arginale o del muro arginale presente in alcuni tratti. Per le verifiche è stato utilizzato il codice di calcolo *SEEP2D* e l'interfaccia grafica *GMS 6.0 (Groundwater Modelling System)*.

Le verifiche di filtrazione sono state effettuate sulle differenti tipologie di opere di difesa previste in progetto; precisamente sono state verificate le seguenti sezioni tipologiche:

1. lato Lavagna: muro tipo "S2" tra Corso Buenos Aires e via Garibaldi;
2. lato Lavagna: muro tipo "S3" tra via Garibaldi e la sezione 18;
3. lato Lavagna: muro arginale tipo "S4" tra la sezione 18 e la sezione 8;
4. lato Lavagna: muro arginale tipo "S4" tra la sezione 8 ed il Rio Rezza;
5. lato Lavagna: rilevato arginale tipo "S5" lungo il Rio Rezza
6. lato Chiavari: muro tipo "D5";
7. lato Chiavari: muro tipo "D2".

In primo luogo si è provveduto a scegliere, tra le varie sezioni di progetto, quelle più sfavorevoli ovvero caratterizzate dalle più gravose condizioni in relazione ai moti di filtrazione. La scelta della sezione è stata effettuata in base ai seguenti criteri:

- massimo dislivello tra la quota di sommità arginale e il piano campagna posto a tergo del rilevato;
- percorso di filtrazione più breve.

Sono quindi state effettuate le simulazioni del moto di filtrazione considerando, come livello di piena, un livello pari alla quota di difesa in modo tale da riprodurre una condizione estremamente gravosa e quindi a favore di sicurezza.

Partendo dai risultati ottenuti si sono effettuate le verifiche al sifonamento utilizzando sia il metodo del gradiente critico sia il metodo della velocità limite, in cui si mette a confronto le velocità di filtrazione che si instaurano all'interno del corpo arginale con la velocità limite di trascinamento delle particelle oltre la quale la stabilità del rilevato risulta critica.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 6.1.1 Implementazione del modello di filtrazione

### 6.1.1.1 Caratteristiche del modello matematico

I calcoli sono stati effettuati utilizzando un modello matematico agli elementi finiti bidimensionale sul piano verticale. L'equazione differenziale che descrive il moto vario bidimensionale nel piano verticale entro un acquifero saturo è la seguente:

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

in cui:

$h [m] = z + p/\gamma$  è il carico idraulico variabile da punto a punto in funzione del tempo ( $h(x,z,t)$ );

$\gamma$ .....è il peso specifico dell'acqua,

$k_x, k_z [m/s]$ .....sono i valori dei coefficienti di permeabilità nelle due direzioni del piano verticale x-z;

$S_s [m^{-1}]$ .....è il coefficiente di immagazzinamento specifico, funzione delle caratteristiche di comprimibilità dell'acqua e del mezzo poroso.

Salvo particolari applicazioni (problemi di subsidenza), considerato il valore molto piccolo di  $S_s$  si trascura interamente il termine a secondo membro dell'equazione sopra riportata. Con questa semplificazione scompare l'influenza diretta della variabile temporale e l'evoluzione temporale del carico idraulico è dovuta esclusivamente alle condizioni al contorno, anch'esse variabili nel tempo.

La soluzione, con  $S_s$  posto uguale a zero, viene individuata tramite il metodo degli elementi finiti; come è noto questo metodo prevede una suddivisione del dominio di interesse in elementi di forma regolare (mesh) entro i quali si ipotizza un certo andamento analitico (funzioni interpolari) della funzione incognita da individuare. Gli elementi sono dalle coordinate dei nodi di contorno in corrispondenza dei quali il metodo fornisce il valore dell'incognita.

Nel modello matematico adottato le funzioni interpolari sono state imposte lineari, le funzioni peso sono state poste uguali alle funzioni interpolari e di conseguenza anch'esse lineari (metodo di Galerkin).

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA







### 6.1.1.2 Schematizzazione geometrica delle sezioni

Il primo passo è stato quello di riprodurre geometricamente la sezione di progetto sottoposta a verifica. Utilizzando il modulo *MAP* dell'interfaccia grafica *GMS 6.0* si è pertanto ricostruita la geometria dell'opera di difesa da verificare e del terreno di fondazione posto immediatamente al di sotto di esso; ai fini delle verifiche di filtrazione, la sezione è stata schematizzata in modo da ricondurle ad una situazione geometricamente semplificata ma più gravosa, trascurando in particolare il terreno vegetale superficiale.

L'assetto litostratigrafico è stato definito attraverso la comparazione delle stratigrafie ottenute dai sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza del nuovo rilevato arginale (nei calcoli si è sempre considerato il rilevato costituito da materiale di natura limoso-argilloso) e del nuovo muro in progetto.

I valori di permeabilità adottati nei calcoli sono stati valutati attentamente sulla base delle caratteristiche dei terreni riscontrati e quindi dedotti comparando la natura di questi con la natura dei terreni presenti nell'area dove sono state eseguite anche delle prove di permeabilità su campioni prelevati a diverse profondità.

Nella tabella seguente si riportano a titolo di sintesi i valori di permeabilità usati nei calcoli.

	<b>Permeabilità secondo tipologia</b>	<b>k (m/s)</b>
A)	Terreno di riporto	-
B)	Terreno ghiaioso-sabbioso	$1,0 \times 10^{-4}$
C)	Terreno sabbioso-limoso	$1,1 \times 10^{-5}$
D)	Terreno limoso-argilloso (in corrispondenza del sondaggio 4)	$8,1 \times 10^{-7}$
E)	Terreno limoso-argilloso (in corrispondenza del sondaggio 5)	$2,7 \times 10^{-7}$

Valori di permeabilità per le diverse litologie riscontrate

In particolare per ciascuna verifica sotto indicata sono stati presi a riferimento i seguenti sondaggi:

1. Sondaggio n.3 (muro tipo "S2"):

- terreno di riporto da 0 a -1 metri rispetto al piano campagna A);
- terreno sabbioso-limoso da -1 a -2,6 metri rispetto al piano campagna C);

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



- terreno ghiaioso-sabbioso da -2,6 a -6,5 metri rispetto al piano campagna B);
- terreno sabbioso-limoso da -6,5 metri a -14 metri rispetto al piano campagna C).

2, 3 e 6 Sondaggio n. 4 (muro tipo “S3”, muro tipo “S4” tra sezione 18 e sezione 8 e muro tipo “D5”):

- terreno limoso-argilloso da 0 a -12 metri rispetto al piano campagna D).

4 e 5 Sondaggio n. 5 (argine tipo “S5” e muro tipo “S4” tra sezione 8 e Rio Rezza):

- terreno ghiaioso – sabbioso da 0 a -7,4 metri rispetto al piano campagna B);
- terreno limoso-argilloso da -7,4 a -15 metri rispetto al piano campagna E).

7 Sondaggio n. 8 (muro tipo “D2”):

- terreno ghiaioso-sabbioso da 0 a -8,0 metri rispetto al piano campagna B).

### 6.1.1.3 Condizioni al contorno

Per la verifica alla filtrazione, e conseguentemente la valutazione della tenuta idraulica del corpo arginale e del muro arginale, le simulazioni sono state condotte in condizioni stazionarie con i livelli idrici del fiume Entella pari alla quota di difesa in modo tale da prendere in considerazione la situazione più gravosa che potrebbe verificarsi.

A lato campagna invece è stata presa in considerazione la condizione più gravosa ovvero quella di terreno saturo imponendo una condizione di carico costante posta alla stessa quota del piano campagna.

### 6.1.2 Analisi dei risultati ottenuti

Nei successivi paragrafi vengono descritti ed analizzati i risultati, ottenuti nelle diverse simulazioni, in termini sia di velocità massima di filtrazione sia di portata totale filtrante, entrambi riferiti alla sezione trasversale e pertanto da intendersi come valori unitari (per sviluppo longitudinale di difesa).

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA

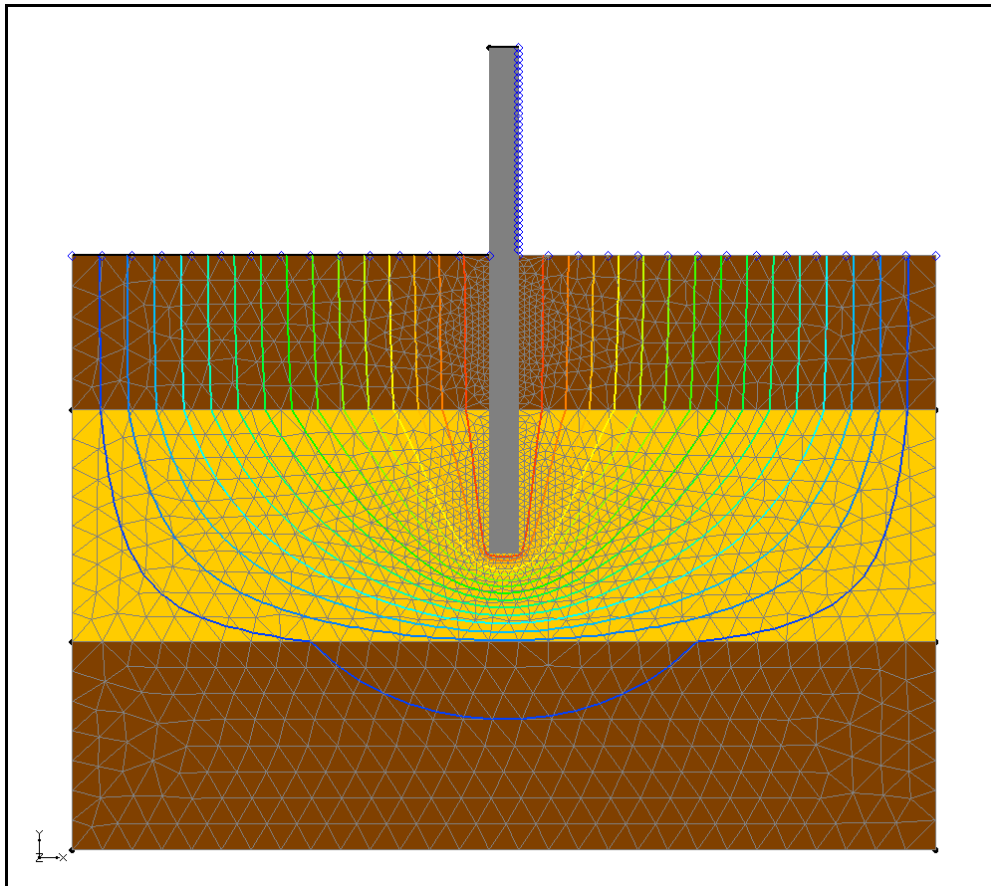




### 6.1.2.1 Muro tipo “S2” – lato Lavagna

La simulazione è stata condotta considerando un livello di piena pari a 5,36 m s.l.m. corrispondente alla quota in sommità del muro arginale. Il muro sottoposto a verifica è quello che considera un diaframma di fondazione di lunghezza pari a 5,00 m. La successione stratigrafica fa riferimento al sondaggio n. 3.

Nella figura seguente sono rappresentate le linee di flusso calcolate in corrispondenza della sezione di riferimento.



Linee di flusso risultanti dalla simulazione (muro tipo “S2”)

La massima velocità di filtrazione che si riscontra all’interno del rilevato arginale risulta (in valore assoluto) pari a  $3,91 \times 10^{-5}$  m/s mentre la portata filtrante risulta pari a  $3,70 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s per metro lineare.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projenia  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



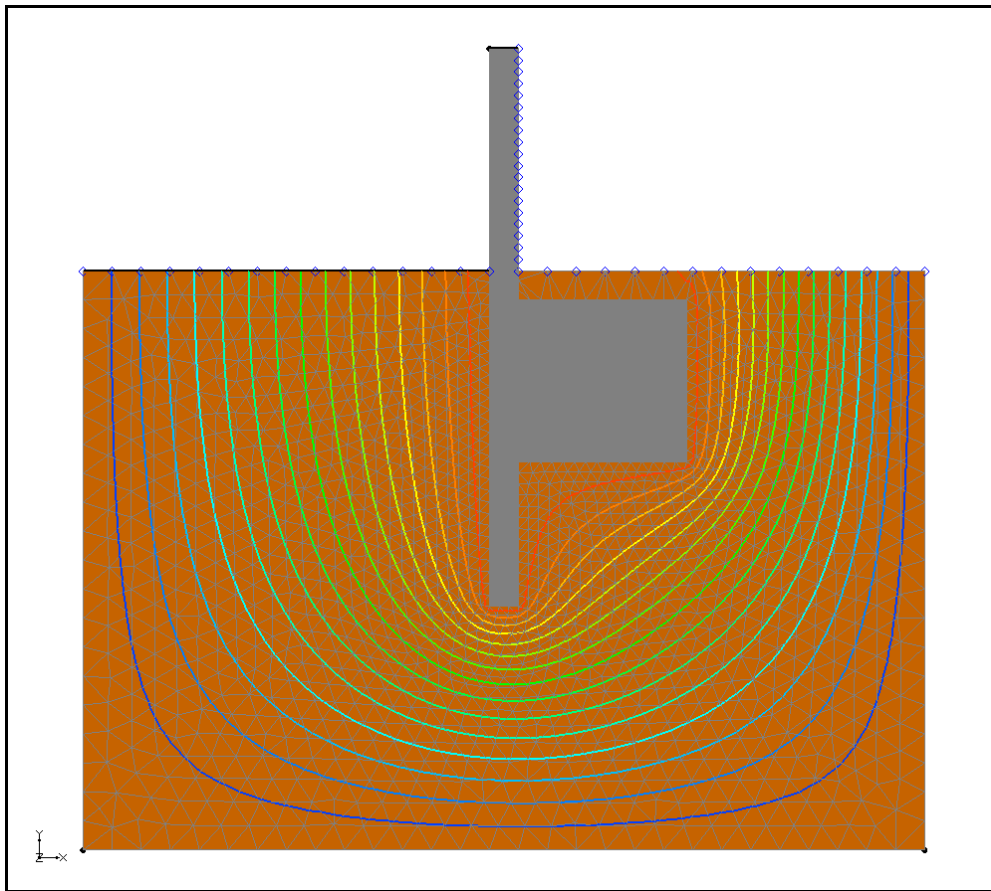
RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



### 6.1.2.2 Muro tipo “S3” – lato Lavagna

La simulazione è stata condotta considerando un livello di piena pari a 6,60 m s.l.m. corrispondente alla quota in sommità del muro. Il muro sottoposto a verifica è quello che considera lo scatolare del collettore meteorico di dimensioni 2,50 x 2,00 m ed un diaframma di fondazione al di sotto di esso di lunghezza 2,50 m. La successione stratigrafica fa riferimento al sondaggio n. 4.

Nella figura seguente sono rappresentate le linee di flusso calcolate in corrispondenza della sezione di riferimento.



Linee di flusso risultanti dalla simulazione (muro tipo “S3”)

La massima velocità di filtrazione che si riscontra all’interno del rilevato arginale risulta (in valore assoluto) pari a  $5,18 \times 10^{-7}$  m/s mentre la portata filtrante risulta pari a  $8,92 \times 10^{-7}$  m<sup>3</sup>/s per metro lineare.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES

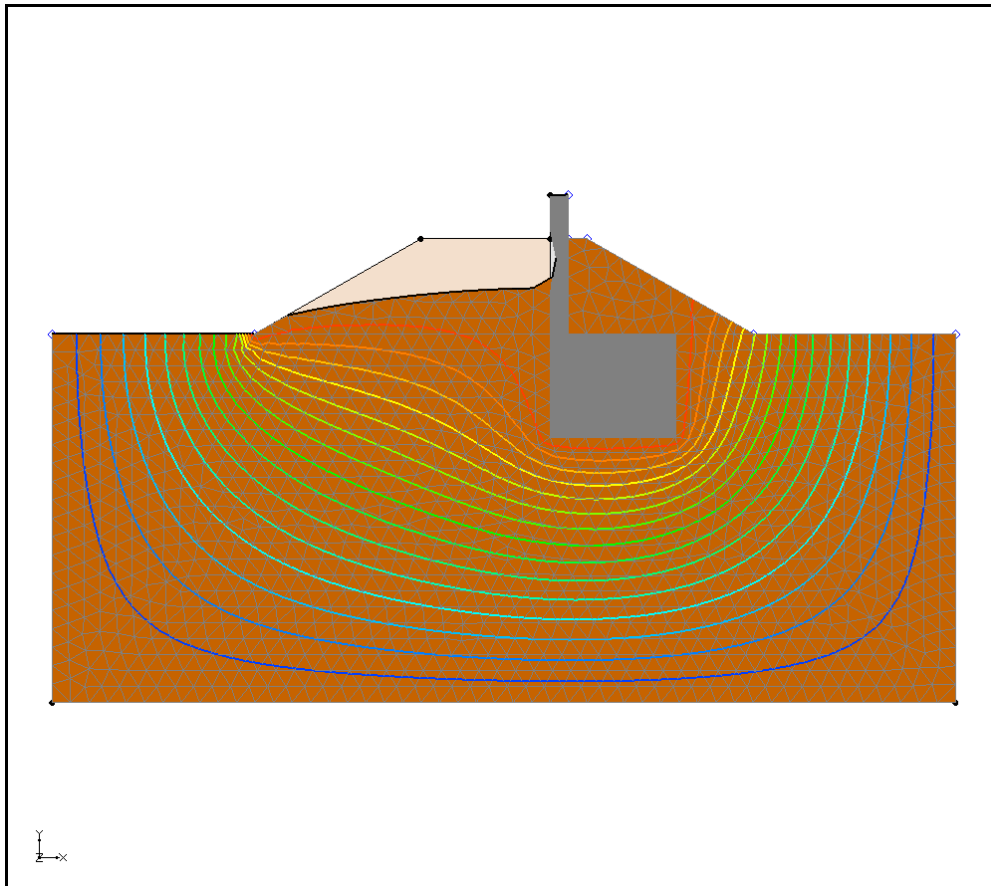




### 6.1.2.3 Muro arginale tipo “S4” tra la sezione 18 e la sezione 8 - lato Lavagna

La simulazione è stata condotta considerando un livello di piena pari a 6,80 m s.l.m. corrispondente alla quota in sommità del muro arginale. Il muro sottoposto a verifica è quello che considera lo scatolare del collettore meteorico di dimensioni 2,50 x 2,00 m senza diaframma di fondazione. La successione stratigrafica fa riferimento al sondaggio n. 4.

Nella figura seguente sono rappresentate le linee di flusso calcolate in corrispondenza della sezione di riferimento.



Linee di flusso risultanti dalla simulazione (muro arginale tipo “S4”)

La massima velocità di filtrazione che si riscontra all’interno del rilevato arginale risulta (in valore assoluto) pari a  $3,78 \times 10^{-7}$  m/s mentre la portata filtrante risulta pari a  $1,11 \times 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s per metro lineare.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES

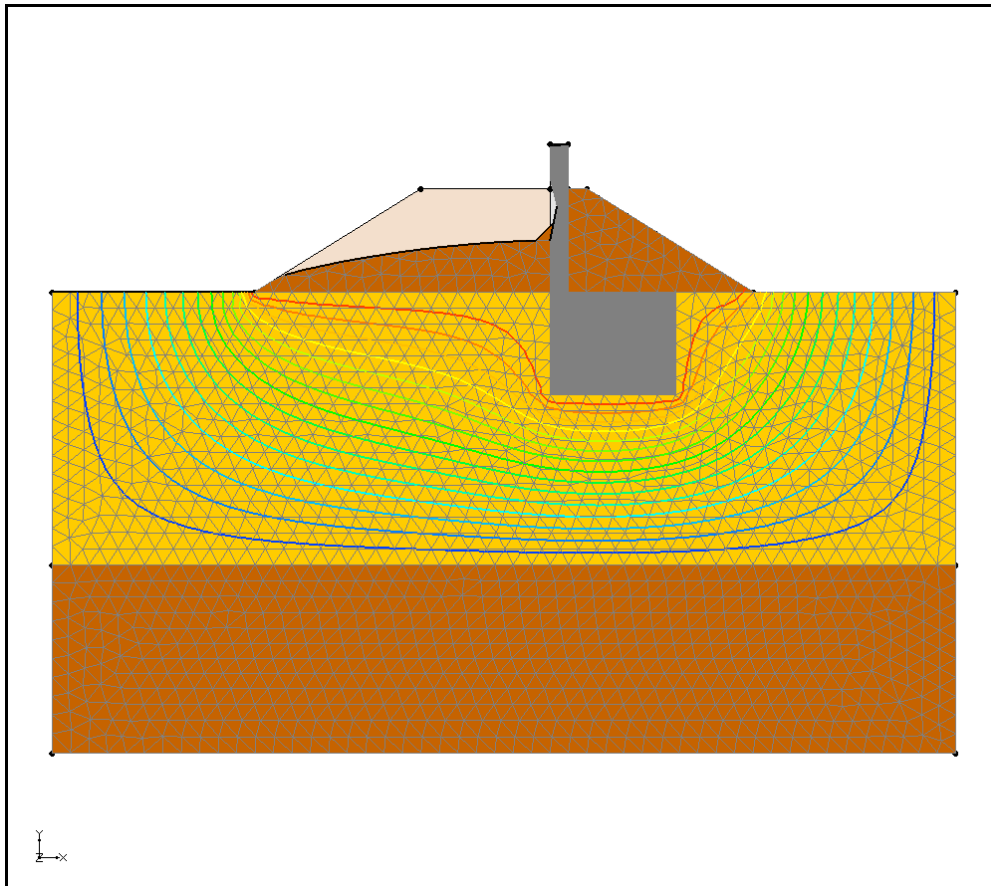




#### 6.1.2.4 Muro arginale tipo “S4” tra la sezione 8 e il Rio Rezza - lato Lavagna

La simulazione è stata condotta considerando un livello di piena pari a 7,20 m s.l.m. corrispondente alla quota in sommità del muro arginale. Il muro sottoposto a verifica è quello che considera lo scatolare del collettore meteorico di dimensioni 2,50 x 2,00 m senza diaframma di fondazione. La successione stratigrafica fa riferimento al sondaggio n. 5.

Nella figura seguente sono rappresentate le linee di flusso calcolate in corrispondenza della sezione di riferimento.



Linee di flusso risultanti dalla simulazione (muro arginale tipo “S4”)

La massima velocità di filtrazione che si riscontra all’interno del rilevato arginale risulta (in valore assoluto) pari a  $3,97 \times 10^{-5}$  m/s mentre la portata filtrante risulta pari a  $1,14 \times 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/s per metro lineare.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES

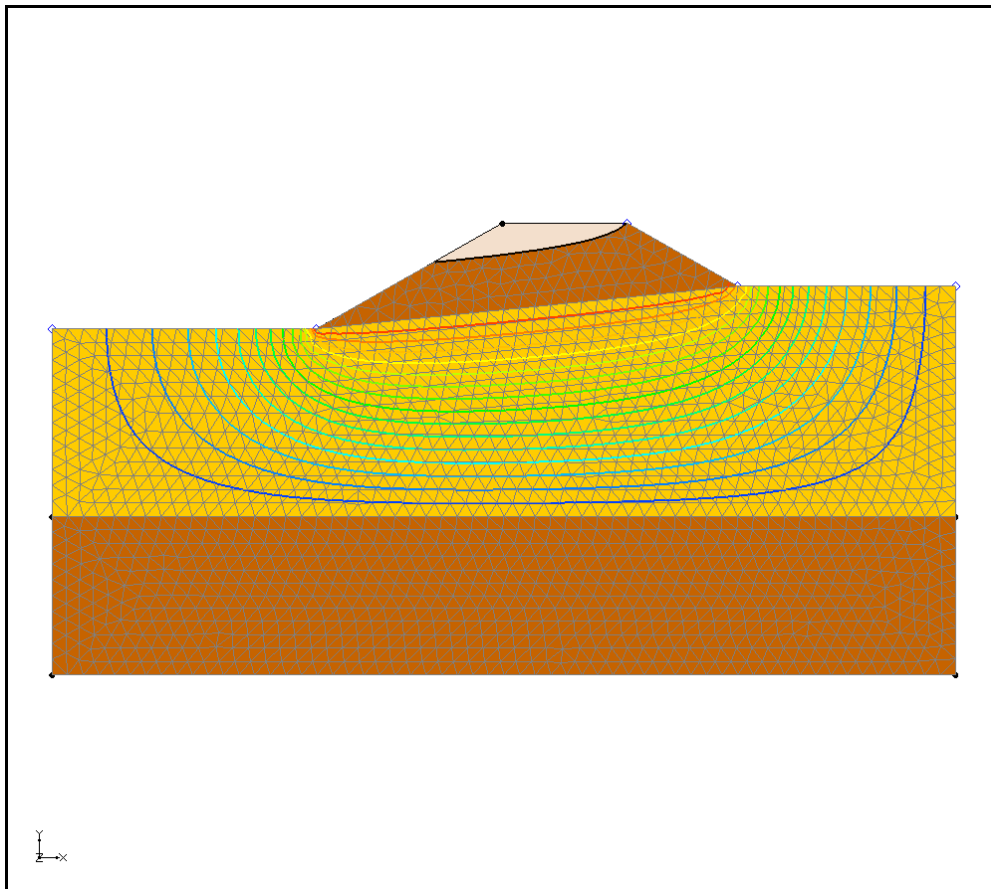




#### 6.1.2.5 Rilevato arginale tipo “S5” lungo il Rio Rezza – lato Lavagna

La simulazione è stata condotta considerando un livello di piena pari a 7,20 m s.l.m. corrispondente alla quota di sommità arginale. A lato campagna invece è stata presa in considerazione la condizione più gravosa ovvero quella di terreno saturo imponendo una cognizione di carico costante posta alla stessa quota del piano campagna, posto a quota 3,80 m s.l.m. La successione stratigrafica fa riferimento al sondaggio n. 5.

Nella figura seguente sono rappresentate le linee di flusso calcolate in corrispondenza della sezione di riferimento.



Linee di flusso risultanti dalla simulazione (rilevato arginale tipo “S5”)

La massima velocità di filtrazione che si riscontra all’interno del rilevato arginale risulta (in valore assoluto) pari a  $2,55 \times 10^{-5}$  m/s mentre la portata filtrante risulta pari a  $7,01 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s per metro lineare.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



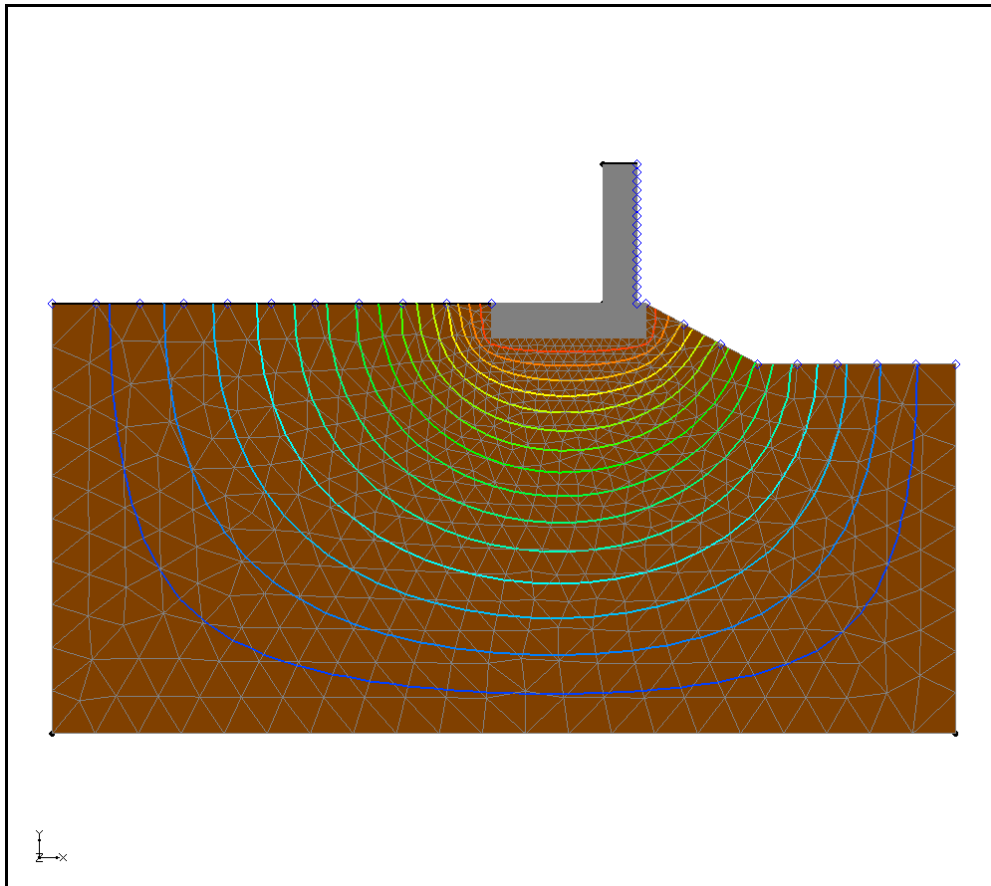
projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES





#### 6.1.2.6 Muro tipo “D5” – lato Chiavari

La simulazione è stata condotta considerando un livello di piena pari a 6,64 m s.l.m. corrispondente alla quota in sommità del muro arginale. Il muro sottoposto a verifica è quello che considera una platea di fondazione di lunghezza pari a 1,8 m e spessore pari a 0,4 m. La successione stratigrafica fa riferimento ad una delle situazioni più permeabili, e quindi più cautelative, cioè al sondaggio n. 4.



Linee di flusso risultanti dalla simulazione (muro tipo “D5”)

La massima velocità di filtrazione che si riscontra all’interno del rilevato arginale risulta (in valore assoluto) pari a  $6,92 \times 10^{-7}$  m/s mentre la portata filtrante risulta pari a  $9,35 \times 10^{-7}$  m<sup>3</sup>/s per metro lineare.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES

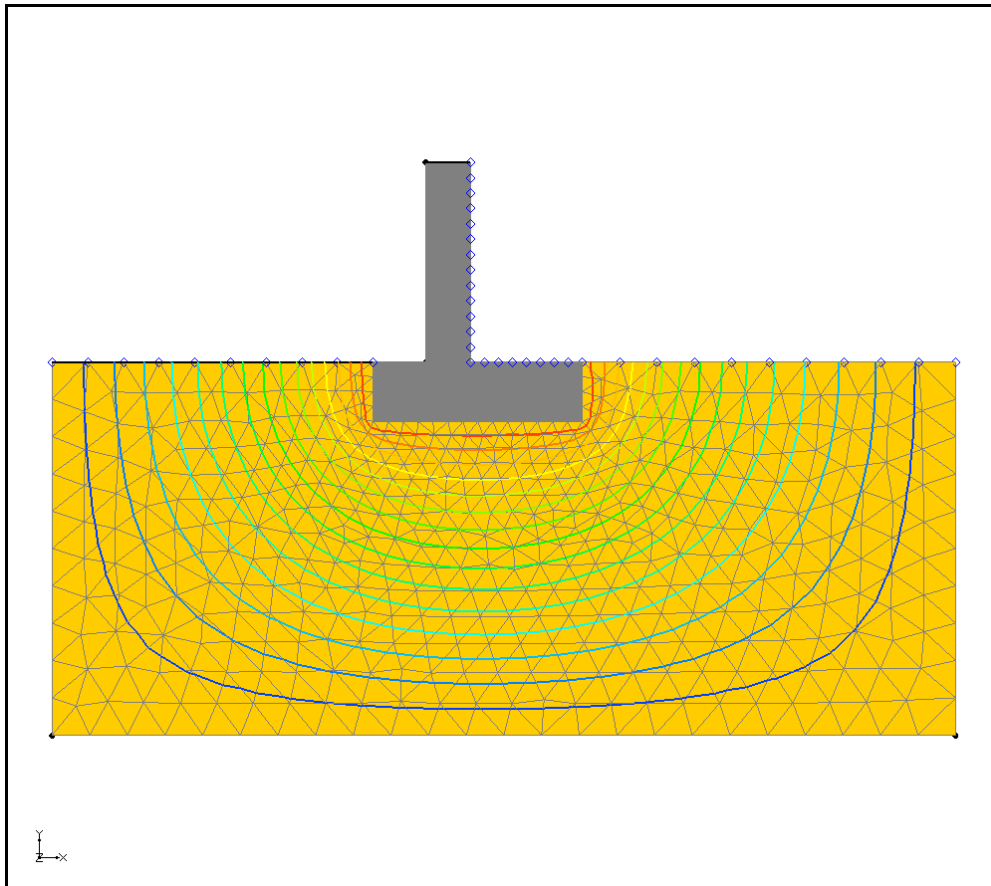






### 6.1.2.7 Muro tipo “D2” – lato Chiavari

La simulazione è stata condotta considerando un livello di piena pari a 6,64 m s.l.m. corrispondente alla quota in sommità del muro arginale. Il muro sottoposto a verifica è quello che considera una platea di fondazione di lunghezza pari a 2,8 m e spessore pari a 0,8 m. La successione stratigrafica fa riferimento alla condizione più permeabile riscontrata, e quindi più cautelativa, cioè al sondaggio n. 8.



Linee di flusso risultanti dalla simulazione (muro tipo “D5”)

La massima velocità di filtrazione che si riscontra all’interno del rilevato arginale risulta (in valore assoluto) pari a  $7,16 \times 10^{-5}$  m/s mentre la portata filtrante risulta pari a  $1,30 \times 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/s per metro lineare.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES





### 6.1.2.8 Verifica al sifonamento con il metodo del gradiente critico

Con riferimento al concetto di gradiente idraulico critico si ricorda che il movimento dell'acqua all'interno di un materiale granulare dà luogo ad un campo di pressioni neutre che possono arrivare ad annullare la pressione effettiva e di conseguenza le particelle di un terreno granulare possono essere trascinate dall'acqua in movimento.

Il metodo di verifica del gradiente critico consente di mettere a confronto i massimi gradienti che si determinano nel campo di filtrazione con il cosiddetto gradiente critico ottenuto imponendo l'equilibrio tra le forze stabilizzanti (forza peso) e le forze destabilizzanti (forza di filtrazione).

Il valore del gradiente critico, secondo fonti di letteratura, si aggira normalmente intorno all'unità (si tratta di un numero puro), mentre i massimi valori del gradiente all'interno del campo di moto si possono calcolare dividendo il massimo valore della velocità riscontrato per il valore della permeabilità del substrato all'interno del quale avviene il moto: il grado di sicurezza al sifonamento è tanto più elevato quanto più il gradiente così determinato è inferiore all'unità.

Con riferimento ai massimi valori di velocità riscontrati nella sezione si ottengono i seguenti valori del gradiente idraulico:

- (muro tipo "S2")  $3,91 \times 10^{-5} \text{ m/s} / 1 \times 10^{-4} \text{ m/s} = \mathbf{0.391}$
- (muro tipo "S3")  $5,18 \times 10^{-7} \text{ m/s} / 8,1 \times 10^{-7} \text{ m/s} = \mathbf{0.639}$
- (muro tipo "S4")  $3,78 \times 10^{-7} \text{ m/s} / 8,1 \times 10^{-7} \text{ m/s} = \mathbf{0.467}$
- (muro tipo "S4")  $3,97 \times 10^{-5} \text{ m/s} / 1 \times 10^{-4} \text{ m/s} = \mathbf{0.397}$
- (argine tipo "S5")  $2,55 \times 10^{-5} \text{ m/s} / 1 \times 10^{-4} \text{ m/s} = \mathbf{0.255}$
- (muro tipo "D5")  $6,92 \times 10^{-7} \text{ m/s} / 8,1 \times 10^{-7} \text{ m/s} = \mathbf{0.854}$
- (muro tipo "D2")  $7,16 \times 10^{-5} \text{ m/s} / 1 \times 10^{-4} \text{ m/s} = \mathbf{0.716}$

Il valori così ottenuti risultano inferiori a 1 e quindi la verifica al sifonamento risulta positiva; in altri termini le velocità di filtrazione che si instaurano all'interno del corpo arginale sono tali da non movimentare le particelle di terreno costituenti il rilevato arginale stesso.

### 6.1.2.9 Verifica delle velocità limite

Con questo metodo si confronta il massimo valore della velocità con alcuni valori caratteristici, dette *velocità limite*, oltre le quali si riscontra sperimentalmente un trascinarsi

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES





dei granuli di terreno. I valori delle *velocità limite* sono stati determinati in contesti diversi dal presente, normalmente nel campo di utilizzazione di pozzi per acqua. A questo scopo si considerano i seguenti valori (formula di Sichardt):

1. (muro tipo “S2”)	$V_{,limite} = \sqrt{k} / 15 = (1 \times 10^{-4})^{0.5} / 15 = 6,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
2. (muro tipo “S3”)	$V_{,limite} = \sqrt{k} / 15 = (8,1 \times 10^{-7})^{0.5} / 15 = 6,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
3. (muro tipo “S4”)	$V_{,limite} = \sqrt{k} / 15 = (8,1 \times 10^{-7})^{0.5} / 15 = 6,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
4. (muro tipo “S4”)	$V_{,limite} = \sqrt{k} / 15 = (1 \times 10^{-4})^{0.5} / 15 = 6,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
5. (argine tipo “S5”)	$V_{,limite} = \sqrt{k} / 15 = (1 \times 10^{-4})^{0.5} / 15 = 6,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
6. (muro tipo “D5”)	$V_{,limite} = \sqrt{k} / 15 = (8,1 \times 10^{-7})^{0.5} / 15 = 6,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
7. (muro tipo “D2”)	$V_{,limite} = \sqrt{k} / 15 = (1 \times 10^{-4})^{0.5} / 15 = 6,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Facendo sempre riferimento ai massimi valori massimi di velocità che si verificano all’interno del corpo arginale si ha:

1. (muro tipo “S2”)	$3,91 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
2. (muro tipo “S3”)	$5,18 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
3. (muro tipo “S4”)	$3,78 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
4. (muro tipo “S4”)	$3,97 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
5. (argine tipo “S5”)	$2,55 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
6. (muro tipo “D5”)	$6,92 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
7. (muro tipo “D2”)	$7,16 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

I valori limite sono sempre superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai valori di velocità massima riscontrati nel campo di moto e di conseguenza la verifica al sifonamento risulta positiva.

A scopo cautelativo è stata fatta inoltre un’analisi di sensitività variando i valori di permeabilità all’interno di un intervallo di valori compatibili con quelli proposti in letteratura per le tipologie di terreno riscontrate. L’analisi mette in evidenza che, anche utilizzando i valori di permeabilità più alti, le verifiche al sifonamento risultano comunque soddisfatte.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES





## 6.2 Verifiche della capacità portante dei terreni di fondazione

Il calcolo della capacità portante del terreno è stato effettuato relativamente alla condizione più gravosa.

La formula di Terzaghi per il caso di fondazioni superficiali ( $D/B \leq 4$ ), è:

$$q_{\text{lim}} = N_q \gamma D + N_c c + N_\gamma \gamma \frac{B}{2}$$

in cui:

$q_d$ : capacità portante,

$c$ : coesione,

$\gamma$ : peso specifico,

$N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ : coefficienti di portanza in corrispondenza ciascun valore di angolo di attrito,

$D$ : profondità e  $B$ : larghezza,

Nella fattispecie verranno considerati i seguenti parametri geotecnici per la sponda sinistra e destra che si considerano sufficientemente cautelativi:

angolo di attrito  $\varphi = 25^\circ$

coesione  $c = 0 \text{ t/m}^2$

Per una fondazione avente le caratteristiche geometriche come nel seguito riportato, si ha un valore di capacità portante pari a:

$$q_{\text{lim}} = 3.05 \text{ daN/cm}^2$$

A.T.I.:

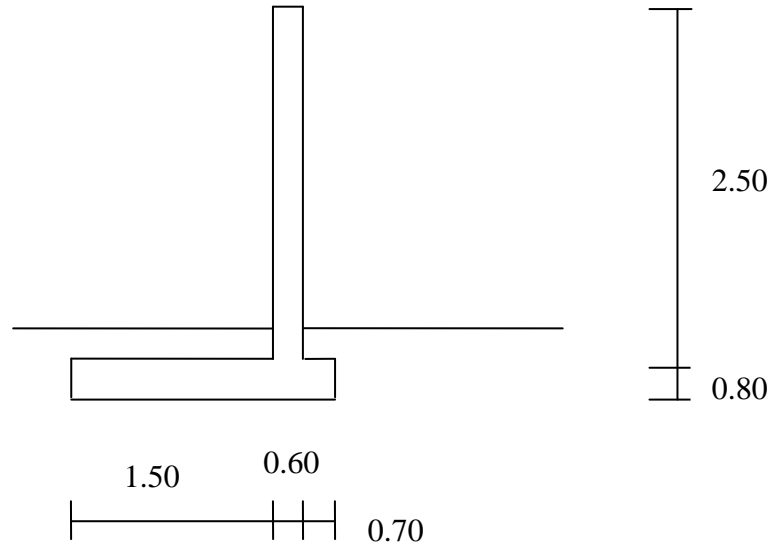


STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES





La capacità portante ammissibile del terreno calcolata utilizzando un fattore di sicurezza considerato pari a 2.30, ai sensi del decreto del DM 14.01.2008, risulta pari a:

$$q_{amm} = 1.30 \text{ daN/cm}^2$$

Nella sezione in oggetto, che risulta essere anche quella più gravosa per la tipologia di intervento in oggetto la pressione del terreno risulta pari a  $0.95 \text{ daN/cm}^2$  così come desumibile dalla Relazione di calcolo preliminare delle strutture.

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



## 7. PRESCRIZIONI PER LA FASE ESECUTIVA

La presenza di terreni prevalentemente ghiaioso sabbiosi non in falda in corrispondenza del piano fondazionale del muro arginale, caratterizza tutta l'area interessata dai lavori, così come lo scavo per la posa del collettore che però è a volte parzialmente in falda. L'utilizzo di adeguati sistemi di armatura degli scavi consentirà di evitare particolari problematiche geotecniche.

La falda potrà essere asportata dagli scavi solo mediante misure di intervento idonee (pompaggio e scarico in punti sufficientemente distanti, es.: direttamente in Entella).

In sostanza sia da un punto di vista geotecnico che idrogeologico anche dai risultati delle verifiche eseguite, con i dovuti accorgimenti progettuali i terreni presenti non evidenziano problematiche geotecniche significative, unicamente la tenuta dei fronti di scavo rappresenta una questione da tenere in debito conto.

Ad ogni buon conto bisogna tener presente che le trincee con pareti verticali, in terreni coerenti possono giungere fino a profondità pari all'altezza critica  $H_c$  senza necessità di sostegni (Terzaghi - Peck, 1967). I valori di  $H_c$  per argille di diversa consistenza sono approssimativamente i seguenti:

	Argilla molto molle	molle	di media consistenza
$H_c$ (in metri)	< 2,50	2,50 ÷ 5,00	5,00 ÷ 10,00

Per le sabbie incoerenti il valore di  $H_c$  dipende dal grado di coesione, esso è generalmente intorno ai 2 m, ma può essere anche maggiore.

Le prescrizioni di cui si dovrà tener conto nella fase di realizzazione dei lavori riguardano:

- l'instabilità del fronte di scavo che in relazione alla profondità massima delle trincee ed alle caratteristiche dei terreni potrebbe verificarsi soprattutto in presenza dei depositi alluvionali più sottili e in particolare livelli sabbiosi sciolti e/o livelli alterati di origine eluviale in presenza di falda. Viste le profondità di scavo, anche superiori a 4 m, le trincee dovranno essere sostenute mediante apposite armature con pannelli metallici e contrafforti orizzontali che preserveranno da cedimenti delle pareti garantendo l'incolumità degli operai;
- le acque di falda che saranno intercettate nel corso della realizzazione dei lavori di scavo e di posa del collettore, e che invaderanno gli scavi, dovranno essere asportate mediante adeguati sistemi di pompaggio con scarico lontano dalla zona di lavoro;

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL BACINO DEL FIUME  
ENTEELLA RELATIVAMENTE AL TRATTO TERMINALE – 1° LOTTO DALLA FOCE AL  
PONTE DELLA MADDALENA – 1° STRALCIO FUNZIONALE –  
PROGETTO DEFINITIVO  
REVISIONE GENERALE A SEGUITO DEL PARERE DEL C.T.B. REGIONALE DEL 08/03/2012  
E DELLE INDICAZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI

---

## ALLEGATO 1 – CARTA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE ESEGUITE (Promogeo, gennaio – marzo 2008) E STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

---

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02





COMMITTENTE



**Provincia di Genova  
Area 06**

OGGETTO DELLA COMMESSA

*Esecuzione indagini geognostiche finalizzate all'attività di progettazione d'interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del fiume Entella relativamente al tratto terminale nei comuni di Lavagna e Chiavari*

SIGLA ELABORATO

**1**

NOME ELABORATO

**Ubicazione sondaggi  
Stratigrafie sondaggi geognostici**

revisione

data elaborato

A

06/03/2008

-

-

-

-



**PRO.MO.GEO. S.r.l.** - Società di programmazione e monitoraggio geotecnico

**SEDE LEGALE E UFFICI**  
corso Svizzera, 4  
10143 TORINO  
Tel/fax 011.7493018

**SEDE REGIONALE**  
via D. Fiasella, 7/3  
16121 GENOVA  
tel/fax 010.583713

**Sito INTERNET:** <http://www.promogeo.it>  
inform. tecniche: [geologi@promogeo.it](mailto:geologi@promogeo.it)  
amministrato: [admin@promogeo.it](mailto:admin@promogeo.it)  
inform. generali: [info@promogeo.it](mailto:info@promogeo.it)

CF / P.IVA 06702740017 - Registro Imprese Ufficio di Torino n. 1928/1994 - R.E.A. n. 807040 - Capitale Sociale € 60.000,00 i.v.






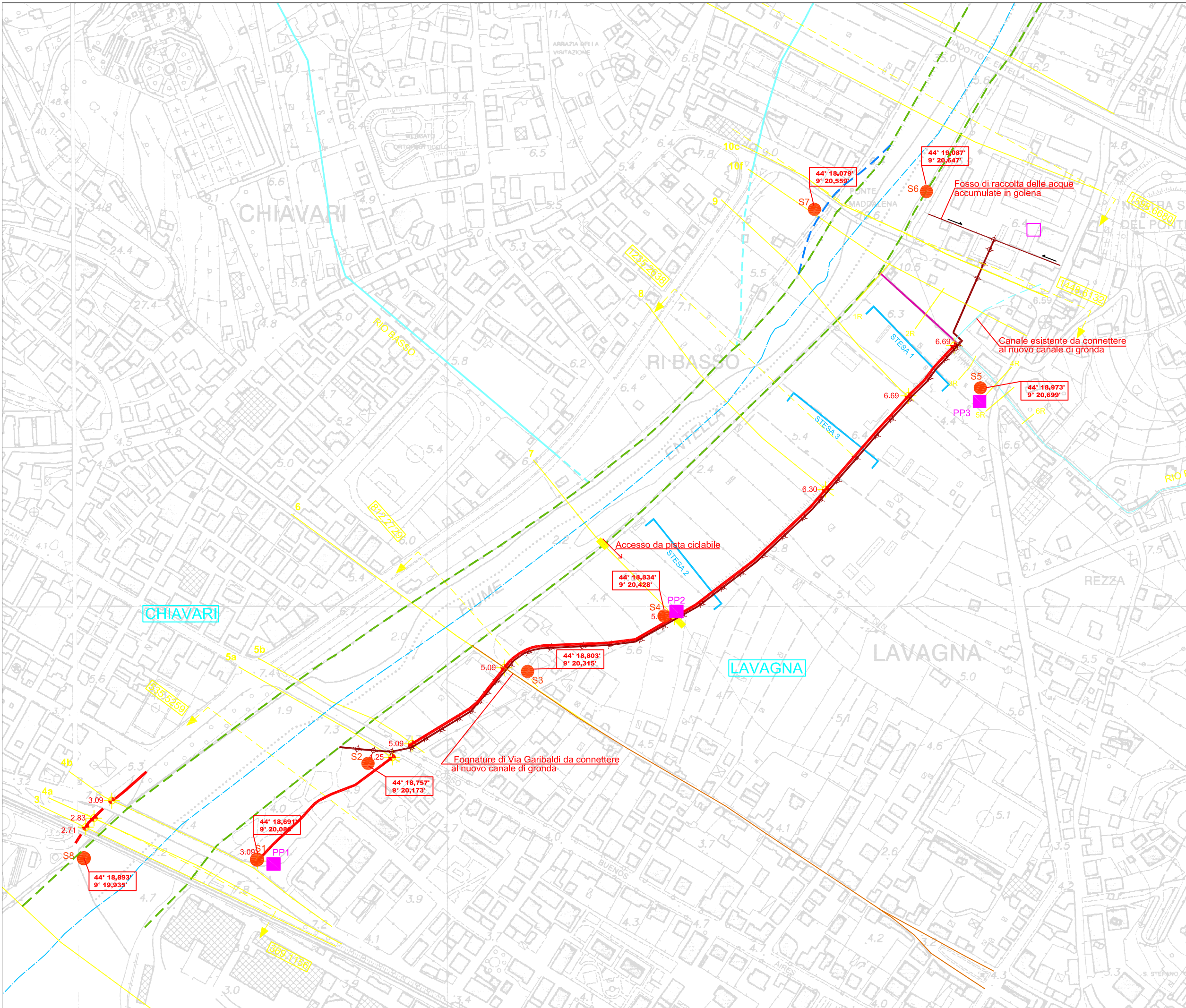


**UBICAZIONE INDAGINI  
GEOLOGICHE-GEOTECNICHE  
ALLEGATO ALLA RELAZIONE  
GEOLOGICA-GEOTECNICA**

1:4000

**LEGENDA**

-  S1 SONDAGGI GEONOSTICI A CAROTTAGGIO CONTINUO (prof. da p.c. 15 m)
-  PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE
-  PP1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE







Committente: **Provincia di Genova - area 06**

Sondaggio: **S 1**

Data inizio: **28/01/2008**

Cantiere: **Lavagna**

Quota caposaldo: **p.c.**

Data termine: **28/01/2008**

e-mail

info@promogeo.it

Quote			Risultato dei sondaggi					Idrogeologia		Geotecnica				Strumentazione				Perforazione				Annotazioni					
Quota assoluta (m)	Profondità (m)	Potenza strato (m)	Stratigrafia	Campioni	Percentuale di carotaggio	Rock Quality Designation	Descrizione dei litotipi	Livello della falda	Prove di permeabilità		Prove pressiometriche tipo Menard	Standard Penetration Test	Pocket Penetrometer (kg/cm <sup>2</sup> )	Torvane Shear Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Piezometro Casagrande	Assestometro	Estensimetro	Rivestimento	Metodo e diametro	Fluido	Utensili			Computo metrico	
									LUGEON profondità e U.L.	LEFRANC profondità e K (cm/s)													Carotiere semplice Corona di Widia	Carotiere doppio Corona di Widia	Carotiere doppio Corona diamantata		
0.00		0.40					Coltre vegetale areata composta da sabbia eterometrica con ghiaia medio-grossolana debolmente limoso. Clasti poligenici angolari. Umido. Materiale di riporto composto da limo con ghiaia sabbioso. Clasti poligenici angolari. Presenza di frammenti di laterizi e piastrelle disseminati. Umido. Beige.																			N° casse: 3 Rivest.(127): 15 m	
0.40		1.90					Ghiaia medio-grossolana con sabbia debolmente limoso. Plasti poligenici da arrotondati a ben arrotondati. Da umido a saturo. Colore bruno-beige.	29/01/2008, a fine sondaggio																		TUBO PIEZOMETRICO cieco: 3 m fenestrato: 6 m	
1.90		2.30																									
2.30		4.20																									
4.20		6.50					Sabbia medio-fine con limo. Saturo. Colore marrone-bruno.																				
6.50	0.50	7.00					Sabbia medio-fine debolmente limoso. Saturo. Colore bruno-marrone.																				
7.00	0.40	7.40			100		Ghiaia medio-grossolana con sabbia eterometrica debolmente limosa. Clasti poligenici da arrotondati a ben arrotondati. Saturo.																				
7.40		9.90					Sabbia debolmente limosa con sporadici clasti disseminati. Colore marrone.																				
9.90	0.60	10.50					Sabbia con ghiaia eterometrica debolmente limoso. Clasti poligenici arrotondati. Saturo. Colore marrone.																				
10.50	1.50	12.00					Sabbia medio-grossolana debolmente limosa con clasti disseminati. Colore marrone.																				
12.00	0.70	12.70					Sabbia fine con limo.																				
12.70	0.90	13.60					Ghiaia medio-grossolana con sabbia debolmente limosa. Clasti poligenici arrotondati. Saturo. Colore marrone.																				
13.60	1.40	15.00																									
15.00																											

APPROVATO DA:  
Dott. Geol. U. Tidici  
  
REDDATO DA:  
Dott. Geol. S. Battilana





Committente: **Provincia di Genova - area 06**

Sondaggio: **S 2**

Data inizio: **29/01/2008**

http://www.promogeo.it

Cantiere: **Lavagna**

Quota caposaldo: **p.c.**

Data termine: **29/01/2008**

e-mail

info@promogeo.it

Quote			Risultato dei sondaggi					Idrogeologia		Geotecnica				Strumentazione					Perforazione					Annotazioni
Quota assoluta (m)	Profondità (m)	Potenza strato (m)	Stratigrafia	Campioni	Percentuale di carotaggio	Rock Quality Designation	Descrizione dei litotipi	Livello della falda	Prove di permeabilità	Prove pressiometriche tipo Menard	Standard Penetration Test	Pocket Penetrometer (kg/cm <sup>2</sup> )	Torvane Shear Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Piezometro Casagrande	Assesistmetro	Estensimetro	Rivestimento	Metodo e diametro	Fluidi	Utensili	Computo metrico	
				CR campione rimaneggiato, CI campione indisturbato. Tipo, Sigla e profondità	20%, 40%, 60%, 80%	20%, 40%, 60%, 80%			LUGEON profondità e U.L., LEFRANC profondità e K (cm/s)		0, 10, 20, 30, 40, 50 N										Carotiere semplice Corona di Widia, Carotiere doppio Corona di Widia, Carotiere doppio Corona diamantata	N° casse: 3 Rivest.(127): 15 m		
0.00		1.05					Materiale di riporto composto da ghiaia medio-grossolana con sabbia limoso. Clasti poligenici angolari. Presenza di frammenti di laterizi e clacestruzzo disseminati. Colore beige-ocra.																	
	1.05	1.45					Limo con sabbia fine. Colore beige.																	
	2.50	2.70					Sabbia medio-fine con ghiaia debolmente limoso. Clasti poligenici arrotondati. Colore beige-grigio.																	
	3.00	0.30					Limo debolmente sabbioso. Molto umido. Colore grigio.																	
	5.00	2.00					Ghiaia grossolana con sabbia debolmente limosa. Presenza di ciottoli (diametro massimo 6-7 cm). Clasti poligenici ben arrotondati. Saturo. Colore bruno-grigio.				Prof.: 3,50 m 10 13 13													
	5.70	0.70					Sabbia medio-fine debolmente limoso.																	
	10.30	4.60				100	Ghiaia medio-grossolana con sabbia ciottoloso (diametro massimo 7-8 cm) debolmente limoso. Clasti poligenici arrotondati. Colore bruno-beige.	8,50			Prof.: 6,00 m 7 9 15													
	12.00	1.70				CI 1 10.40-11.00	Sabbia medio-fine debolmente limoso. Colore marrone-grigio.				Prof.: 9,00 m 9 11 13													
	15.00	3.00					Ghiaia medio-fine con sabbia debolmente limoso. Clasti poligenici ben arrotondati. Colore marrone.				Prof.: 11,00 m 3 5 9													
	15.00																							

La riproduzione anche parziale, del presente documento, o dei dati in esso contenuti, è subordinata alla preventiva autorizzazione da parte di PRO.MO.GEO. S.r.l. (Modello stratigrafia 1.0 11/02/03)

APPROVATO DA:  
Dott. Geol. U. Tidici

REDATTO DA:  
Dott. Geol. S. Battilana







Quote			Risultato dei sondaggi					Idrogeologia		Geotecnica			Strumentazione			Perforazione			Annotazioni					
Quota assoluta (m)	Profondità (m)	Potenza strato (m)	Stratigrafia	Campioni	Percentuale di carotaggio	Rock Quality Designation	Descrizione dei litotipi	Livello della falda	Prove di permeabilità	Standard Penetration Test	Pocket Penetrometer (kg/cm <sup>2</sup> )	Torvane Shear Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Piezometro Casagrande	Assestometro	Estensimetro	Rivestimento	Metodo e diametro	Utensili			Computo metrico	
																				Carotiere semplice Corona di Widia	Carotiere doppio Corona di Widia	Carotiere doppio Corona diamantata		
	0.00						Materiale di riporto composto da ghiaia con sabbia debolmente limoso. Clasti poligenici angolari. Asfalto al tetto. Presenza di elementi artificiali. Colore grigio.																N° casse: 3 Rivest.(127): 15 m	
	1.00	1.00					Limo debolmente sabbioso fine. Umido. Colore beige.																	
	2.60	1.60					Ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana ciottoloso (diametro massimo 7-8 cm) debolmente limoso. Clasti poligenici arrotondati. Saturo. Colore bruno-grigio.																	
	6.50						Sabbia grossolana ciottoloso (diametro massimo 6-7 cm) debolmente ghiaioso. Ciottoli poligenici arrotondati. Saturo. Colore grigio.																	
	6.90	0.40					Limo debolmente sabbioso con sporadici clasti e piccoli ciottoli disseminati. Saturo. Colore grigio.																	
	14.60						Sabbia medio-fine limoso. Colore grigio.																	
	15.00	0.40																						

APPROVATO DA:  
Dott. Geol. U. Tidici  
REDATTO DA:  
Dott. Geol. S. Battilana





Committente: **Provincia di Genova - area 06**  
Cantiere: **Lavagna**

Sondaggio: **S 4**  
Quota caposaldo: **p.c.**

Data inizio: **31/01/2008**  
Data termine: **31/01/2008**

Quote			Risultato dei sondaggi					Idrogeologia		Geotecnica				Strumentazione			Perforazione			Annotazioni							
Quota assoluta (m)	Profondità (m)	Potenza strato (m)	Stratigrafia	Campioni CR campione rimaneggiato, CI campione indisturbato.	Percentuale di carotaggio	Rock Quality Designation	Descrizione dei litotipi	Livello della falda	Prove di permeabilità LUGEON profondità e U.L.	LEFRANC profondità e K (cm/s)	Prove pressiometriche tipo Menard	Standard Penetration Test	Pocket Penetrometer (kg/cm <sup>2</sup> )	Torvane Shear Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Piezometro Casagrande	Assesometro	Estensimetro	Rivestimento	Metodo e diametro	Utensili			Computo metrico		
																						Carotiere semplice Corona di Widia	Carotiere doppio Corona di Widia	Carotiere doppio Corona diamantata			
	0.00																									N° casse: 3 Rivest.(127): 13.5 m	
				CI 1 4.40-5.00			Limo con argilla debolmente sabbioso. Colore da beige a grigio. ▶ Da 8.70 a 8.80 m livello di sabbia fine limosa. ▶ Da 13.10 a 13.20 m livello con resti vegetali (legno)	2.00																			
					100																						
	12.00						Sabbia con limo argilloso. Colore grigio.																				
	12.00	3.00																									
	15.00																										

APPROVATO DA:  
Dott. Geol. U. Tidici  
REDATTO DA:  
Dott. Geol. S. Battilana





Quote			Risultato dei sondaggi					Idrogeologia		Geotecnica			Strumentazione			Perforazione				Annotazioni									
Quota assoluta (m)	Profondità (m)	Potenza strato (m)	Stratigrafia	Campioni CR campione rimaneggiato, CI campione indisturbato. Tipo: Sigla e profondità	Percentuale di carotaggio 20% 40% 60% 80%	Rock Quality Designation 20% 40% 60% 80%	Descrizione dei litotipi	Livello della falda	Prove di permeabilità		Prove pressiometriche tipo Menard	Standard Penetration Test	Pocket Penetrometer (kg/cm <sup>2</sup> )	Torvane Shear Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Piezometro Casagrande	Assestometro	Estensimetro	Rivestimento	Metodo e diametro	Fluido	Utensili			Computo metrico N° casse: 3 Rivest.(127): 13.5 m			
									LUGEON profondità e U.L.	LEFRANC profondità e K (cm/s)													Carotiere semplice Corona di Widia	Carotiere doppio Corona di Widia	Carotiere doppio Corona diamantata				
	0.00						Ghiaia eterometrica con sabbia limosa. Clasti poligenici da angolari a tetto a ben arrotondati da 5.50 m. Saturo oltre 3.50 m. Colore marrone.																						
	7.40	7.40					Limo debolmente sabbioso con sporadici clasti disseminati. Colore grigio.				Prof: 4.00 m 6 7 9	16	1.00 1.50 1.00	0.60 0.80							127 mm								
	9.00	9.00		CI 1 9.00-9.60	100		Limo. Colore grigio.				Prof: 9.60 m 2 2 5	7	1.00 1.00 1.00	0.70 0.70	0.80 0.80 0.60 0.70 0.80 0.80 0.70	0.60 0.30 0.40													
	15.00									13.00 13.50	2.67 E-05		0.70 0.80 1.00 1.00	0.20 0.30	0.80 0.70 1.00 1.00	0.30 0.40													















Committente: **Provincia di Genova - area 06**

Sondaggio: **S 8**

Data inizio: **14/02/2008**

Cantiere: **Chiavari**

Quota caposaldo: **p.c.**

Data termine: **14/02/2008**

e-mail

info@promogeo.it

Quote			Risultato dei sondaggi				Idrogeologia	Geotecnica	Strumentazione					Perforazione				Annotazioni						
Quota assoluta (m)	Profondità (m)	Potenza strato (m)	Stratigrafia	Campioni	Percentuale di carotaggio	Rock Quality Designation	Descrizione dei litotipi	Prove di permeabilità	Prove pressiometriche tipo Menard	Standard Penetration Test	Pocket Penetrometer (kg/cm <sup>2</sup> )	Torvane Shear Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Piezometro Casagrande	Assestometro	Estensimetro	Rivestimento	Metodo e diametro	Fluidi	Utensili	Computo metrico N° casse: 3 Rivest.(127): 13 m		
				CR campione rimaneggiato, CI campione indisturbato.	20% 40% 60% 80%	20% 40% 60% 80%		LUGEON profondità e U.L.	LEFRANC profondità e K (cm/s)	0 10 20 30 40 50 N										Carotiere semplice Corona di Widia	Carotiere doppio Corona di Widia		Carotiere doppio Corona diamantata	
0.00	2.90						Ghiaia con sabbia ciottoloso (diametro massimo 6-7 cm) debolmente limoso. Clasti poligenici arrotondati. Presenza di frammenti artificiali e frammenti lignei.			Prof.: 3,00 m 4 5 7								127 mm	12					
2.90	5.10					100		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diametro massimo 7-8 cm) sabbioso debolmente limoso. Clasti poligenici arrotondati. Colore bruno.			Prof.: 6,00 m 8 9 11									20				
5.10	6.50							Ghiaia medio-grossolana con sabbia debolmente limosa. Presenza di piccoli ciottoli disseminati. Clasti poligenici arrotondati. Saturo. Colore bruno.			Prof.: 9,00 m 10 12 18									30				
6.50	14.50						Sabbia fine debolmente limoso. Colore grigio.			Prof.: 12,00 m 19 21 26									47					
14.50	15.00	0.50																	13.00					
15.00																			15.00					
																				Acqua limpida				

APPROVATO DA:  
Dott. Geol. U. Tidici  
  
REDATTO DA:  
Dott. Geol. S. Battilana





PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL BACINO DEL FIUME  
ENTELLA RELATIVAMENTE AL TRATTO TERMINALE – 1° LOTTO DALLA FOCE AL  
PONTE DELLA MADDALENA – 1° STRALCIO FUNZIONALE –  
PROGETTO DEFINITIVO  
REVISIONE GENERALE A SEGUITO DEL PARERE DEL C.T.B. REGIONALE DEL 08/03/2012  
E DELLE INDICAZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI

---

## ALLEGATO 2 – Documentazione fotografica dei sondaggi

---

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projenia  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



COMMITTENTE



**Provincia di Genova  
Area 06**

OGGETTO DELLA COMMESSA

*Esecuzione indagini geognostiche finalizzate all'attività di progettazione d'interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del fiume Entella relativamente al tratto terminale nei comuni di Lavagna e Chiavari*

SIGLA ELABORATO

**2**

NOME ELABORATO

**Documentazione fotografica**

revisione

data elaborato

A

06/03/2008



**PRO.MO.GEO. S.r.l.** - Società di programmazione e monitoraggio geotecnico

**SEDE LEGALE E UFFICI**  
corso Svizzera, 4  
10143 TORINO  
Tel/fax 011.7493018

**SEDE REGIONALE**  
via D. Fiasella, 7/3  
16121 GENOVA  
tel/fax 010.583713

**Sito INTERNET:** <http://www.promogeo.it>  
inform. tecniche: [geologi@promogeo.it](mailto:geologi@promogeo.it)  
amministrato: [admin@promogeo.it](mailto:admin@promogeo.it)  
inform. generali: [info@promogeo.it](mailto:info@promogeo.it)

CF / P.IVA 06702740017 - Registro Imprese Ufficio di Torino n. 1928/1994 - R.E.A. n. 807040 - Capitale Sociale € 60.000,00 i.v.

































PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL BACINO DEL FIUME  
ENTE LLA RELATIVAMENTE AL TRATTO TERMINALE – 1° LOTTO DALLA FOCE AL  
PONTE DELLA MADDALENA – 1° STRALCIO FUNZIONALE –  
PROGETTO DEFINITIVO  
REVISIONE GENERALE A SEGUITO DEL PARERE DEL C.T.B. REGIONALE DEL 08/03/2012  
E DELLE INDICAZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI

---

## ALLEGATO 3 – Prove penetrometriche dinamiche, Prove Lefranc, Sismi- ca a rifrazione

---

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



COMMITTENTE



**Provincia di Genova  
Area 06**

OGGETTO DELLA COMMESSA

*Esecuzione indagini geognostiche finalizzate all'attività di progettazione d'interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del fiume Entella relativamente al tratto terminale nei comuni di Lavagna e Chiavari*

SIGLA ELABORATO

**3**

NOME ELABORATO

**Prove penetrometriche dinamiche  
Prove Lefranc  
Sismica a rifrazione**

revisione

data elaborato

A

06/03/2008



**PRO.MO.GEO. S.r.l.** - Società di programmazione e monitoraggio geotecnico

**SEDE LEGALE E UFFICI**  
corso Svizzera, 4  
10143 TORINO  
Tel/fax 011.7493018

**SEDE REGIONALE**  
via D. Fiasella, 7/3  
16121 GENOVA  
tel/fax 010.583713

**Sito INTERNET:** <http://www.promogeo.it>  
inform. tecniche: [geologi@promogeo.it](mailto:geologi@promogeo.it)  
amministrato: [admin@promogeo.it](mailto:admin@promogeo.it)  
inform. generali: [info@promogeo.it](mailto:info@promogeo.it)

CF / P.IVA 06702740017 - Registro Imprese Ufficio di Torino n. 1928/1994 - R.E.A. n. 807040 - Capitale Sociale € 60.000,00 i.v.







# PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H.

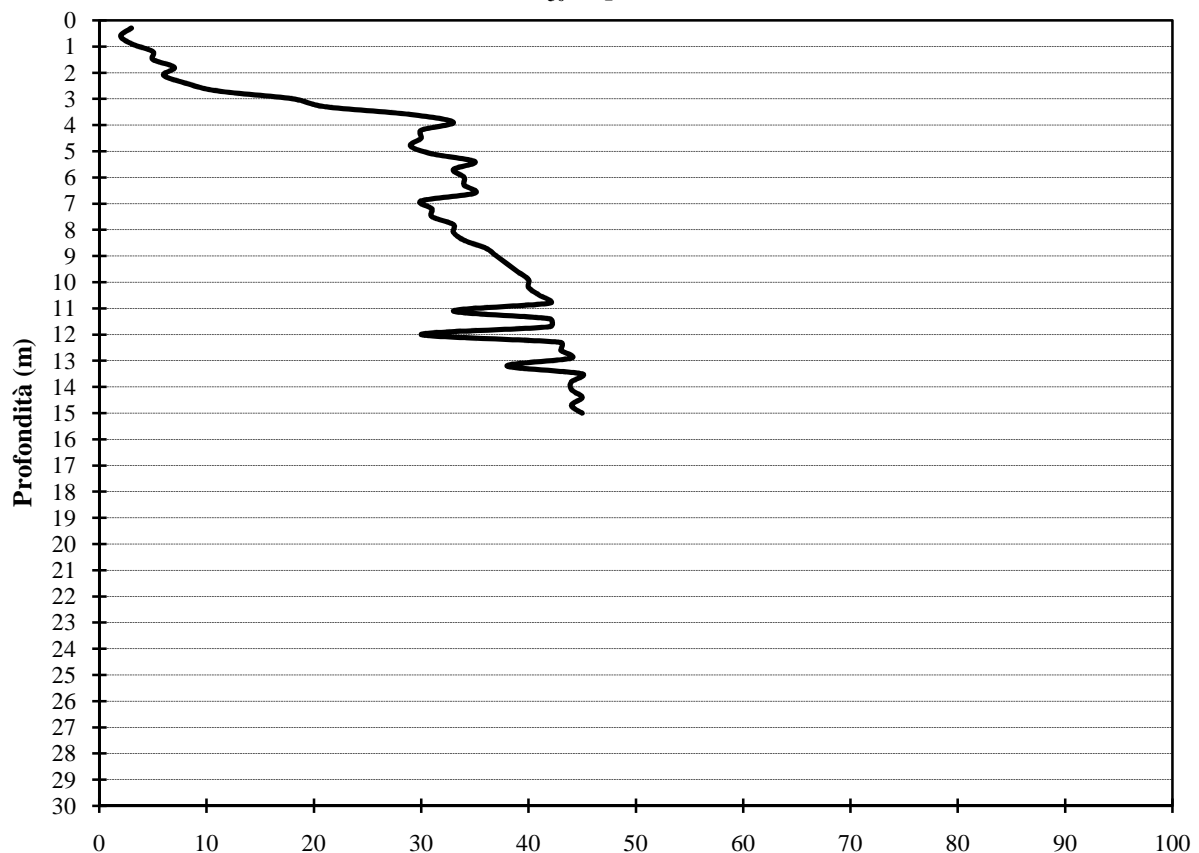
Committente: *Provincia di Genova*  
Località: *Lavagna*  
N° prova: *1*  
Data: *31/01/2008*

## RISULTATO PROVA

Profondità (m)	N <sub>30</sub>	Profondità (m)	N <sub>30</sub>	Profondità (m)	N <sub>30</sub>
0.30	3	6.90	30	13.50	45
0.60	2	7.20	31	13.80	44
0.90	3	7.50	31	14.10	44
1.20	5	7.80	33	14.40	45
1.50	5	8.10	33	14.70	44
1.80	7	8.40	34	15.00	45
2.10	6	8.70	36	15.30	0
2.40	8	9.00	37	15.60	0
2.70	11	9.30	38	15.90	0
3.00	18	9.60	39	16.20	0
3.30	21	9.90	40	16.50	0
3.60	29	10.20	40	16.80	0
3.90	33	10.50	41	17.10	0
4.20	30	10.80	42	17.40	0
4.50	30	11.10	33	17.70	0
4.80	29	11.40	42	18.00	0
5.10	31	11.70	42	18.30	0
5.40	35	12.00	30	18.60	0
5.70	33	12.30	43	18.90	0
6.00	34	12.60	43	19.20	0
6.30	34	12.90	44	19.50	0
6.60	35	13.20	38	19.80	0

Note:

N<sub>30</sub> colpi/30 cm





**PROVA PENETROMETRICA  
D.P.S.H.**

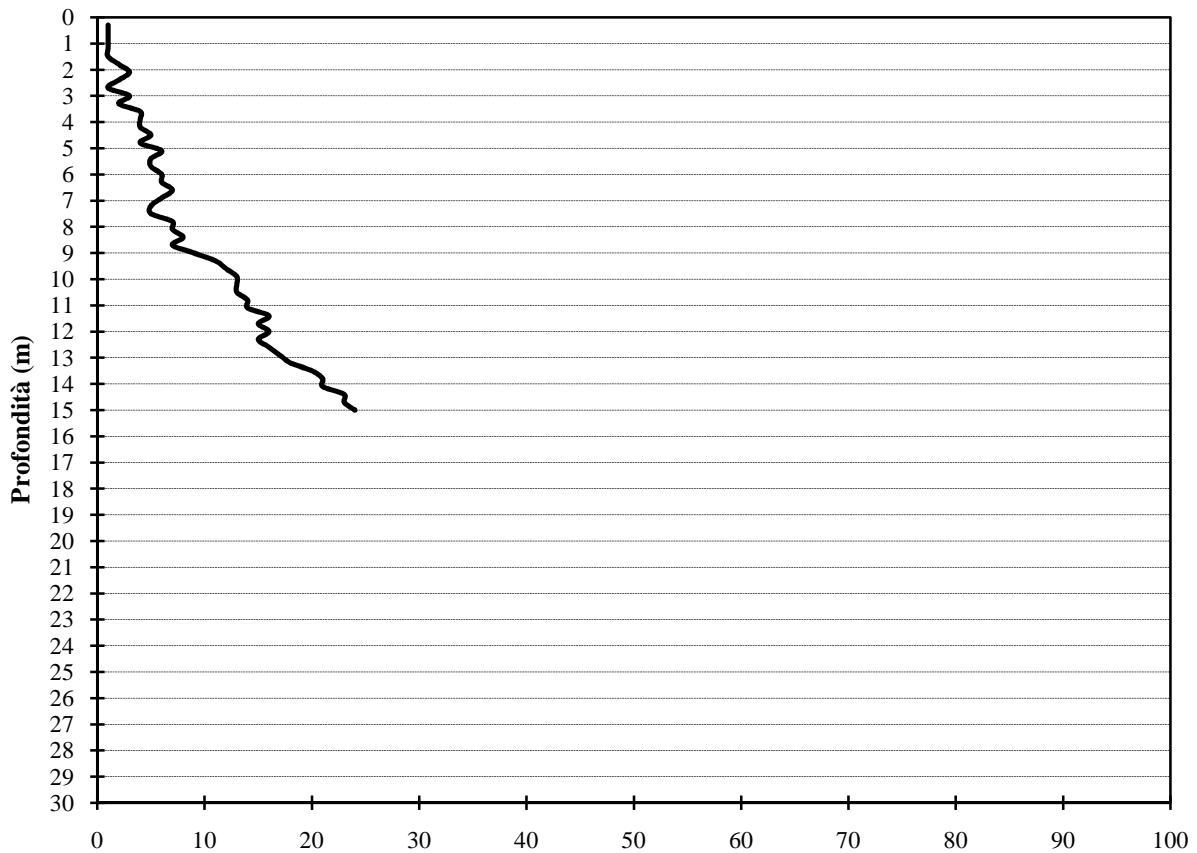
Committente: *Provincia di Genova*  
Località: *Lavagna*  
N° prova: *2*  
Data: *31/01/2008*

**RISULTATO PROVA**

Profondità (m)	N <sub>30</sub>	Profondità (m)	N <sub>30</sub>	Profondità (m)	N <sub>30</sub>
0.30	1	6.90	6	13.50	20
0.60	1	7.20	5	13.80	21
0.90	1	7.50	5	14.10	21
1.20	1	7.80	7	14.40	23
1.50	1	8.10	7	14.70	23
1.80	2	8.40	8	15.00	24
2.10	3	8.70	7	15.30	0
2.40	2	9.00	9	15.60	0
2.70	1	9.30	11	15.90	0
3.00	3	9.60	12	16.20	0
3.30	2	9.90	13	16.50	0
3.60	4	10.20	13	16.80	0
3.90	4	10.50	13	17.10	0
4.20	4	10.80	14	17.40	0
4.50	5	11.10	14	17.70	0
4.80	4	11.40	16	18.00	0
5.10	6	11.70	15	18.30	0
5.40	5	12.00	16	18.60	0
5.70	5	12.30	15	18.90	0
6.00	6	12.60	16	19.20	0
6.30	6	12.90	17	19.50	0
6.60	7	13.20	18	19.80	0

Note:

**N<sub>30</sub> colpi/30 cm**





**PROVA PENETROMETRICA  
D.P.S.H.**

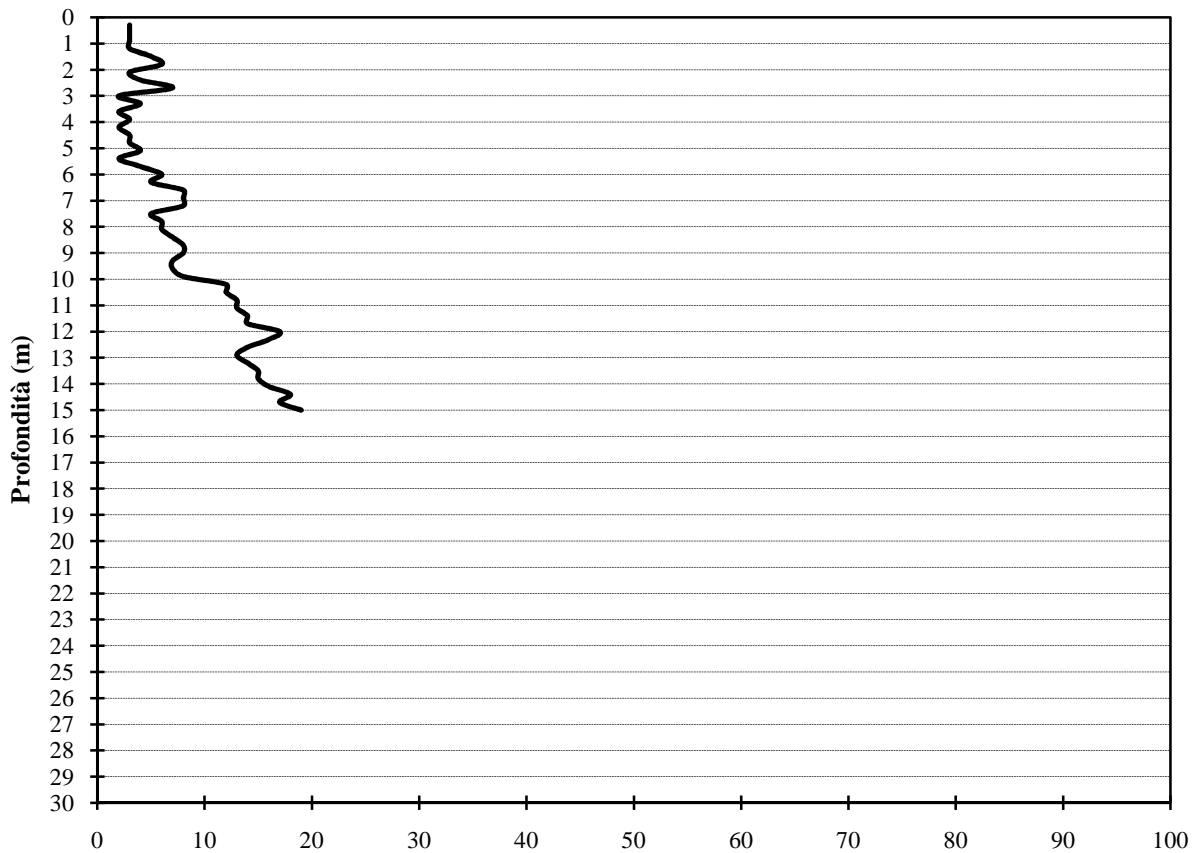
Committente: *Provincia di Genova*  
Località: *Lavagna*  
N° prova: *3*  
Data: *31/01/2008*

**RISULTATO PROVA**

Profondità (m)	N <sub>30</sub>	Profondità (m)	N <sub>30</sub>	Profondità (m)	N <sub>30</sub>
0.30	3	6.90	8	13.50	15
0.60	3	7.20	8	13.80	15
0.90	3	7.50	5	14.10	16
1.20	3	7.80	6	14.40	18
1.50	5	8.10	6	14.70	17
1.80	6	8.40	7	15.00	19
2.10	3	8.70	8	15.30	0
2.40	4	9.00	8	15.60	0
2.70	7	9.30	7	15.90	0
3.00	2	9.60	7	16.20	0
3.30	4	9.90	8	16.50	0
3.60	2	10.20	12	16.80	0
3.90	3	10.50	12	17.10	0
4.20	2	10.80	13	17.40	0
4.50	3	11.10	13	17.70	0
4.80	3	11.40	14	18.00	0
5.10	4	11.70	14	18.30	0
5.40	2	12.00	17	18.60	0
5.70	4	12.30	16	18.90	0
6.00	6	12.60	14	19.20	0
6.30	5	12.90	13	19.50	0
6.60	8	13.20	14	19.80	0

Note:

**N<sub>30</sub> colpi/30 cm**





# PROVA LEFRANC

## Carico costante

Committente: *Provincia di Genova*  
 Località: *Lavagna*  
 Sondaggio: *S1*  
 N° prova: *1*  
 Data: *28/01/2008*

### INFORMAZIONI GENERALI

**Camera**  
 Base m: 5.50  
 Tetto m: 5.50  
 Diametro mm: 127

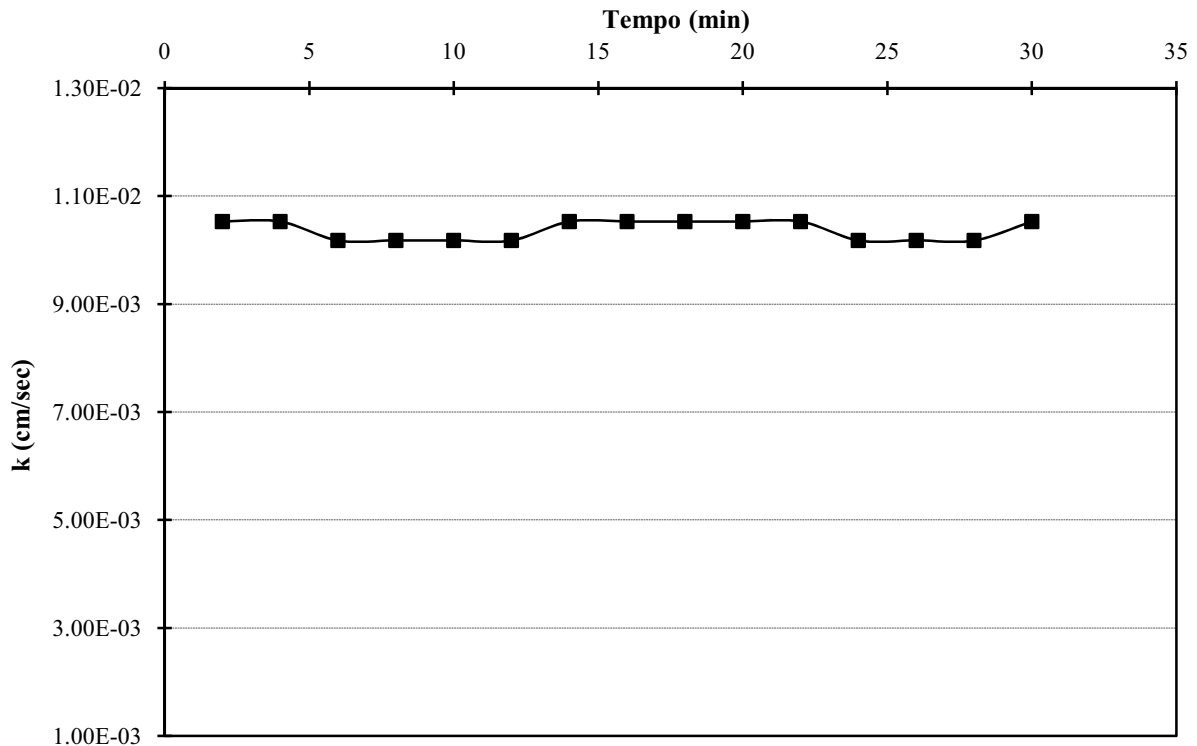
**Falda**  
 Profondità m: 3.10  
 Livello innalzato m: 3.40

### NOTE

Fondo filtrante piano in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Assorbimento parziale (l)	Assorbimento totale (l)	Portata parziale (l/sec)	K (m/sec)	K (cm/sec)	Note
0	0.00					
2	15.00	15.00	0.13	1.05E-04	1.05E-02	
4	15.00	30.00	0.13	1.05E-04	1.05E-02	
6	14.50	44.50	0.12	1.02E-04	1.02E-02	
8	14.50	59.00	0.12	1.02E-04	1.02E-02	
10	14.50	73.50	0.12	1.02E-04	1.02E-02	
12	14.50	88.00	0.12	1.02E-04	1.02E-02	
14	15.00	103.00	0.13	1.05E-04	1.05E-02	
16	15.00	118.00	0.13	1.05E-04	1.05E-02	
18	15.00	133.00	0.13	1.05E-04	1.05E-02	
20	15.00	148.00	0.13	1.05E-04	1.05E-02	
22	15.00	163.00	0.13	1.05E-04	1.05E-02	
24	14.50	177.50	0.12	1.02E-04	1.02E-02	
26	14.50	192.00	0.12	1.02E-04	1.02E-02	
28	14.50	206.50	0.12	1.02E-04	1.02E-02	
30	15.00	221.50	0.13	1.05E-04	1.05E-02	





# PROVA LEFRANC

## Carico costante

Committente: **Provincia di Genova**  
 Località: **Lavagna**  
 Sondaggio: **S2**  
 N° prova: **1**  
 Data: **29/01/2008**

### INFORMAZIONI GENERALI

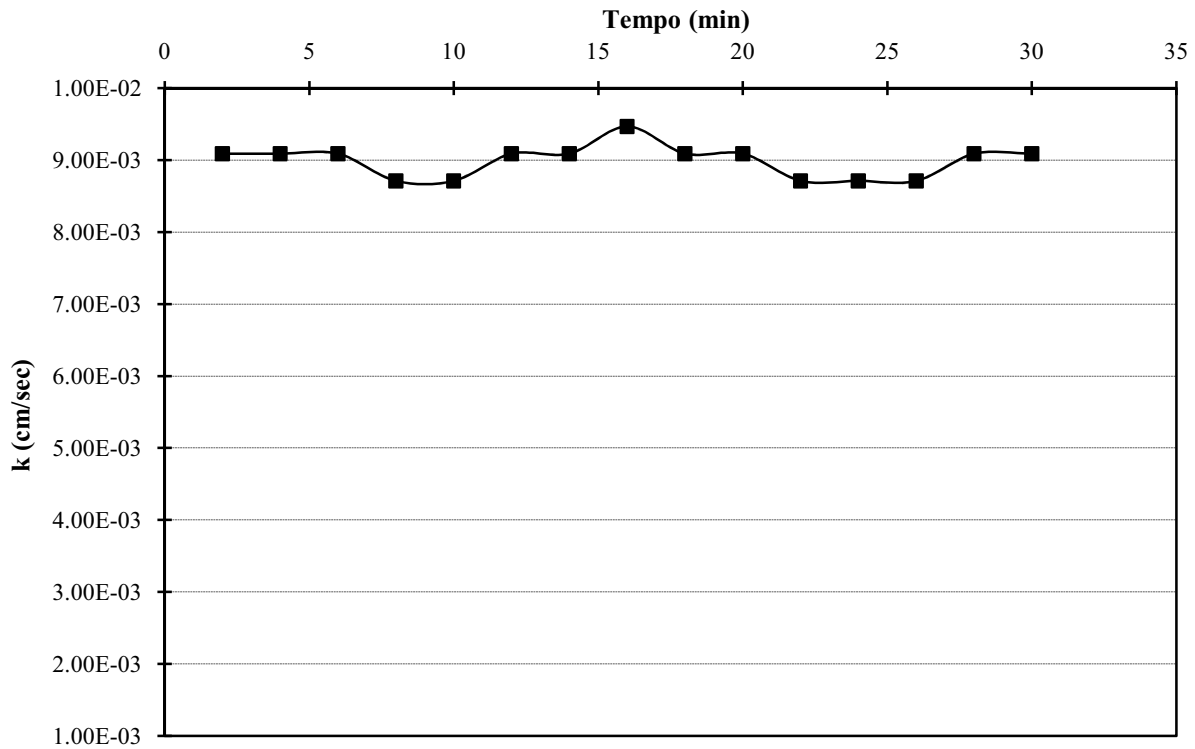
<b>Camera</b>	<b>Falda</b>
Base m: 8.50	Profondità m: 2.90
Tetto m: 8.50	Livello
Diametro mm: 127	innalzato m: 3.15

### NOTE

Fondo filtrante piano in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Assorbimento parziale (l)	Assorbimento totale (l)	Portata parziale (l/sec)	K (m/sec)	K (cm/sec)	Note
0	0.00					
2	12.00	12.00	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
4	12.00	24.00	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
6	12.00	36.00	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
8	11.50	47.50	0.10	8.71E-05	8.71E-03	
10	11.50	59.00	0.10	8.71E-05	8.71E-03	
12	12.00	71.00	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
14	12.00	83.00	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
16	12.50	95.50	0.10	9.47E-05	9.47E-03	
18	12.00	107.50	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
20	12.00	119.50	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
22	11.50	131.00	0.10	8.71E-05	8.71E-03	
24	11.50	142.50	0.10	8.71E-05	8.71E-03	
26	11.50	154.00	0.10	8.71E-05	8.71E-03	
28	12.00	166.00	0.10	9.09E-05	9.09E-03	
30	12.00	178.00	0.10	9.09E-05	9.09E-03	





# PROVA LEFRANC

## Carico costante

Committente: *Provincia di Genova*  
 Località: *Lavagna*  
 Sondaggio: *S3*  
 N° prova: *1*  
 Data: *30/01/2008*

### INFORMAZIONI GENERALI

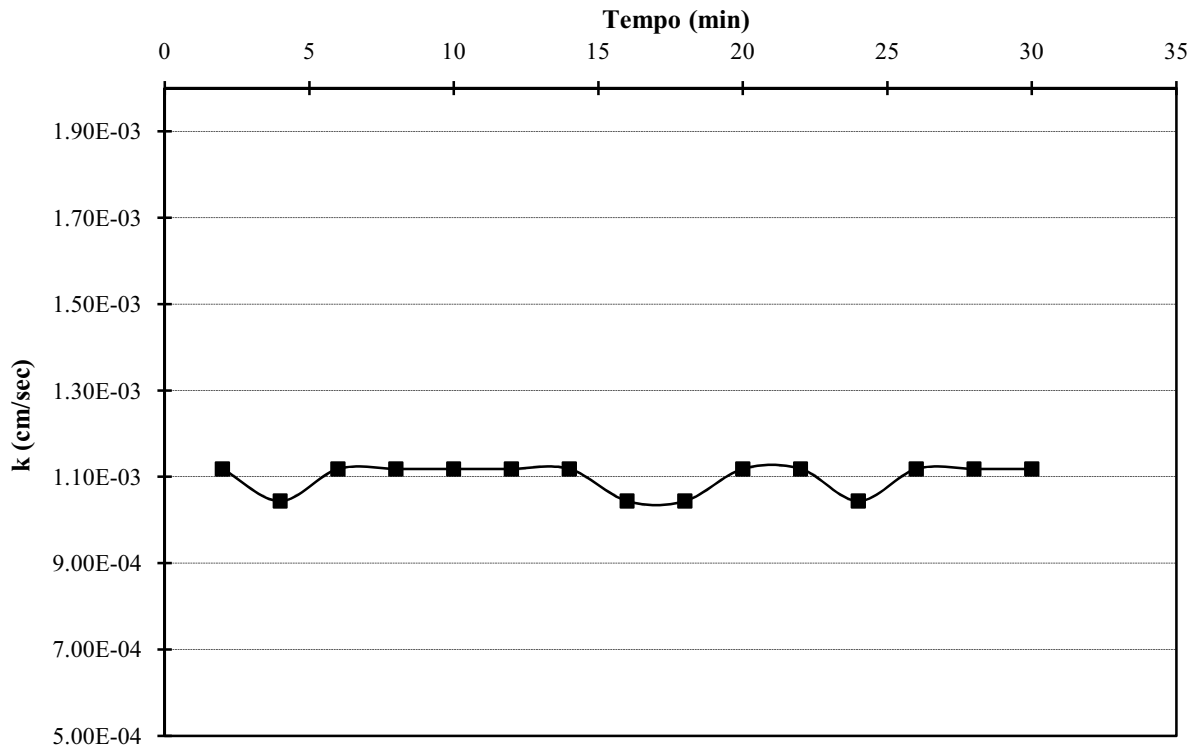
<b>Camera</b>	<b>Falda</b>
Base m: 7.50	Profondità m: 3.00
Tetto m: 7.50	Livello
Diametro mm: 127	innalzato m: 3.20

### NOTE

Fondo filtrante piano in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Assorbimento parziale (l)	Assorbimento totale (l)	Portata parziale (l/sec)	K (m/sec)	K (cm/sec)	Note
0	0.00					
2	1.50	1.50	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
4	1.40	2.90	0.01	1.04E-05	1.04E-03	
6	1.50	4.40	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
8	1.50	5.90	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
10	1.50	7.40	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
12	1.50	8.90	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
14	1.50	10.40	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
16	1.40	11.80	0.01	1.04E-05	1.04E-03	
18	1.40	13.20	0.01	1.04E-05	1.04E-03	
20	1.50	14.70	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
22	1.50	16.20	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
24	1.40	17.60	0.01	1.04E-05	1.04E-03	
26	1.50	19.10	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
28	1.50	20.60	0.01	1.12E-05	1.12E-03	
30	1.50	22.10	0.01	1.12E-05	1.12E-03	





# PROVA LEFRANC

## Carico variabile

Committente: **Provincia di Genova**  
 Località: **Lavagna**  
 Sondaggio: **S4**  
 N° prova: **1**  
 Data: **31/01/2008**

### INFORMAZIONI GENERALI

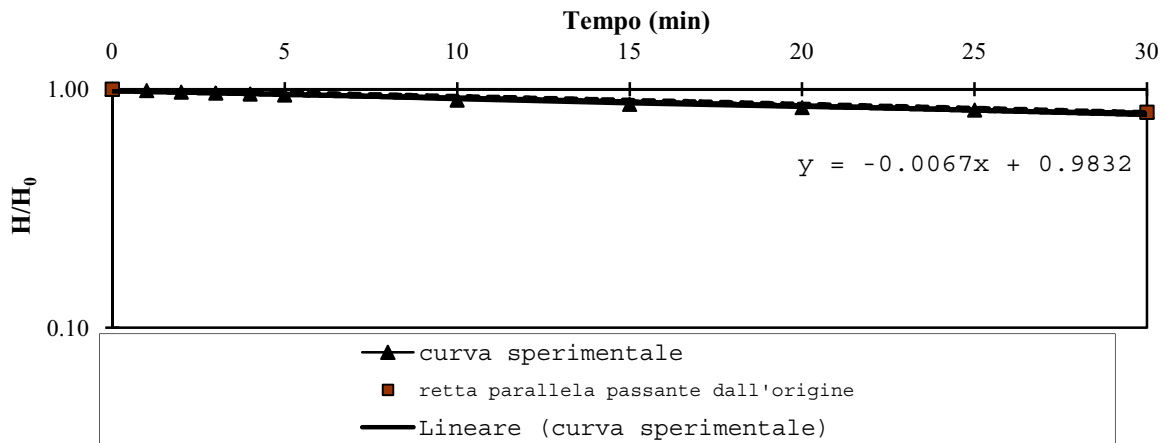
<b>Camera</b>	<b>Falda</b>
Base m: 9.50	Profondità m: 2.00
Tetto m: 9.00	Livello
Diametro m 101	innalzato m: 2.20

### NOTE

Filtro cilindrico in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Abbassamento (m)	H <sub>0</sub>	H	H/H <sub>0</sub>	Note	
0	0.00	2.20	2.20	1.00	H <sub>0</sub> livello innalzato rispetto alla base della camera o alla superficie piezometrica	
1	0.03	2.20	2.17	0.99		
2	0.06	2.20	2.14	0.97		
3	0.08	2.20	2.12	0.96		
4	0.10	2.20	2.10	0.95		
5	0.12	2.20	2.08	0.95		
10	0.22	2.20	1.98	0.90		
15	0.30	2.20	1.90	0.86		
20	0.36	2.20	1.84	0.84		
25	0.40	2.20	1.80	0.82		
30	0.43	2.20	1.77	0.80		
						H livello dinamico acqua nel foro



### CALCOLO PERMEABILITA'

Retta parallela a curva sperimentale:  $y = -0,0067x + 0,9832$

Area sez. trasversale (A): 8.01E-03 m<sup>2</sup>  
 Fattore di forma (F): 1.74E+00 m  
 Tempo di riequilibrio (T): 5.64E+03 sec  
 Coefficiente di permeabilità  $K = A/F*T$

8.14E-07 m/sec  
 8.14E-05 cm/sec



# PROVA LEFRANC

## Carico variabile

Committente: **Provincia di Genova**  
 Località: **Lavagna**  
 Sondaggio: **S5**  
 N° prova: **1**  
 Data: **08/02/2008**

### INFORMAZIONI GENERALI

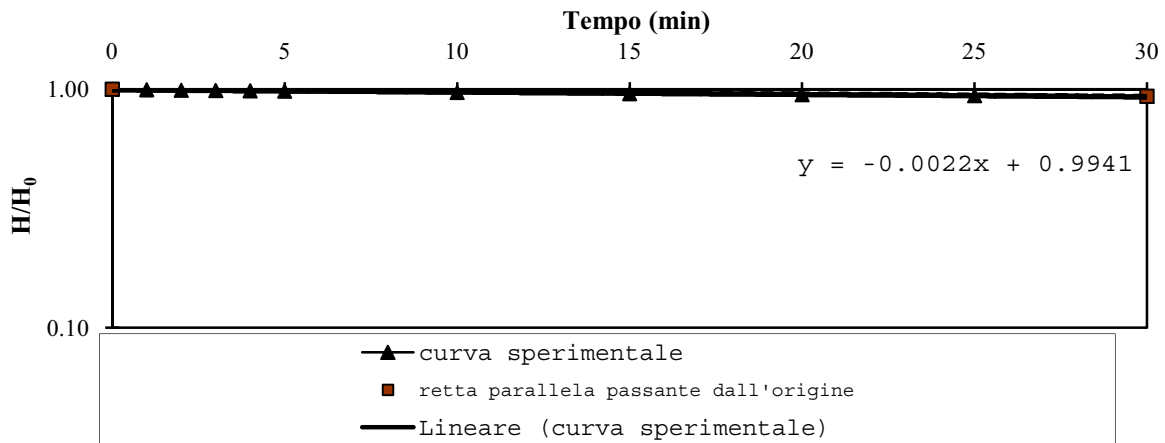
<b>Camera</b>	<b>Falda</b>
Base m: 13.50	Profondità m: 3.50
Tetto m: 13.00	Livello
Diametro m 101	innalzato m: 3.80

### NOTE

Filtro cilindrico in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Abbassamento (m)	H <sub>0</sub>	H	H/H <sub>0</sub>	Note	
0	0.00	3.80	3.80	1.00	H <sub>0</sub> livello innalzato rispetto alla base della camera o alla superficie piezometrica	
1	0.02	3.80	3.78	0.99		
2	0.04	3.80	3.76	0.99		
3	0.05	3.80	3.75	0.99		
4	0.06	3.80	3.74	0.98		
5	0.07	3.80	3.73	0.98		
10	0.12	3.80	3.68	0.97		
15	0.16	3.80	3.64	0.96		
20	0.20	3.80	3.60	0.95		
25	0.23	3.80	3.57	0.94		
30	0.25	3.80	3.55	0.93		
						H livello dinamico acqua nel foro



### CALCOLO PERMEABILITA'

Retta parallela a curva sperimentale:  $y = -0,0022x + 0,9941$   
 Area sez. trasversale (A): 8.01E-03 m<sup>2</sup>  
 Fattore di forma (F): 1.74E+00 m  
 Tempo di riequilibrio (T): 1.72E+04 sec  
 Coefficiente di permeabilità  $K = A/F*T$

	2.67E-07	m/sec
	2.67E-05	cm/sec





# PROVA LEFRANC

## Carico costante

Committente: *Provincia di Genova*  
 Località: *Lavagna*  
 Sondaggio: *S6*  
 N° prova: *1*  
 Data: *11/02/2008*

### INFORMAZIONI GENERALI

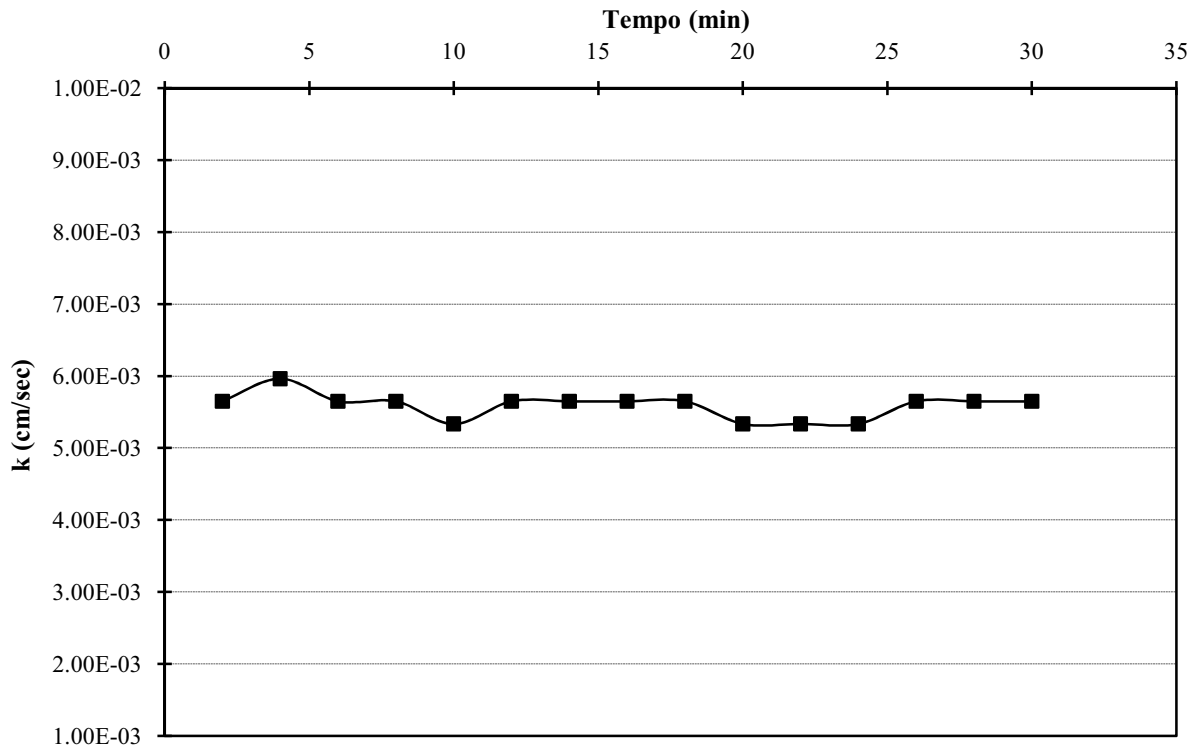
<b>Camera</b>	<b>Falda</b>
Base m: 4.00	Profondità m: 3.50
Tetto m: 4.00	Livello
Diametro mm: 127	innalzato m: 3.80

### NOTE

Fondo filtrante piano in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Assorbimento parziale (l)	Assorbimento totale (l)	Portata parziale (l/sec)	K (m/sec)	K (cm/sec)	Note
0	0.00					
2	9.00	9.00	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
4	9.50	18.50	0.08	5.97E-05	5.97E-03	
6	9.00	27.50	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
8	9.00	36.50	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
10	8.50	45.00	0.07	5.34E-05	5.34E-03	
12	9.00	54.00	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
14	9.00	63.00	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
16	9.00	72.00	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
18	9.00	81.00	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
20	8.50	89.50	0.07	5.34E-05	5.34E-03	
22	8.50	98.00	0.07	5.34E-05	5.34E-03	
24	8.50	106.50	0.07	5.34E-05	5.34E-03	
26	9.00	115.50	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
28	9.00	124.50	0.08	5.65E-05	5.65E-03	
30	9.00	133.50	0.08	5.65E-05	5.65E-03	





# PROVA LEFRANC

## Carico costante

Committente: **Provincia di Genova**  
 Località: **Chiavari**  
 Sondaggio: **S7**  
 N° prova: **1**  
 Data: **13/02/2008**

### INFORMAZIONI GENERALI

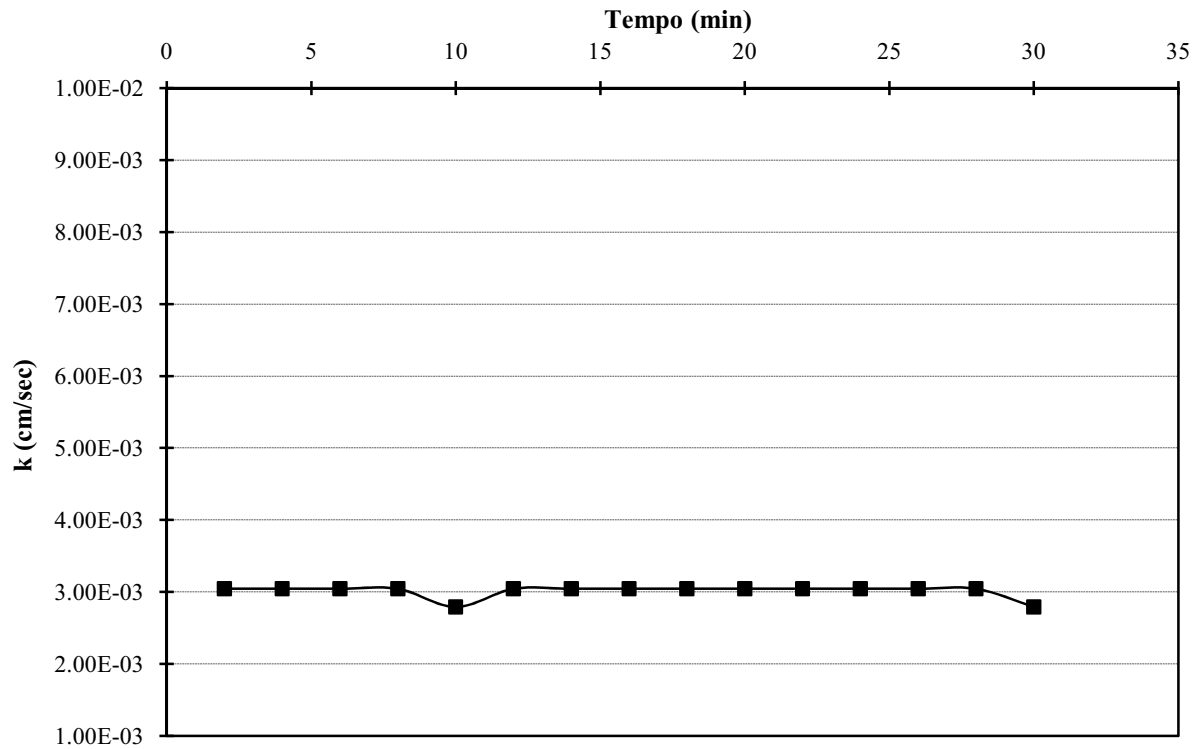
<b>Camera</b>		<b>Falda</b>	
Base m:	6.00	Profondità m:	4.50
Tetto m:	6.00	Livello	
Diametro mm:	127	innalzato m:	4.70

### NOTE

Fondo filtrante piano in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Assorbimento parziale (l)	Assorbimento totale (l)	Portata parziale (l/sec)	K (m/sec)	K (cm/sec)	Note
0	0.00					
2	6.00	6.00	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
4	6.00	12.00	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
6	6.00	18.00	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
8	6.00	24.00	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
10	5.50	29.50	0.05	2.79E-05	2.79E-03	
12	6.00	35.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
14	6.00	41.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
16	6.00	47.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
18	6.00	53.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
20	6.00	59.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
22	6.00	65.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
24	6.00	71.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
26	6.00	77.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
28	6.00	83.50	0.05	3.05E-05	3.05E-03	
30	5.50	89.00	0.05	2.79E-05	2.79E-03	





# PROVA LEFRANC

## Carico costante

Committente: **Provincia di Genova**  
 Località: **Chiavari**  
 Sondaggio: **S7**  
 N° prova: **2**  
 Data: **13/02/2008**

### INFORMAZIONI GENERALI

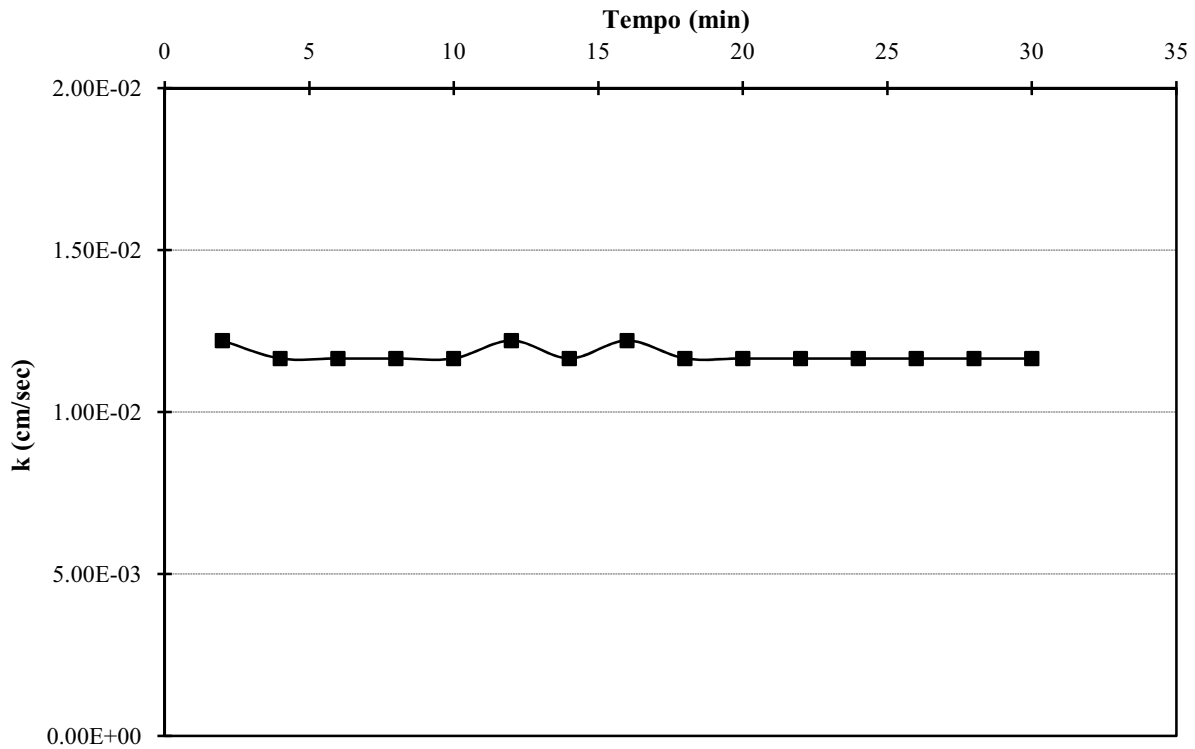
<b>Camera</b>		<b>Falda</b>	
Base m:	12.00	Profondità m:	4.00
Tetto m:	12.00	Livello	
Diametro mm:	127	innalzato m:	4.30

### NOTE

Fondo filtrante piano in terreno uniforme

### DATI PROVA

Tempo (min)	Assorbimento parziale (l)	Assorbimento totale (l)	Portata parziale (l/sec)	K (m/sec)	K (cm/sec)	Note
0	0.00					
2	22.00	22.00	0.18	1.22E-04	1.22E-02	
4	21.00	43.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
6	21.00	64.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
8	21.00	85.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
10	21.00	106.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
12	22.00	128.00	0.18	1.22E-04	1.22E-02	
14	21.00	149.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
16	22.00	171.00	0.18	1.22E-04	1.22E-02	
18	21.00	192.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
20	21.00	213.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
22	21.00	234.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
24	21.00	255.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
26	21.00	276.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
28	21.00	297.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	
30	21.00	318.00	0.18	1.17E-04	1.17E-02	





Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## INDAGINE SISIMICA A RIFRAZIONE

Committente:	Provincia di Genova - Area 06	Sistema di acquisizione:	PASI 16SG24
Località:	Lavagna (GE)	Sistema energizzazione:	Fucile
Stendimento:	1	Data:	06/02/2008

### RISULTATO INDAGINE

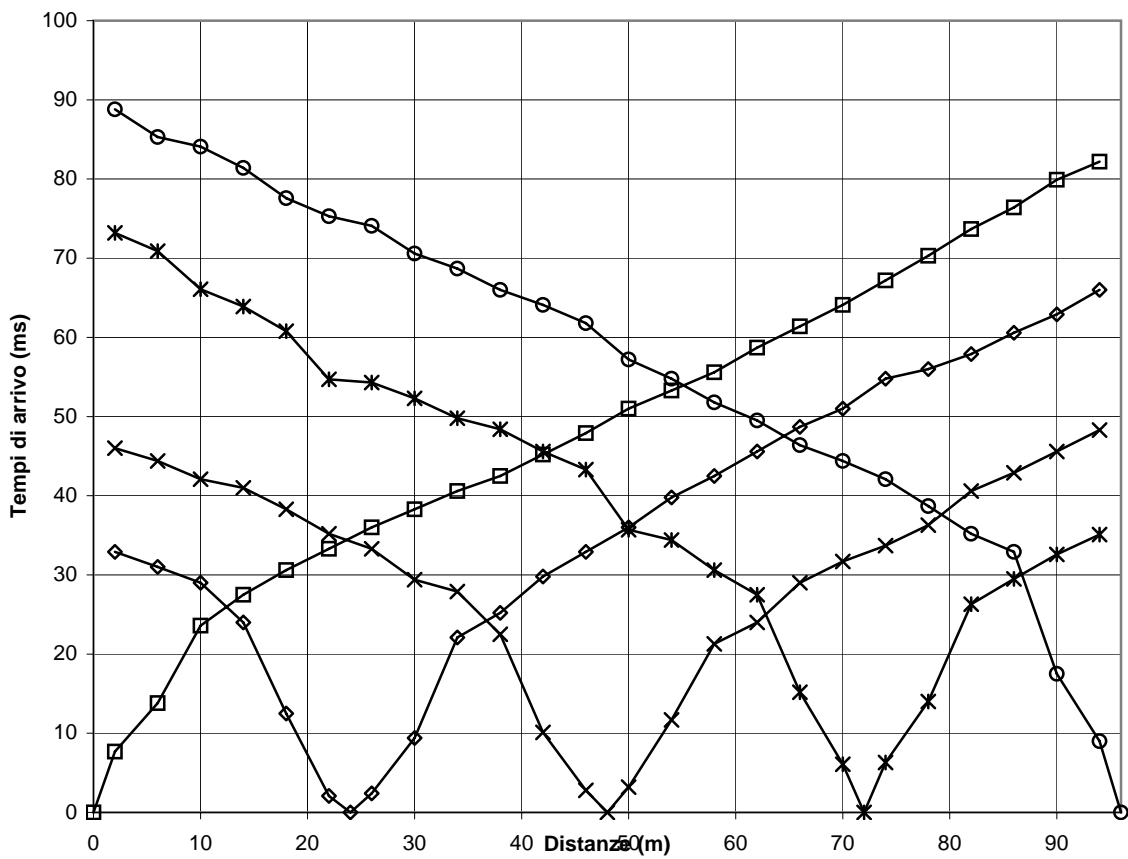
Numero geofono	Distanza (m)	Tempi di primo arrivo (ms)				
		Scoppio 1	Scoppio 2	Scoppio 3	Scoppio 4	Scoppio 5
Geofono 1	2.00	7.69	32.90	46.00	73.19	88.80
Geofono 2	6.00	13.80	31.00	44.40	70.90	85.30
Geofono 3	10.00	23.60	29.00	42.09	66.08	84.09
Geofono 4	14.00	27.50	24.00	41.00	63.90	81.40
Geofono 5	18.00	30.60	12.50	38.29	60.79	77.59
Geofono 6	22.00	33.29	2.09	35.20	54.70	75.30
Geofono 7	26.00	36.00	2.40	33.29	54.29	74.09
Geofono 8	30.00	38.29	9.39	29.39	52.29	70.59
Geofono 9	34.00	40.59	22.10	27.89	49.79	68.69
Geofono 10	38.00	42.50	25.20	22.50	48.40	66.00
Geofono 11	42.00	45.20	29.79	10.10	45.59	64.09
Geofono 12	46.00	47.90	32.90	2.79	43.29	61.79
Geofono 13	50.00	51.00	36.00	3.20	35.70	57.20
Geofono 14	54.00	53.29	39.79	11.69	34.40	54.79
Geofono 15	58.00	55.59	42.50	21.29	30.60	51.79
Geofono 16	62.00	58.70	45.59	24.00	27.50	49.50
Geofono 17	66.00	61.40	48.70	29.00	15.18	46.40
Geofono 18	70.00	64.09	51.00	31.70	6.09	44.40
Geofono 19	74.00	67.19	54.79	33.70	6.30	42.09
Geofono 20	78.00	70.30	56.00	36.29	14.00	38.70
Geofono 21	82.00	73.69	57.90	40.59	26.29	35.20
Geofono 22	86.00	76.40	60.59	42.90	29.50	32.90
Geofono 23	90.00	79.90	62.90	45.59	32.59	17.50
Geofono 24	94.00	82.19	66.00	48.29	35.09	9.00
Distanza scoppi m		0.00	24.00	48.00	72.00	96.00

### ELABORAZIONE (Metodo delle intercette)

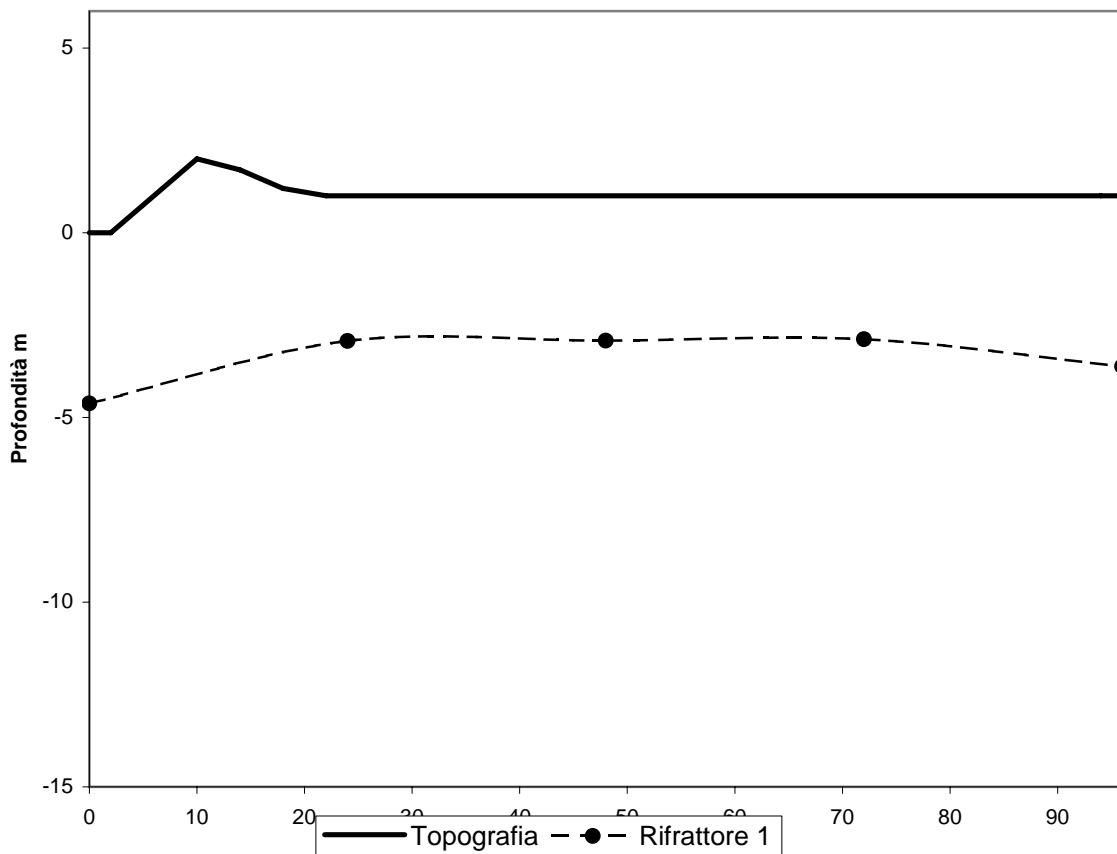
Scoppio n°	Ubicazione (m)	Profondità (m)		Velocità (m/s)		
		Rifratore 1	Rifratore 2	Strato 1	Strato 2	Strato 3
1	0.00	4.62	-	502	1472	-
2	24.00	3.93	-	434	1391	-
3	48.00	3.92	-	456	1450	-
4	72.00	3.88	-	371	1351	-
5	96.00	4.62	-	335	1511	-

### NOTE

DROMOCROME



PROFILO





Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## INDAGINE SISIMICA A RIFRAZIONE

Committente:	Provincia di Genova - Area 06	Sistema di acquisizione:	PASI 16SG24
Località:	Lavagna (GE)	Sistema energizzazione:	Fucile
Stendimento:	2	Data:	06/02/2008

### RISULTATO INDAGINE

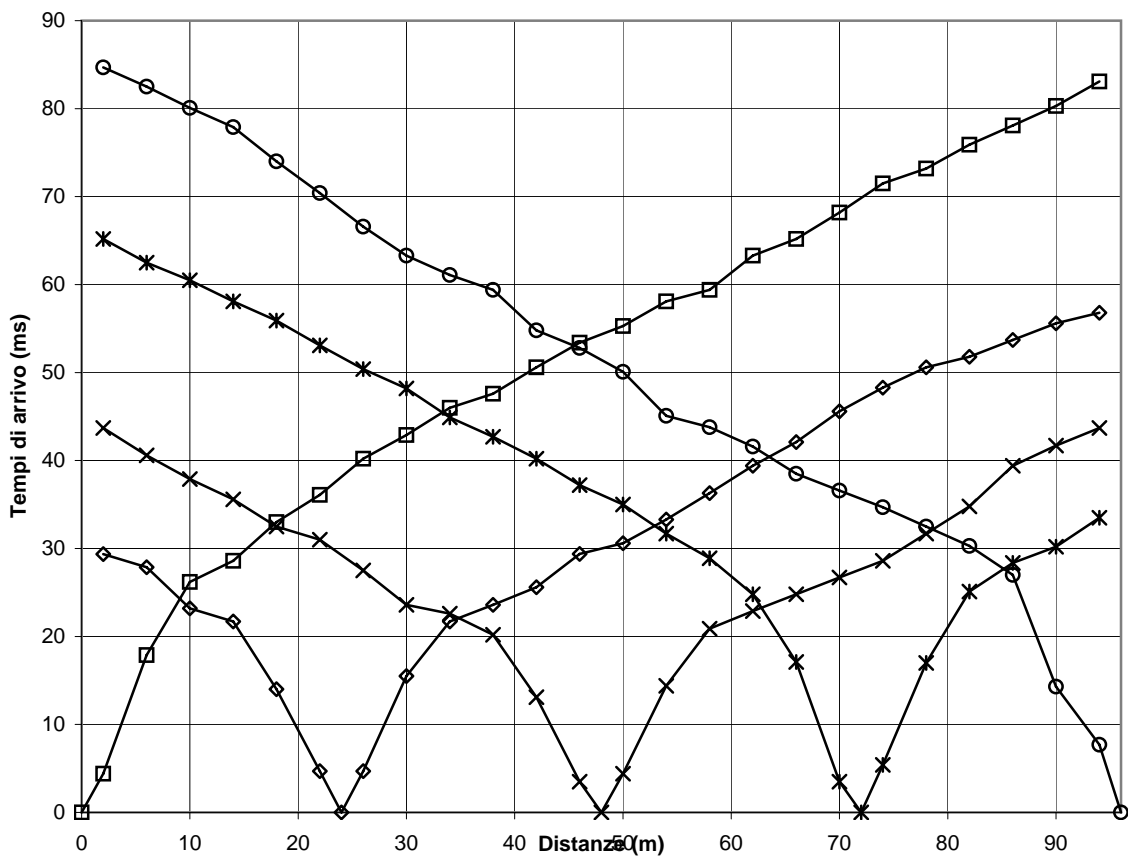
Numero geofono	Distanza (m)	Tempi di primo arrivo (ms)				
		Scoppio 1	Scoppio 2	Scoppio 3	Scoppio 4	Scoppio 5
Geofono 1	2.00	4.40	29.37	43.70	65.19	84.69
Geofono 2	6.00	17.89	27.88	40.59	62.50	82.50
Geofono 3	10.00	26.20	23.20	37.90	60.50	80.09
Geofono 4	14.00	28.60	21.70	35.59	58.09	77.90
Geofono 5	18.00	33.00	14.00	32.50	55.90	74.00
Geofono 6	22.00	36.09	4.69	31.00	53.09	70.40
Geofono 7	26.00	40.20	4.69	27.50	50.40	66.59
Geofono 8	30.00	42.90	15.50	23.60	48.20	63.29
Geofono 9	34.00	46.00	21.70	22.60	44.90	61.09
Geofono 10	38.00	47.59	23.60	20.19	42.70	59.40
Geofono 11	42.00	50.59	25.60	13.09	40.20	54.79
Geofono 12	46.00	53.40	29.38	3.50	37.20	52.79
Geofono 13	50.00	55.29	30.60	4.40	35.00	50.09
Geofono 14	54.00	58.09	33.29	14.39	31.70	45.09
Geofono 15	58.00	59.40	36.29	20.88	28.89	43.79
Geofono 16	62.00	63.29	39.40	22.88	24.79	41.59
Geofono 17	66.00	65.19	42.09	24.79	17.10	38.50
Geofono 18	70.00	68.19	45.59	26.70	3.50	36.59
Geofono 19	74.00	71.50	48.29	28.60	5.40	34.70
Geofono 20	78.00	73.19	50.59	31.70	17.00	32.50
Geofono 21	82.00	75.90	51.79	34.79	25.10	30.29
Geofono 22	86.00	78.09	53.70	39.40	28.37	27.00
Geofono 23	90.00	80.30	55.59	41.70	30.20	14.30
Geofono 24	94.00	83.09	56.79	43.70	33.50	7.69
Distanza scoppi m		0.00	24.00	48.00	72.00	96.00

### ELABORAZIONE (Metodo delle intercette)

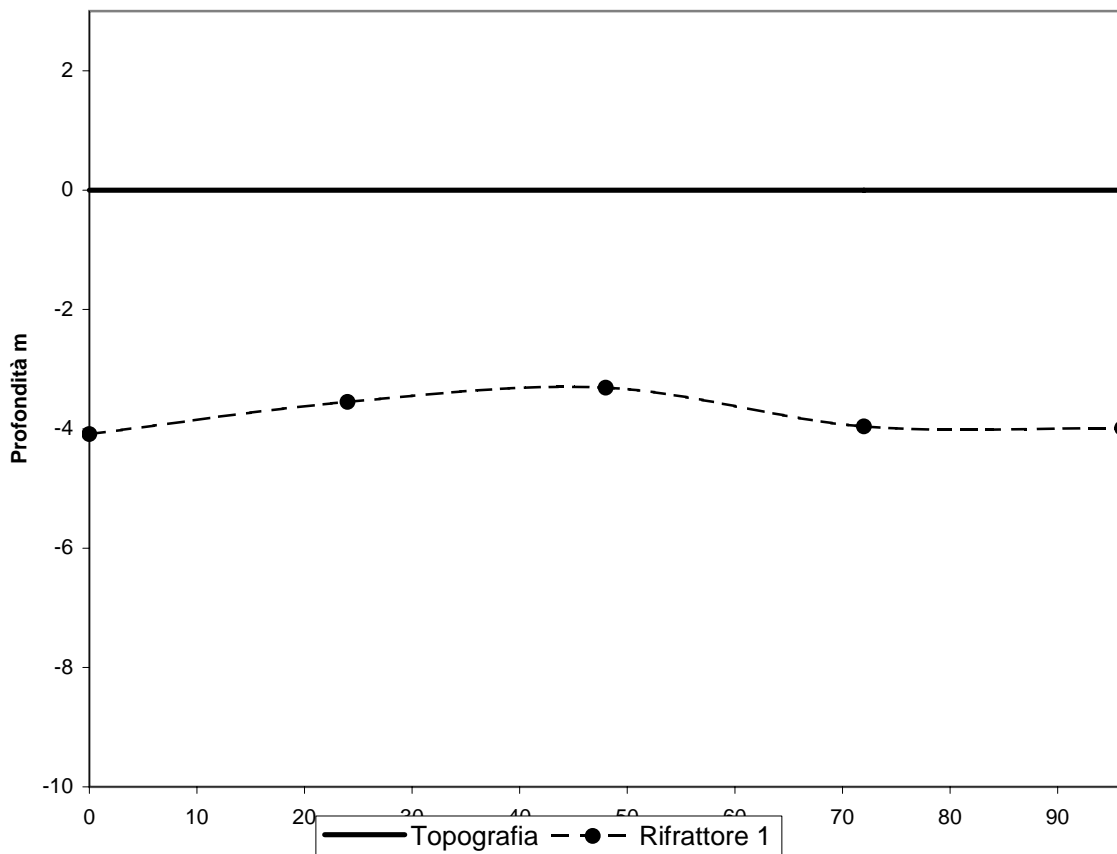
Scoppio n°	Ubicazione (m)	Profondità (m)		Velocità (m/s)		
		Rifratore 1	Rifratore 2	Strato 1	Strato 2	Strato 3
1	0.00	4.09	-	366	1509	-
2	24.00	3.55	-	460	1519	-
3	48.00	3.31	-	486	1512	-
4	72.00	3.96	-	400	1500	-
5	96.00	3.99	-	415	1426	-

### NOTE

DROMOCROME



PROFILO





Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## INDAGINE SISIMICA A RIFRAZIONE

Committente:	Provincia di Genova - Area 06	Sistema di acquisizione:	PASI 16SG24
Località:	Lavagna (GE)	Sistema energizzazione:	Fucile
Stendimento:	3	Data:	06/02/2008

### RISULTATO INDAGINE

Numero geofono	Distanza (m)	Tempi di primo arrivo (ms)				
		Scoppio 1	Scoppio 2	Scoppio 3	Scoppio 4	Scoppio 5
Geofono 1	2.00	7.19	34.79	51.59	65.90	81.09
Geofono 2	6.00	14.80	32.59	48.70	63.29	78.80
Geofono 3	10.00	26.89	30.10	45.00	60.79	76.30
Geofono 4	14.00	31.39	27.10	43.20	57.70	72.90
Geofono 5	18.00	33.09	15.30	40.59	55.40	67.80
Geofono 6	22.00	36.50	4.19	36.59	53.20	65.00
Geofono 7	26.00	39.29	3.59	33.80	49.50	62.50
Geofono 8	30.00	41.29	15.00	31.10	47.50	59.59
Geofono 9	34.00	44.40	26.70	28.38	45.29	57.40
Geofono 10	38.00	47.00	30.39	24.69	42.20	55.09
Geofono 11	42.00	49.20	32.59	15.80	40.50	53.20
Geofono 12	46.00	51.50	36.20	2.89	36.79	51.20
Geofono 13	50.00	54.00	38.79	2.89	34.00	49.79
Geofono 14	54.00	56.29	42.79	14.09	30.29	46.70
Geofono 15	58.00	61.29	46.50	26.38	29.50	43.29
Geofono 16	62.00	64.69	49.40	27.69	26.89	41.00
Geofono 17	66.00	67.50	53.09	30.79	17.10	37.40
Geofono 18	70.00	71.19	55.29	34.40	6.30	34.29
Geofono 19	74.00	72.59	57.50	37.00	5.80	31.39
Geofono 20	78.00	76.00	59.40	39.20	15.69	28.89
Geofono 21	82.00	78.80	62.20	41.40	24.39	26.89
Geofono 22	86.00	82.19	64.40	43.59	27.50	24.10
Geofono 23	90.00	84.69	65.59	47.20	30.60	16.20
Geofono 24	94.00	87.00	68.09	49.09	33.09	5.50
Distanza scoppi m		0.00	24.00	48.00	72.00	96.00

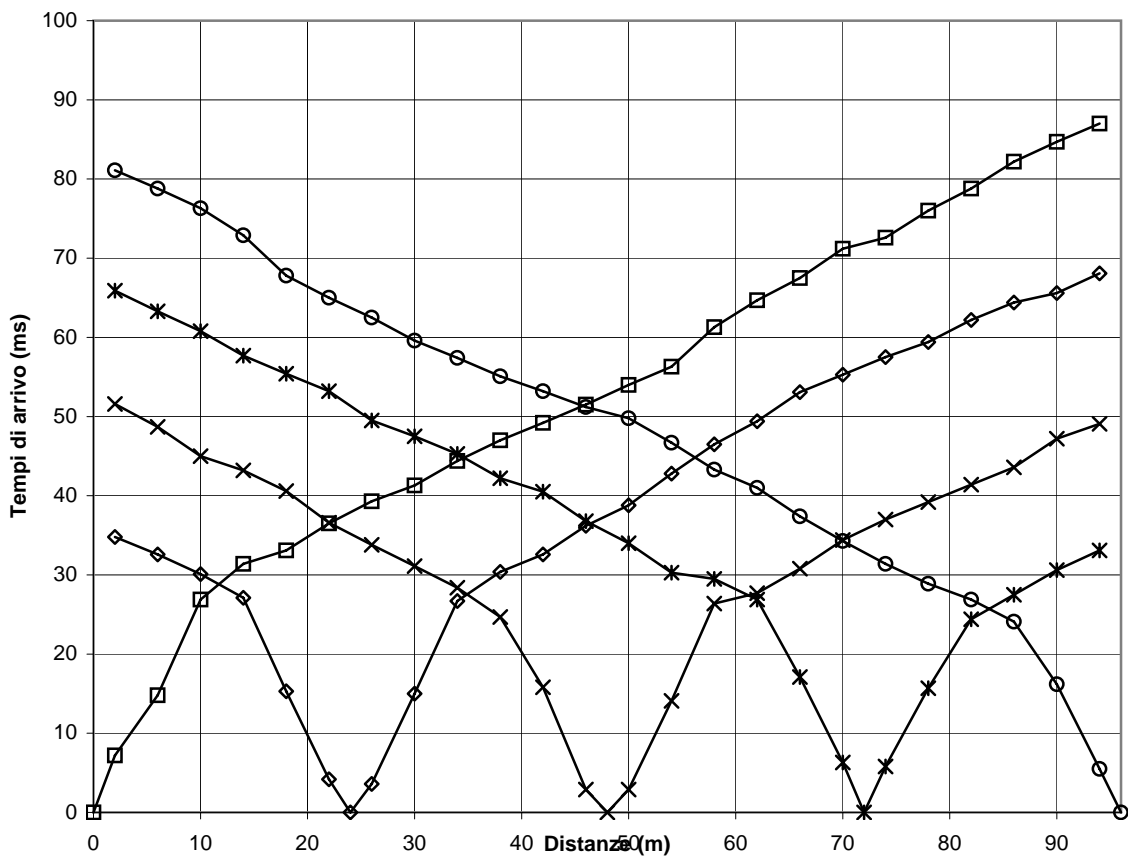
### ELABORAZIONE (Metodo delle intercette)

Scoppio n°	Ubicazione (m)	Profondità (m)		Velocità (m/s)		
		Rifratore 1	Rifratore 2	Strato 1	Strato 2	Strato 3
1	0.00	4.22	-	406	1400	-
2	24.00	4.02	-	371	1489	-
3	48.00	3.78	-	391	1444	-
4	72.00	3.75	-	390	1439	-
5	96.00	3.87	-	431	1496	-

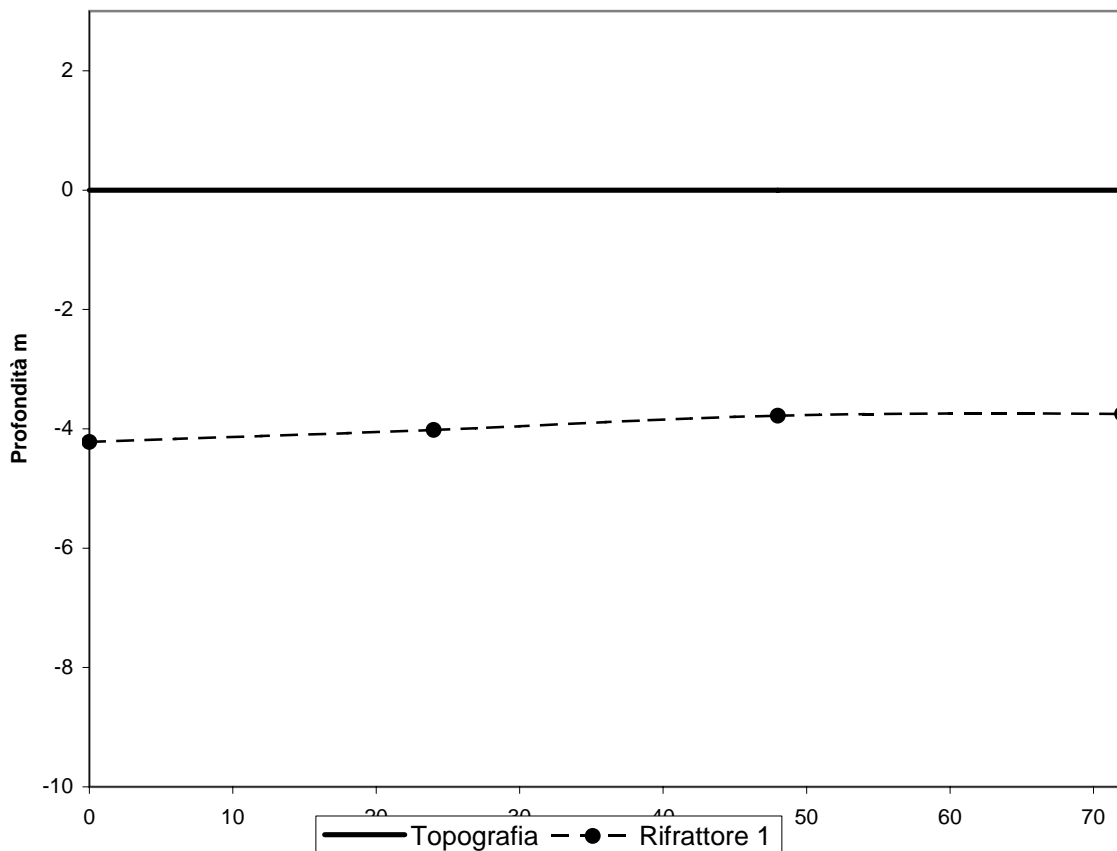
### NOTE



DROMOCROME



PROFILO







PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL BACINO DEL FIUME  
ENTEELLA RELATIVAMENTE AL TRATTO TERMINALE – 1° LOTTO DALLA FOCE AL  
PONTE DELLA MADDALENA – 1°STRALCIO FUNZIONALE –  
PROGETTO DEFINITIVO  
REVISIONE GENERALE A SEGUITO DEL PARERE DEL C.T.B. REGIONALE DEL 08/03/2012  
E DELLE INDICAZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI

---

## ALLEGATO 4 – Prove geotecniche di laboratorio

---

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



projenia  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



COMMITTENTE



**Provincia di Genova  
Area 06**

OGGETTO DELLA COMMESSA

*Esecuzione indagini geognostiche finalizzate all'attività di progettazione d'interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del fiume Entella relativamente al tratto terminale nei comuni di Lavagna e Chiavari*

SIGLA ELABORATO

**4**

NOME ELABORATO

**Prove di laboratorio**

revisione

data elaborato

A

06/03/2008



**PRO.MO.GEO. S.r.l.** - Società di programmazione e monitoraggio geotecnico

**SEDE LEGALE E UFFICI**

corso Svizzera, 4  
10143 TORINO  
Tel/fax 011.7493018

**SEDE REGIONALE**

via D. Fiasella, 7/3  
16121 GENOVA  
tel/fax 010.583713

**Sito INTERNET:** <http://www.promogeo.it>

inform. tecniche: [geologi@promogeo.it](mailto:geologi@promogeo.it)

amministrato: [admin@promogeo.it](mailto:admin@promogeo.it)

inform. generali: [info@promogeo.it](mailto:info@promogeo.it)





Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## ANALISI GRANULOMETRICA

### DATI CANTIERE

COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06
LOCALITA'	Lavagna
DATA	

### DATI CAMPIONE

SONDAGGIO	S2
CAMPIONE	CI1
PROFONDITA'	10.40-10.90 m

### CALCOLO

#### DATI GRANLOMETRICI

Classe	(%)
Ciottoli	0.00
Ghiaia	0.03
Sabbia	90.33
Limo	N.D.
Argilla	N.D.
P200	9.64
D60 (mm)	0.47
D30 (mm)	0.21
D10 (mm)	0.08
Cc	1.18
Cu	5.93

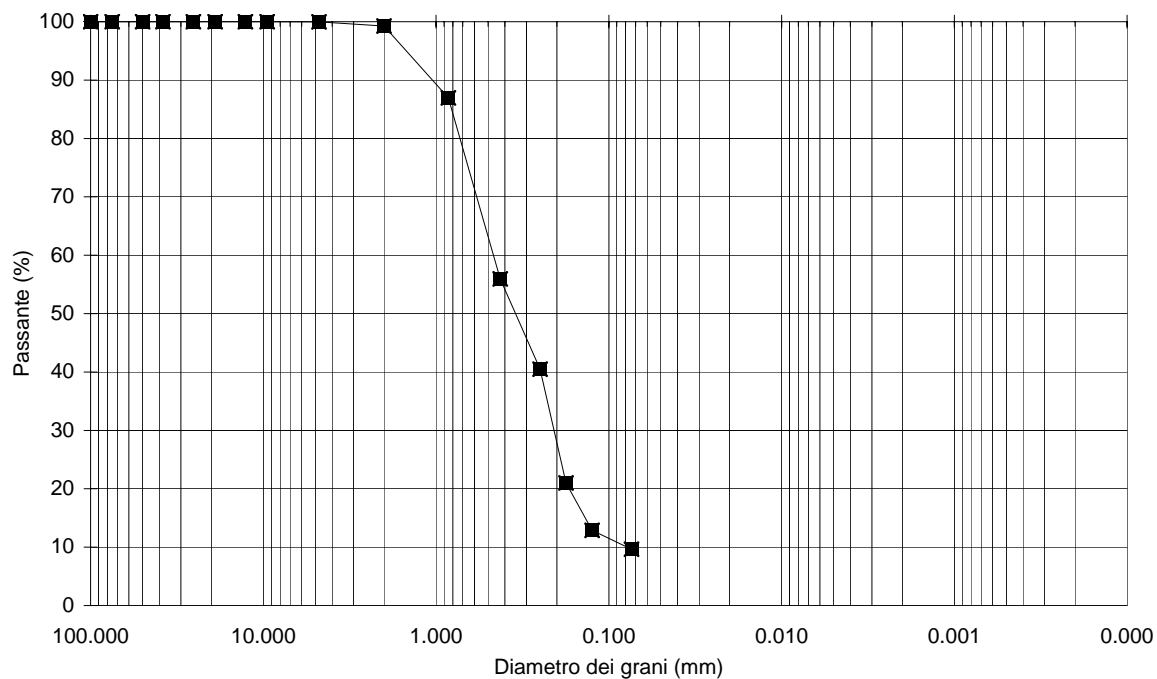
#### SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
100.00	100.00
75.00	100.00
50.00	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00
9.50	100.00
4.76	99.97
2.00	99.25
0.85	86.94
0.425	55.96
0.250	40.48
0.177	21.01
0.125	12.89
0.074	9.64

#### AEROMETRIA

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

### GRAFICO



### NOTE



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE CONTENUTO IN ACQUA

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S2
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	Cl1
DATA		PROFONDITA'	10.40-10.90 m

### CALCOLO

Peso lordo umido	(g)	816.30
Peso lordo secco	(g)	678.00
Peso tara	(g)	208.97
Peso netto secco	(g)	469.03
Peso acqua	(g)	138.30
<b>Contenuto in acqua</b>	<b>(%)</b>	<b>29.49</b>

### NOTE





Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S2
LOCALITA'	LAVAGNA	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	10.40-10.90 m
CALCOLO			
Geometria della sezione del provino (circolare/quadrata)		circolare	
Diametro / Lato	(cm)	8.46	
Altezza	(cm)	15.20	
Peso lordo	(g)	1560.00	
Peso tara	(g)	0.00	
Peso netto	(g)	1560.00	
Volume	(cm <sup>3</sup> )	854.43	
<b>Peso di volume</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>17.91</b>	
NOTE			



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

### DATI CANTIERE

COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06
LOCALITA'	Lavagna
DATA	

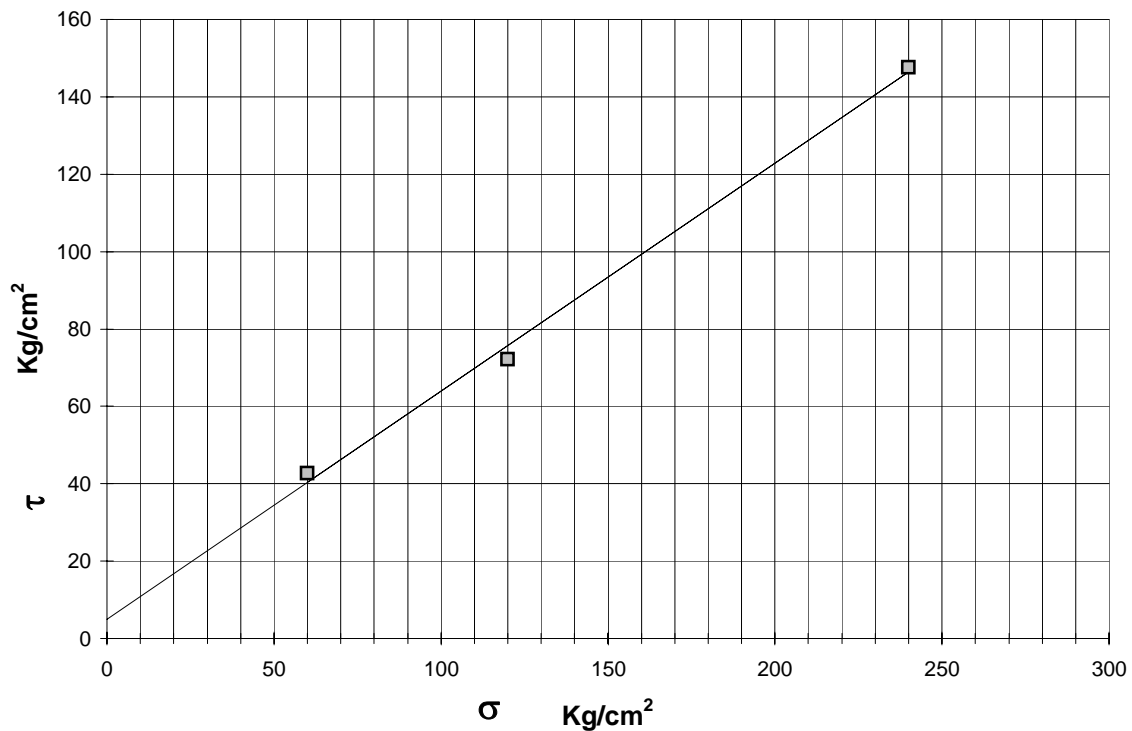
### DATI CAMPIONE

SONDAGGIO	S2
CAMPIONE	CI1
PROFONDITA'	10.40-10.90 m

### DATI PROVA

Provino n°	Velocità di deformaz. mm/min	Carico verticale $\sigma$ kPa	Dimensione iniziale		Consolidamento		Valori a rottura	
			$\varnothing$ cm	h cm	durata ore	cedim. mm	$\tau$ kPa	$\varepsilon$ mm
1	0.005	60.0	6.00	2.03	24	0.160	42.7	4.94
2	0.005	120.0	6.00	2.03	24	0.320	72.1	3.90
3	0.005	240.0	6.00	2.03	24	0.420	147.6	5.07

### RETTA INVILUPPO ROTTURA



### INTERPRETAZIONE RISULTATI

Angolo di attrito efficace  $\varphi'$  30.52 °  
Coesione efficace  $c'$  4.950 kPa

### NOTE



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## ANALISI GRANULOMETRICA

### DATI CANTIERE

COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06
LOCALITA'	Lavagna
DATA	

### DATI CAMPIONE

SONDAGGIO	S3
CAMPIONE	CI1
PROFONDITA'	2.00-2.60 m

### CALCOLO

#### DATI GRANLOMETRICI

Classe	(%)
Ciottoli	0.00
Ghiaia	16.78
Sabbia	10.06
Limo	66.88
Argilla	6.28
P200	73.16
D60 (mm)	N.D.
D30 (mm)	N.D.
D10 (mm)	N.D.
Cc	N.D.
Cu	N.D.

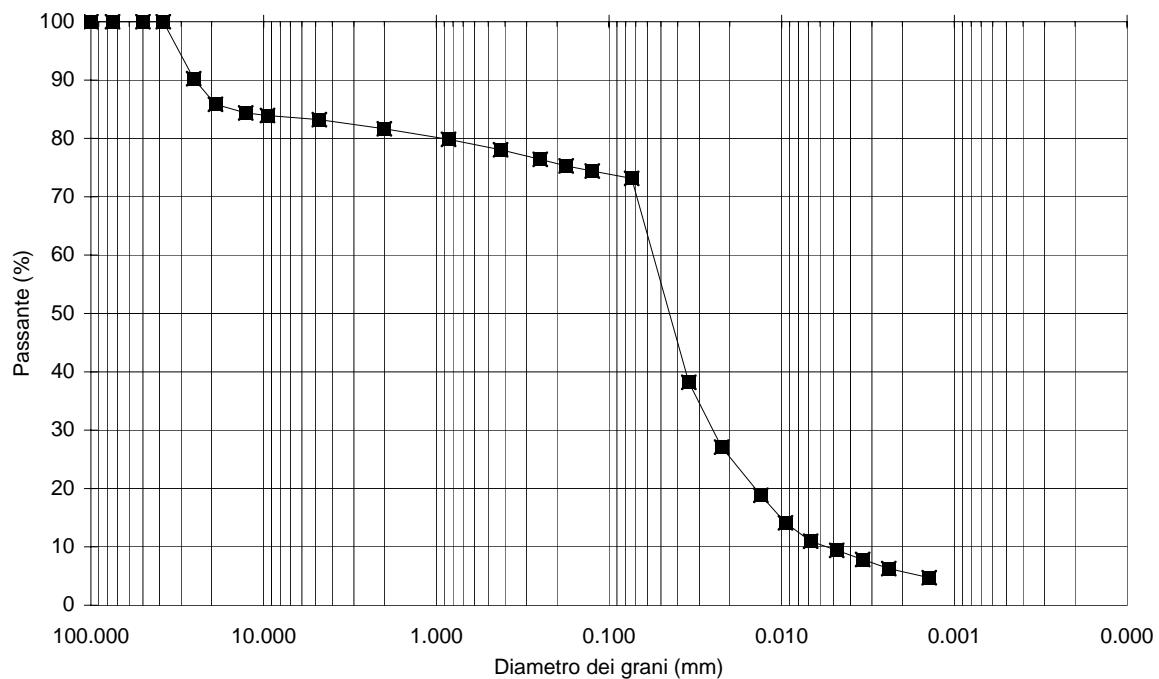
#### SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
100.00	100.00
75.00	100.00
50.00	100.00
38.10	100.00
25.40	90.23
19.00	85.86
12.70	84.38
9.50	83.94
4.76	83.22
2.00	81.64
0.85	79.85
0.425	78.07
0.250	76.41
0.177	75.29
0.125	74.41
0.074	73.16

#### AEROMETRIA

D (mm)	Pass (%)
0.0345	38.20
0.0223	27.10
0.0132	18.83
0.0095	14.12
0.0068	10.98
0.0048	9.42
0.0034	7.85
0.0024	6.28
0.0014	4.71

### GRAFICO



### NOTE



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE CONTENUTO IN ACQUA

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S3
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	Cl1
DATA		PROFONDITA'	2.00-2.60 m

### CALCOLO

Peso lordo umido	(g)	680.10
Peso lordo secco	(g)	576.65
Peso tara	(g)	209.06
Peso netto secco	(g)	367.59
Peso acqua	(g)	103.45
<b>Contenuto in acqua</b>	<b>(%)</b>	<b>28.14</b>

### NOTE



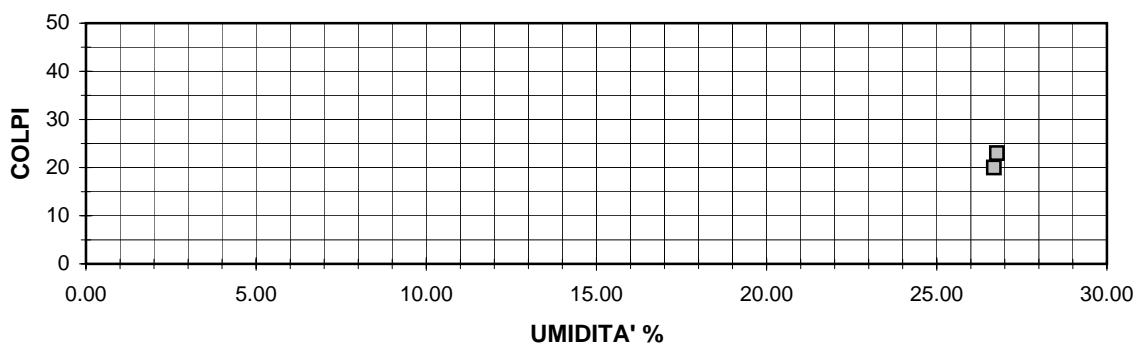
Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S3
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	2.00-2.60 m

### CALCOLO LIMITE LIQUIDO

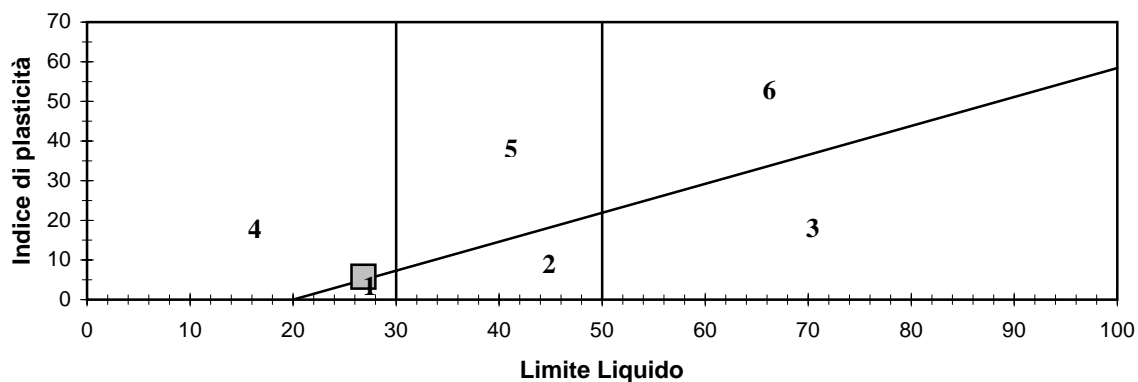
Numero dei colpi		20	23		
Recipiente		U	D		<b>LIMITE LIQUIDO</b>  <b>26.83 %</b>
Peso lordo camp. umido	g	106.53	105.15		
Peso lordo camp. secco	g	99.18	97.89		
Peso acqua	g	7.35	7.26		
Tara recipiente	g	71.63	70.77		
Peso netto secco	g	27.55	27.12		
Contenuto acqua	%	26.68	26.77		



### CALCOLO LIMITE PLASTICO - INDICE DI PLASTICITA'

Recipiente		H	O		<b>LIMITE PLASTICO</b>  <b>21.05 %</b>  <b>INDICE DI PLASTICITA'</b>  <b>5.78 %</b>
Peso lordo camp. umido	g	78.38	82.69		
Peso lordo camp. secco	g	77.21	81.34		
Peso acqua	g	1.17	1.35		
Tara recipiente	g	71.64	74.94		
Peso netto secco	g	5.57	6.40		
Contenuto acqua	%	21.01	21.09		

### CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



- 1- Limi inorganici di bassa compressibilità
- 2- Limi inorganici di media compressibilità e limi organici
- 3- Limi inorganici di alta compressibilità ed argille organiche

- 4- Argille inorganiche di bassa plasticità
- 5- Argille inorganiche di media plasticità
- 6- Argille inorganiche di alta plasticità



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S3
LOCALITA'	LAVAGNA	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	2.00-2.60 m
CALCOLO			
Geometria della sezione del provino (circolare/quadrata)		circolare	
Diametro / Lato	(cm)	8.46	
Altezza	(cm)	13.30	
Peso lordo	(g)	1298.00	
Peso tara	(g)	0.00	
Peso netto	(g)	1298.00	
Volume	(cm <sup>3</sup> )	747.62	
<b>Peso di volume</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>17.03</b>	
NOTE			



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

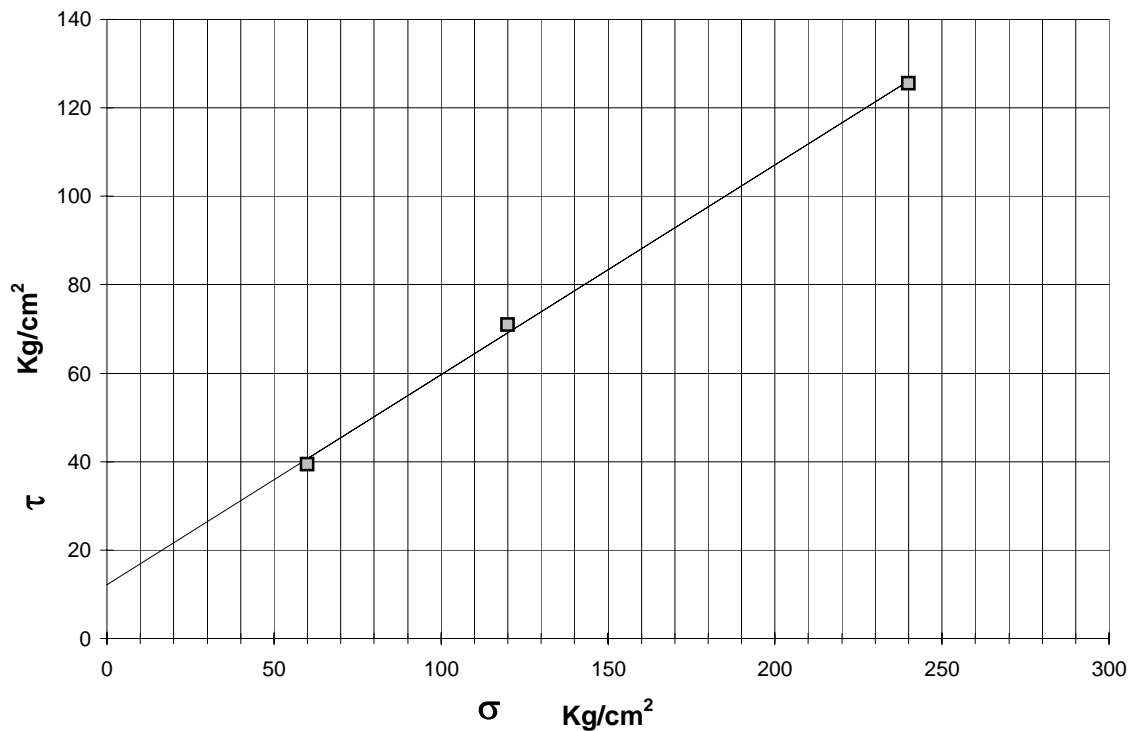
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S3
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	2.00-2.60 m

### DATI PROVA

Provino n°	Velocità di deformaz. mm/min	Carico verticale $\sigma$ kPa	Dimensione iniziale		Consolidamento		Valori a rottura	
			$\varnothing$ cm	h cm	durata ore	cedim. mm	$\tau$ kPa	$\epsilon$ mm
1	0.005	60.0	6.00	2.03	24	0.210	39.4	3.52
2	0.005	120.0	6.00	2.03	24	0.410	71.0	4.15
3	0.005	240.0	6.00	2.03	24	0.630	125.5	5.36

### RETTA INVILUPPO ROTTURA



### INTERPRETAZIONE RISULTATI

Angolo di attrito efficace  $\varphi'$  25.39 °  
Coesione efficace  $c'$  12.165 kPa

### NOTE



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## ANALISI GRANULOMETRICA

### DATI CANTIERE

COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06
LOCALITA'	Lavagna
DATA	

### DATI CAMPIONE

SONDAGGIO	S4
CAMPIONE	CI1
PROFONDITA'	4.40-5.00 m

### CALCOLO

#### DATI GRANLOMETRICI

Classe	(%)
Ciottoli	0.00
Ghiaia	0.00
Sabbia	16.80
Limo	63.45
Argilla	19.75
P200	83.20
D60 (mm)	N.D.
D30 (mm)	N.D.
D10 (mm)	N.D.
Cc	N.D.
Cu	N.D.

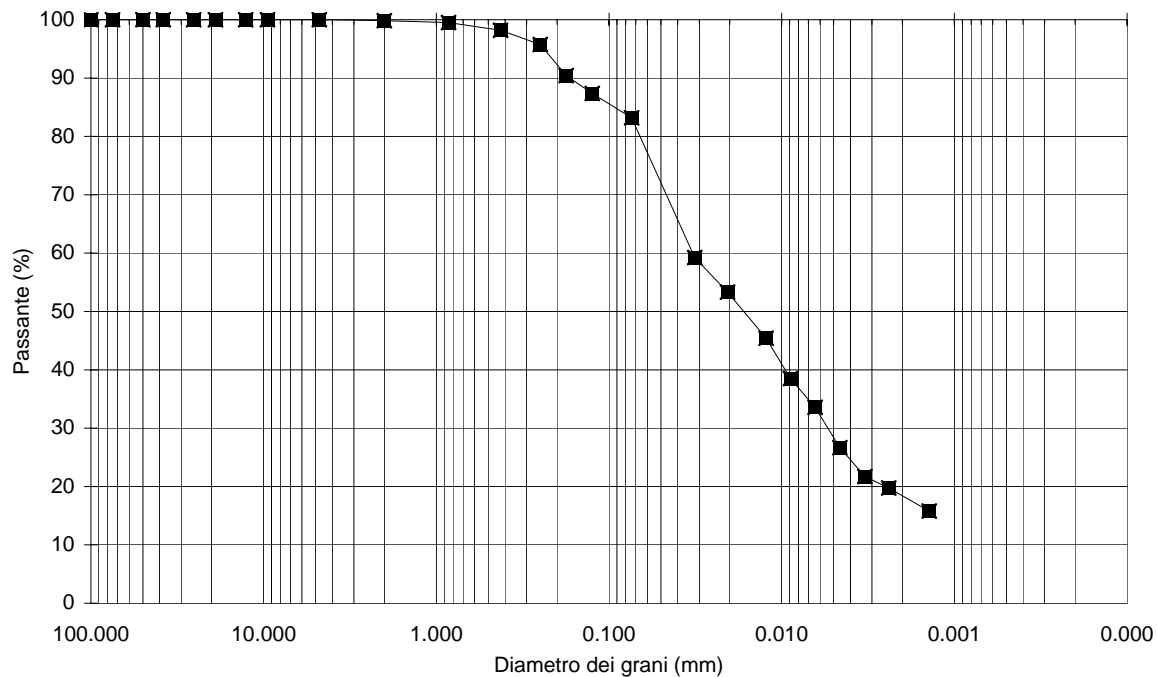
#### SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
100.00	100.00
75.00	100.00
50.00	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00
9.50	100.00
4.76	100.00
2.00	99.83
0.85	99.51
0.425	98.20
0.250	95.74
0.177	90.43
0.125	87.36
0.074	83.20

#### AEROMETRIA

D (mm)	Pass (%)
0.0319	59.25
0.0206	53.32
0.0123	45.42
0.0089	38.51
0.0064	33.57
0.0046	26.66
0.0033	21.72
0.0024	19.75
0.0014	15.80

### GRAFICO



### NOTE





Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE CONTENUTO IN ACQUA

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S4
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	Cl1
DATA		PROFONDITA'	4.40-5.00 m

### CALCOLO

Peso lordo umido	(g)	739.65
Peso lordo secco	(g)	634.85
Peso tara	(g)	286.75
Peso netto secco	(g)	348.10
Peso acqua	(g)	104.80
<b>Contenuto in acqua</b>	<b>(%)</b>	<b>30.11</b>

### NOTE

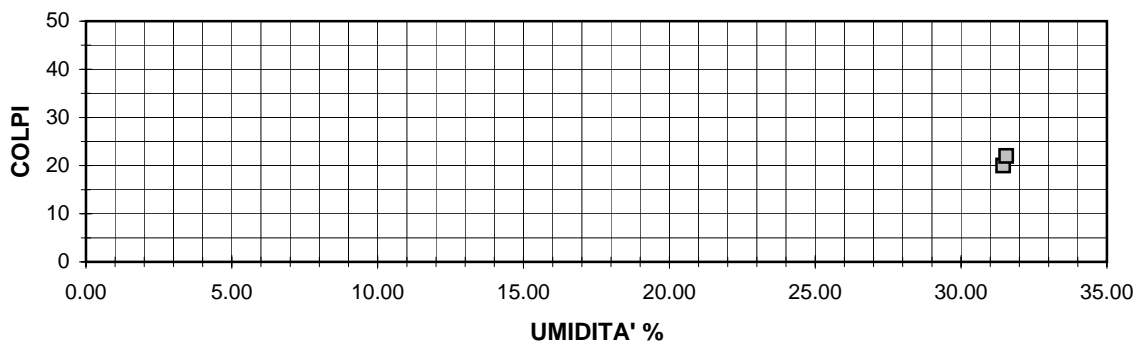


Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

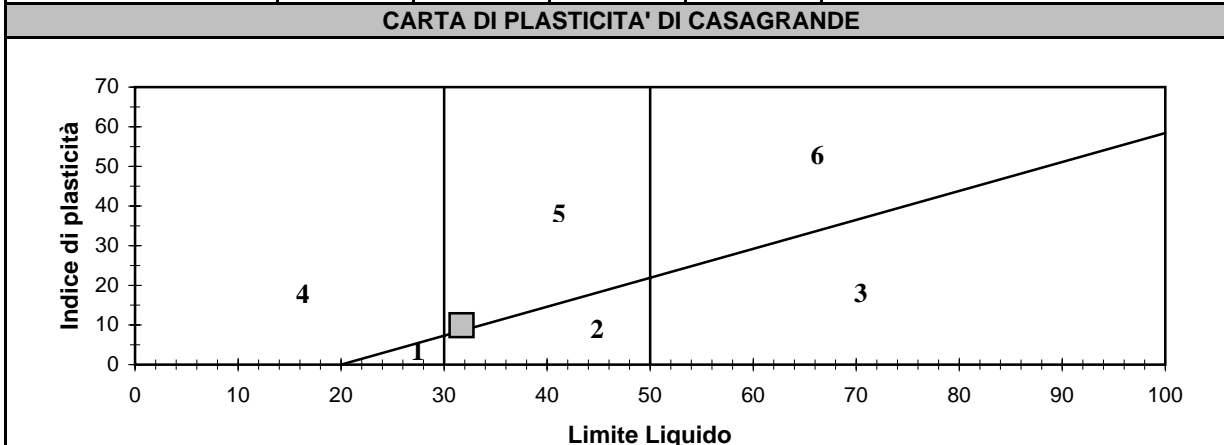
## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S4
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	Cl1
DATA		PROFONDITA'	4.40-5.00 m

CALCOLO LIMITE LIQUIDO				
Numero dei colpi		20	22	
Recipiente		U	D	<b>LIMITE LIQUIDO</b>  <b>31.70 %</b>
Peso lordo camp. umido	g	104.90	103.54	
Peso lordo camp. secco	g	95.90	94.65	
Peso acqua	g	9.00	8.89	
Tara recipiente	g	67.28	66.47	
Peso netto secco	g	28.62	28.18	
Contenuto acqua	%	31.45	31.55	



CALCOLO LIMITE PLASTICO - INDICE DI PLASTICITA'				
Recipiente		H	O	<b>LIMITE PLASTICO</b>  <b>21.75 %</b>  <b>INDICE DI PLASTICITA'</b>  <b>9.95 %</b>
Peso lordo camp. umido	g	75.57	79.73	
Peso lordo camp. secco	g	74.55	78.54	
Peso acqua	g	1.02	1.19	
Tara recipiente	g	69.86	73.07	
Peso netto secco	g	4.69	5.47	
Contenuto acqua	%	21.75	21.76	



- |   |  |
|---|--|
| 1- Limi inorganici di bassa compressibilità                     | 4- Argille inorganiche di bassa plasticità |
| 2- Limi inorganici di media compressibilità e limi organici     | 5- Argille inorganiche di media plasticità |
| 3- Limi inorganici di alta compressibilità ed argille organiche | 6- Argille inorganiche di alta plasticità  |



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S4
LOCALITA'	LAVAGNA	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	4.40-5.00 m
CALCOLO			
Geometria della sezione del provino (circolare/quadrata)		circolare	
Diametro / Lato	(cm)	8.46	
Altezza	(cm)	16.10	
Peso lordo	(g)	1785.00	
Peso tara	(g)	0.00	
Peso netto	(g)	1785.00	
Volume	(cm <sup>3</sup> )	905.02	
<b>Peso di volume</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>19.35</b>	
NOTE			



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

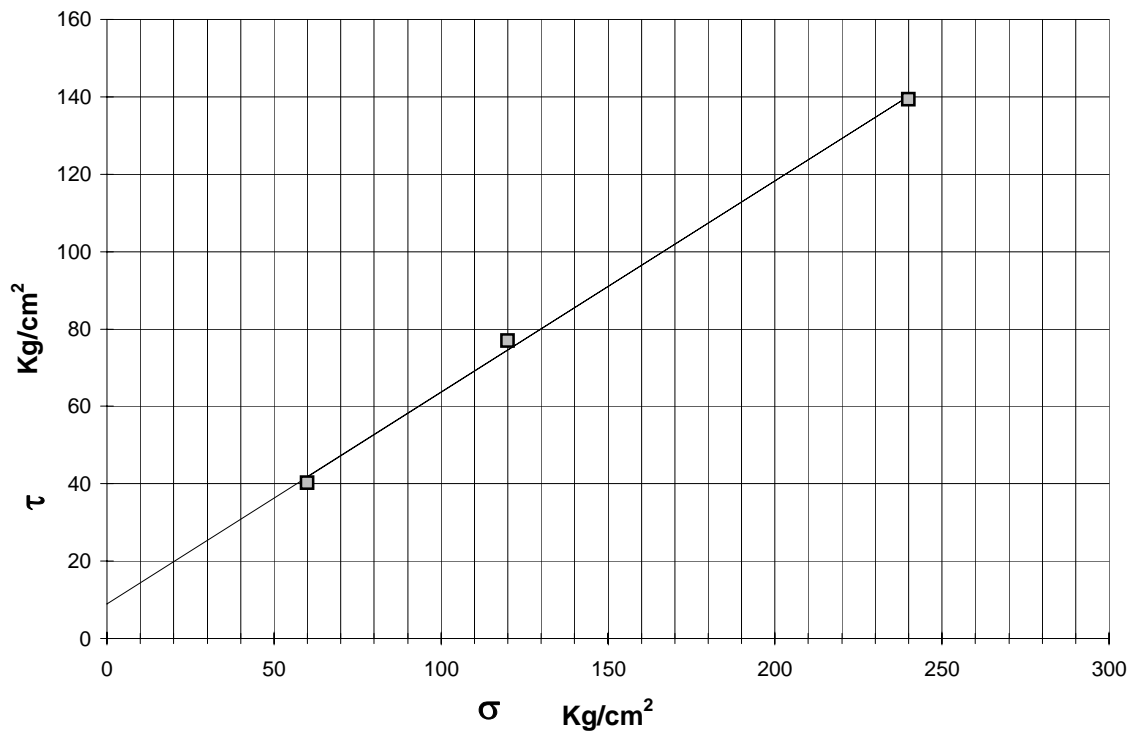
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S4
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	4.40-5.00 m

### DATI PROVA

Provino n°	Velocità di deformaz. mm/min	Carico verticale $\sigma$ kPa	Dimensione iniziale		Consolidamento		Valori a rottura	
			$\varnothing$ cm	h cm	durata ore	cedim. mm	$\tau$ kPa	$\varepsilon$ mm
1	0.005	60.0	6.00	2.03	24	0.189	40.3	3.85
2	0.005	120.0	6.00	2.03	24	0.526	76.9	4.14
3	0.005	240.0	6.00	2.03	24	0.593	139.4	5.16

### RETTA INVILUPPO ROTTURA



### INTERPRETAZIONE RISULTATI

Angolo di attrito efficace  $\varphi'$  28.66 °  
Coesione efficace  $c'$  9.000 kPa

### NOTE



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA

### DATI CANTIERE

COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06
LOCALITA'	Lavagna
DATA	

### DATI CAMPIONE

SONDAGGIO	S4
CAMPIONE	CI1
PROFONDITA'	4.60-5.00 m

### CARATTERISTICHE INIZIALI

	H (mm)	D (mm)	W <sub>n</sub> (%)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (-)	e (-)	S (-)	n (-)
provino 1	76.2	38.1	30.11	19.35	14.87	2.69	0.774	1.05	0.44
provino 2	76.2	38.1	30.43	19.16	14.69	2.69	0.796	1.03	0.44
provino 3	76.2	38.1	30.15	19.39	14.90	2.69	0.772	1.05	0.44

### FASE DI CONSOLIDAZIONE

	$\sigma_3$ (kPa)	b.p. (kPa)	$\sigma_3'$ (kPa)	$\Delta H$ (%)	$\Delta D$ (%)	$\Delta V$ (%)	e (-)	B
provino 1	400	300	100	1.63	1.68	4.90	0.688	0.95
provino 2	500	300	200	2.55	2.65	7.65	0.660	0.96
provino 3	700	300	400	3.07	3.22	9.22	0.609	0.96

### FASE DI ROTTURA

velocità di deformazione 0.02 (%) / min

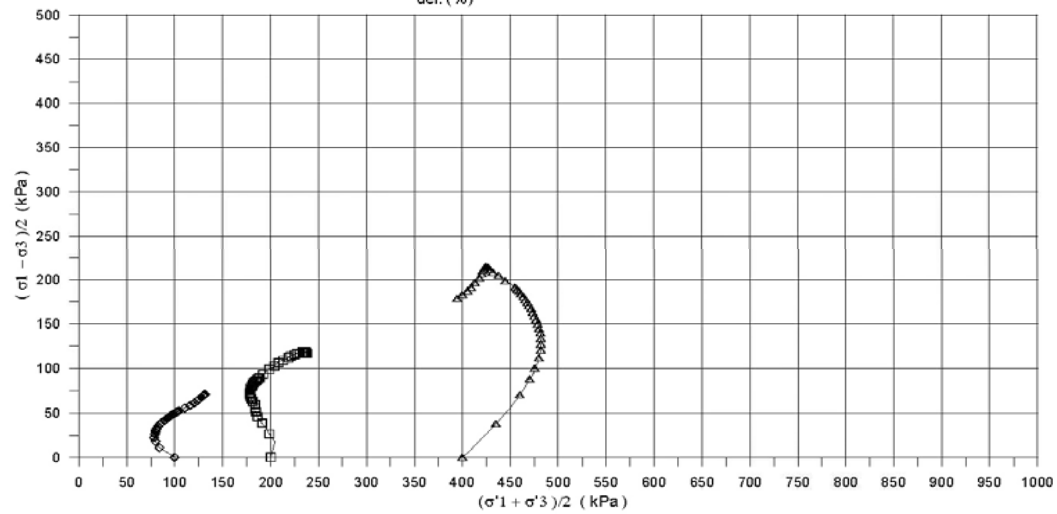
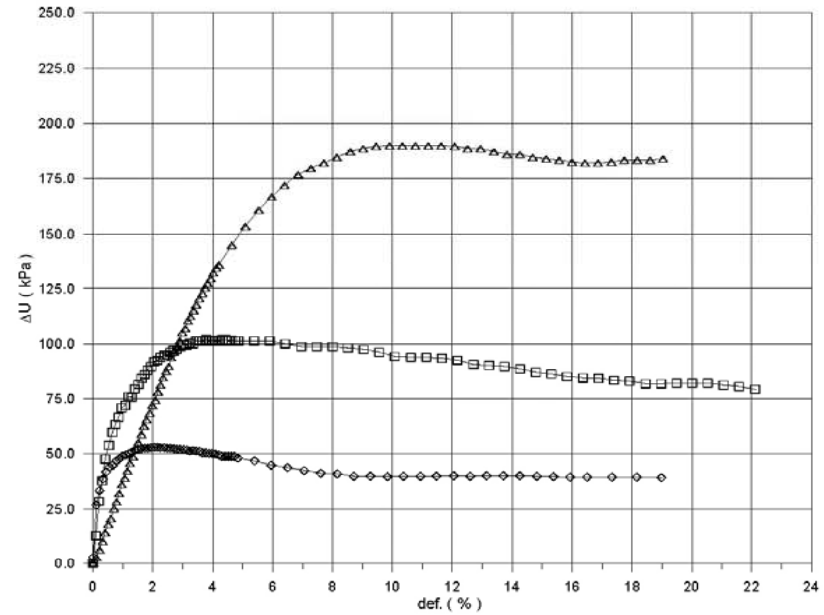
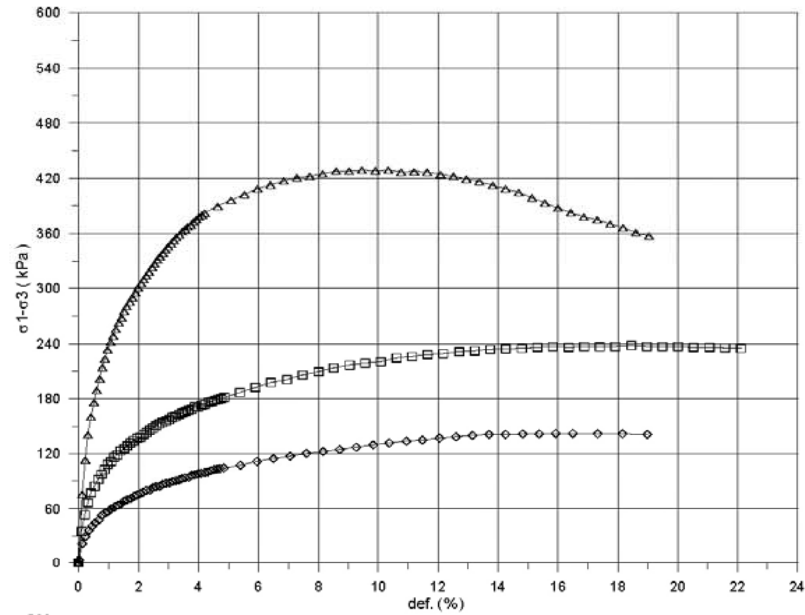
def. A  $\frac{\sigma_1 + \sigma_3'}{2}$   $\sigma_1' / \sigma_3'$   $\sigma_1 - \sigma_3$   $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$   
(%) (-) (kPa) (-) (kPa) (kPa)

provino 1	16.50	0.27	131.52	3.36	142.04	71.02
provino 2	18.45	0.33	236.88	3.14	237.77	118.88
provino 3	9.47	0.42	424.94	3.04	429.02	214.51

### PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO

$\phi' = 29.4$   $C' = 5.6$  (kPa)

### NOTE



### Prova Triassiale C.I.U.

Cert. N°: 08-018-08  
 Pag. 3 / 3  
 Data 14/03/2008

Id. Campione : S4 - Ci1  
 Profondità (m) : 4.40 - 5.00

- ◇ Provino 1 ( $\sigma_3' = 100$  kPa)
- Provino 2 ( $\sigma_3' = 200$  kPa)
- △ Provino 3 ( $\sigma_3' = 400$  kPa)



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4  
10143 TORINO

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA IL

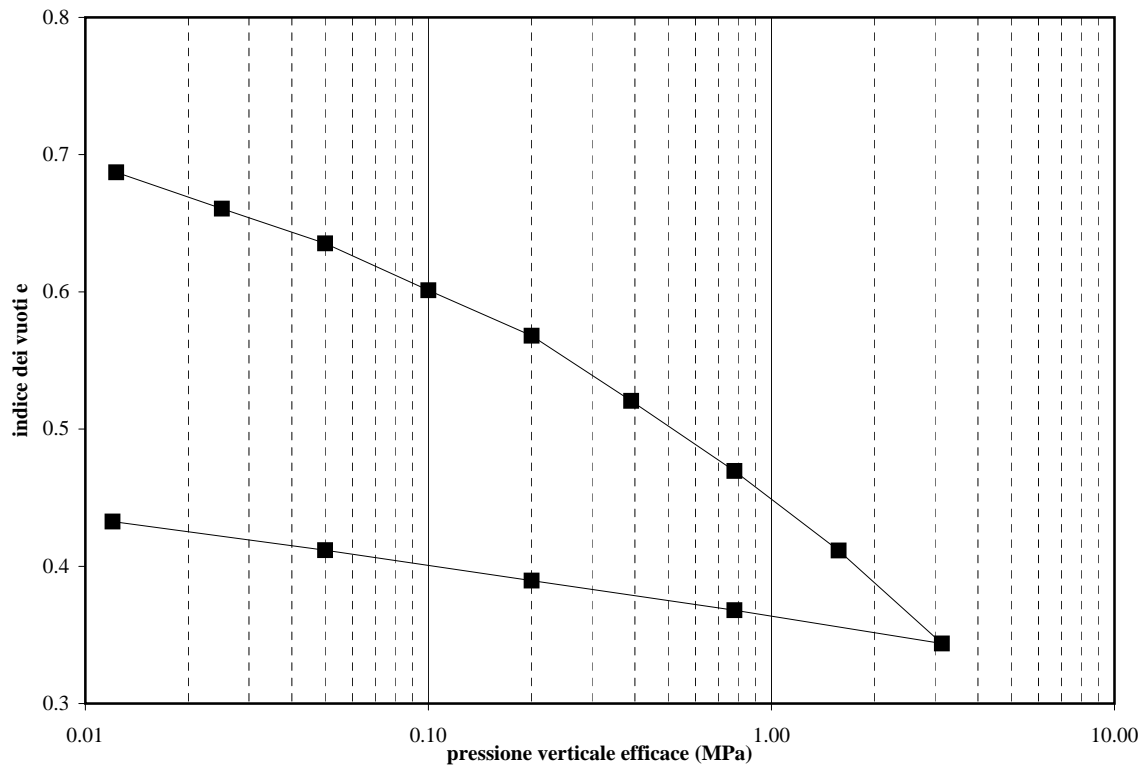
DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - Ar. 06	SONDAGGIO	S4
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	C11
DATA		PROFONDITA'	4.40-5.00 m

### CARATTERISTICHE FISICHE

Diametro provino (mm):	50.00	Densità umida (g/cm <sup>3</sup> ):	
Altezza provino (mm):	20.00	Densità secca (g/cm <sup>3</sup> ):	
Peso lordo umido iniziale (g):	138.24	Conten. d'acqua iniziale (%):	
Peso lordo umido finale (g):		Conten. d'acqua finale (%):	
Peso lordo secco (g):		Peso specif. grani (g/cm <sup>3</sup> ):	
Tara fustella (g):	59	Indice dei vuoti iniziale:	

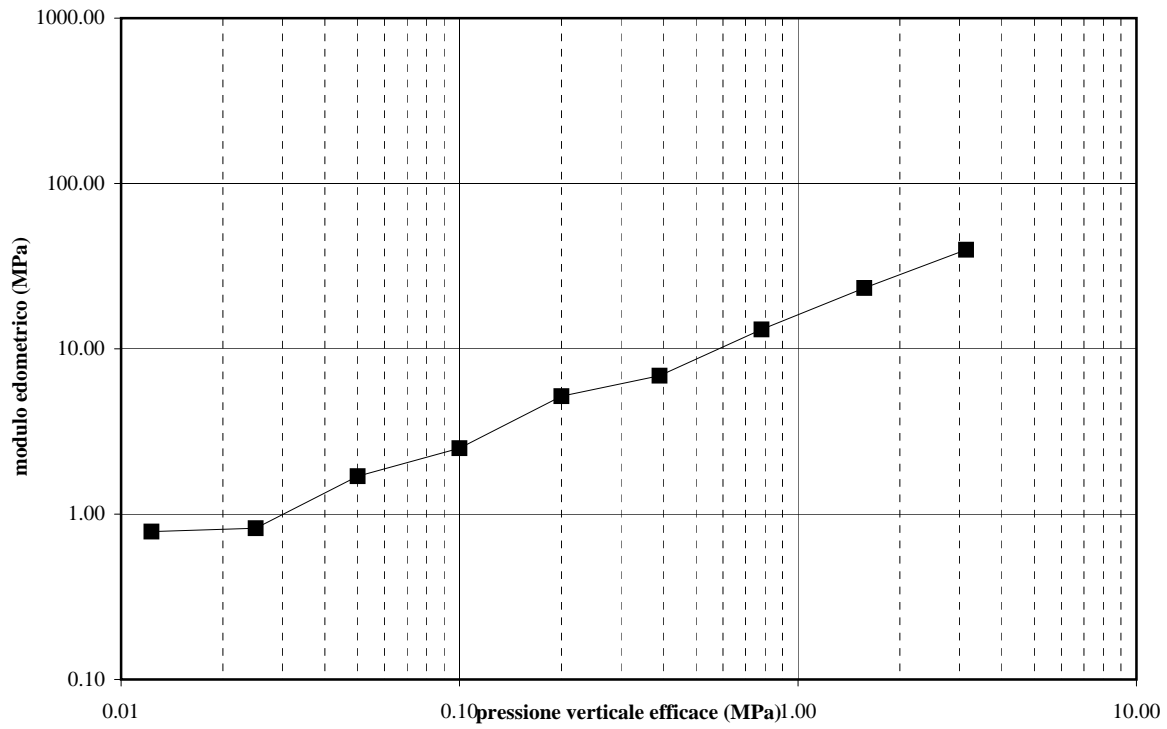
### TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI DETERMINATI

P MPa	$\Delta h$ mm	$\Delta h/h$ %	e	Eed MPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	K cm/sec
0	0	0.000	0.714			
0.0123	0.314	1.570	0.687	0.8	n.d.	n.d.
0.025	0.623	3.115	0.661	0.8	n.d.	n.d.
0.05	0.918	4.590	0.635	1.7	n.d.	n.d.
0.1	1.317	6.585	0.601	2.5	n.d.	n.d.
0.2	1.704	8.520	0.568	5.2	n.d.	n.d.
0.39	2.257	11.285	0.521	6.9	n.d.	n.d.
0.78	2.853	14.265	0.469	13.1	n.d.	n.d.
1.57	3.530	17.650	0.411	23.3	n.d.	n.d.
3.14	4.320	21.600	0.344	39.7	n.d.	n.d.
0.78	4.038	20.190	0.368			
0.2	3.785	18.925	0.390			
0.05	3.527	17.635	0.412			
0.012	3.284	16.420	0.433			





## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA IL







Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## ANALISI GRANULOMETRICA

### DATI CANTIERE

COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06
LOCALITA'	Lavagna
DATA	

### DATI CAMPIONE

SONDAGGIO	S5
CAMPIONE	CI1
PROFONDITA'	9.00-9.60 m

### CALCOLO

#### DATI GRANLOMETRICI

Classe	(%)
Ciottoli	0.00
Ghiaia	1.03
Sabbia	41.19
Limo	43.30
Argilla	14.48
P200	57.78
D60 (mm)	N.D.
D30 (mm)	N.D.
D10 (mm)	N.D.
Cc	N.D.
Cu	N.D.

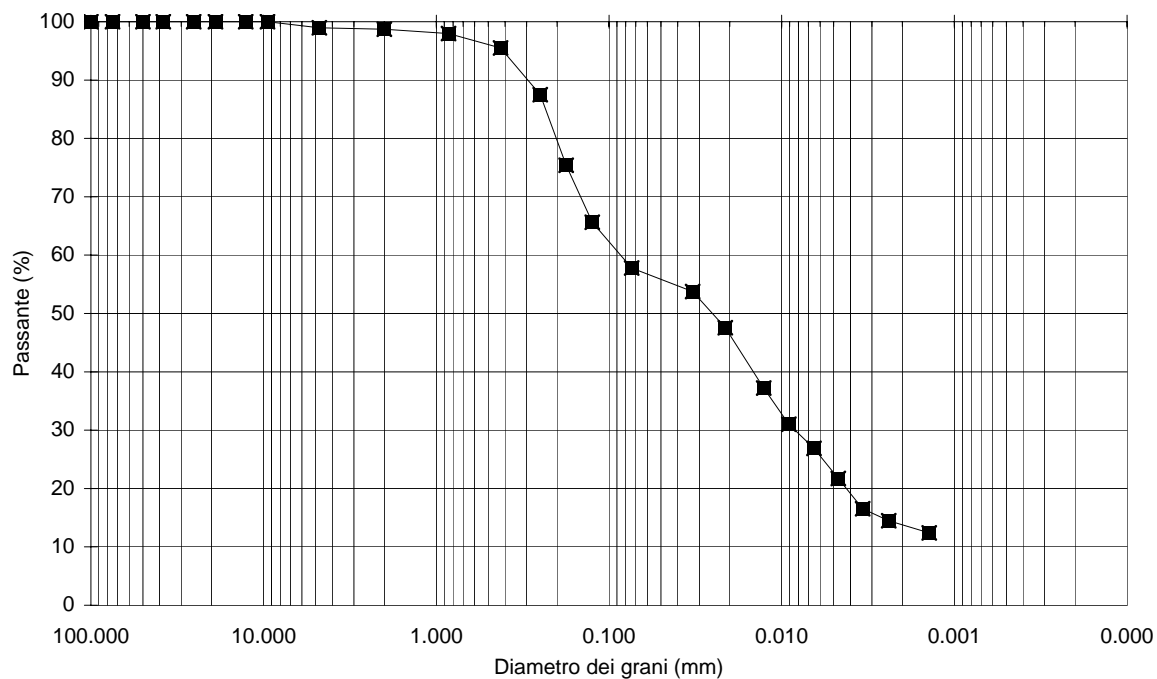
#### SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
100.00	100.00
75.00	100.00
50.00	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00
9.50	100.00
4.76	98.97
2.00	98.70
0.85	97.97
0.425	95.49
0.250	87.49
0.177	75.40
0.125	65.62
0.074	57.78

#### AEROMETRIA

D (mm)	Pass (%)
0.0328	53.77
0.0212	47.57
0.0127	37.23
0.0091	31.02
0.0065	26.89
0.0047	21.72
0.0034	16.55
0.0024	14.48
0.0014	12.41

### GRAFICO



### NOTE



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE CONTENUTO IN ACQUA

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S5
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	Cl1
DATA		PROFONDITA'	9.00-9.60 m

### CALCOLO

Peso lordo umido	(g)	654.60
Peso lordo secco	(g)	545.25
Peso tara	(g)	209.47
Peso netto secco	(g)	335.78
Peso acqua	(g)	109.35
<b>Contenuto in acqua</b>	<b>(%)</b>	<b>32.57</b>

### NOTE



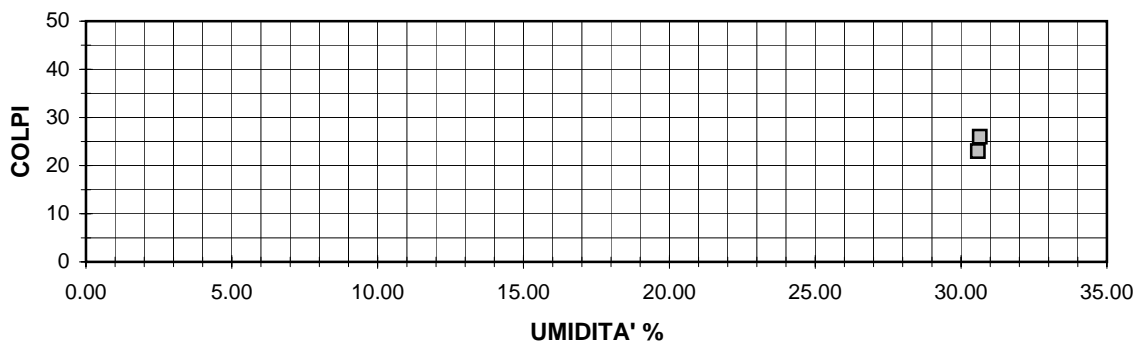
Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S5
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	9.00-9.60 m

### CALCOLO LIMITE LIQUIDO

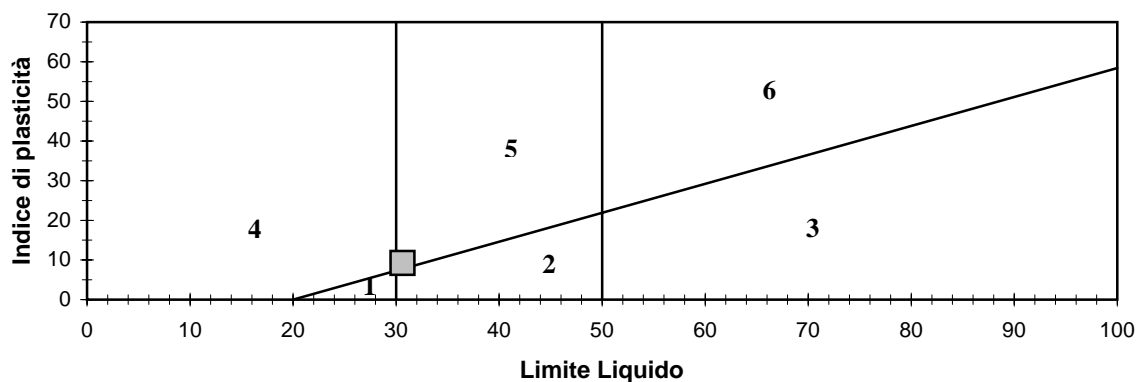
Numero dei colpi		23	26		
Recipiente		U	D		<b>LIMITE LIQUIDO</b>  <b>30.62 %</b>
Peso lordo camp. umido	g	112.52	111.06		
Peso lordo camp. secco	g	102.53	101.20		
Peso acqua	g	9.99	9.86		
Tara recipiente	g	69.86	69.02		
Peso netto secco	g	32.67	32.18		
Contenuto acqua	%	30.58	30.64		



### CALCOLO LIMITE PLASTICO - INDICE DI PLASTICITA'

Recipiente		H	O		<b>LIMITE PLASTICO</b>  <b>21.38 %</b>  <b>INDICE DI PLASTICITA'</b>  <b>9.24 %</b>
Peso lordo camp. umido	g	76.43	80.63		
Peso lordo camp. secco	g	75.26	79.29		
Peso acqua	g	1.17	1.34		
Tara recipiente	g	69.80	73.01		
Peso netto secco	g	5.46	6.28		
Contenuto acqua	%	21.43	21.34		

### CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



- 1- Limi inorganici di bassa compressibilità  
2- Limi inorganici di media compressibilità e limi organici  
3- Limi inorganici di alta compressibilità ed argille organiche

- 4- Argille inorganiche di bassa plasticità  
5- Argille inorganiche di media plasticità  
6- Argille inorganiche di alta plasticità



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

## DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME

DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S5
LOCALITA'	LAVAGNA	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	9.00-9.60 m
CALCOLO			
Geometria della sezione del provino (circolare/quadrata)		circolare	
Diametro / Lato	(cm)	8.46	
Altezza	(cm)	16.90	
Peso lordo	(g)	1835.00	
Peso tara	(g)	0.00	
Peso netto	(g)	1835.00	
Volume	(cm <sup>3</sup> )	949.99	
<b>Peso di volume</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>18.95</b>	
NOTE			



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4 10143 TORINO

### PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA

#### DATI CANTIERE

#### DATI CAMPIONE

COMMITTENTE	Provincia di Genova - AREA 06	SONDAGGIO	S5
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	9.00-9.60 m

#### DATI PROVA

Dimensione provino                                  Altezza    16.90 cm    Diametro    8.46 cm

Velocità di deformazione                      1.0    mm/min

Pressione di confinamento                    175.0    kPa

#### CARATTERISTICHE INIZIALI

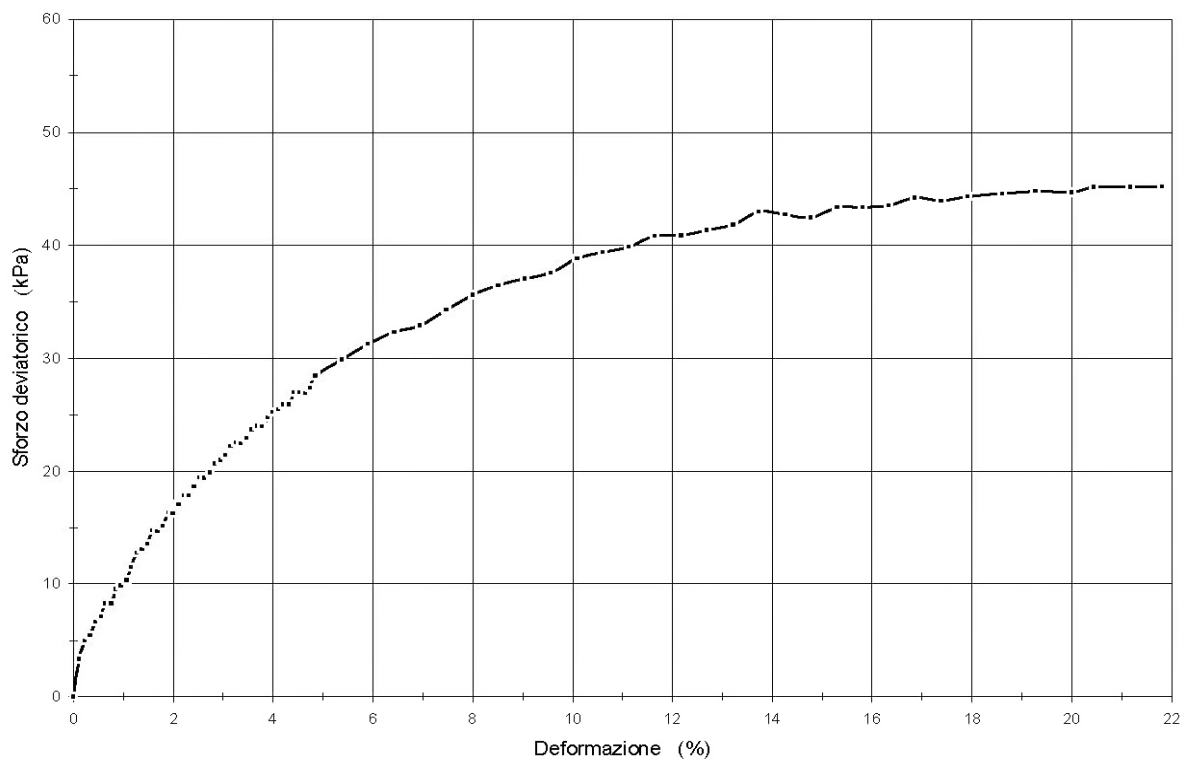
#### FASE DI ROTTURA

Peso di volume ( $\text{kN/m}^3$ )                      18.95                                  Sforzo deviatorico (kPa)                      44.71

Contenuto in acqua (w%)                      32.57                                  Deformazione (%)                                  20.00

Densità secca ( $\text{kN/m}^3$ )                        14.29                                  Coesione non drenata  $C_u$  (kPa)            22.35

#### RETTA INVILUPPO ROTTURA



#### NOTE



Pro.mo.geo. Srl  
Corso Svizzera 4  
10143 TORINO

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA IL

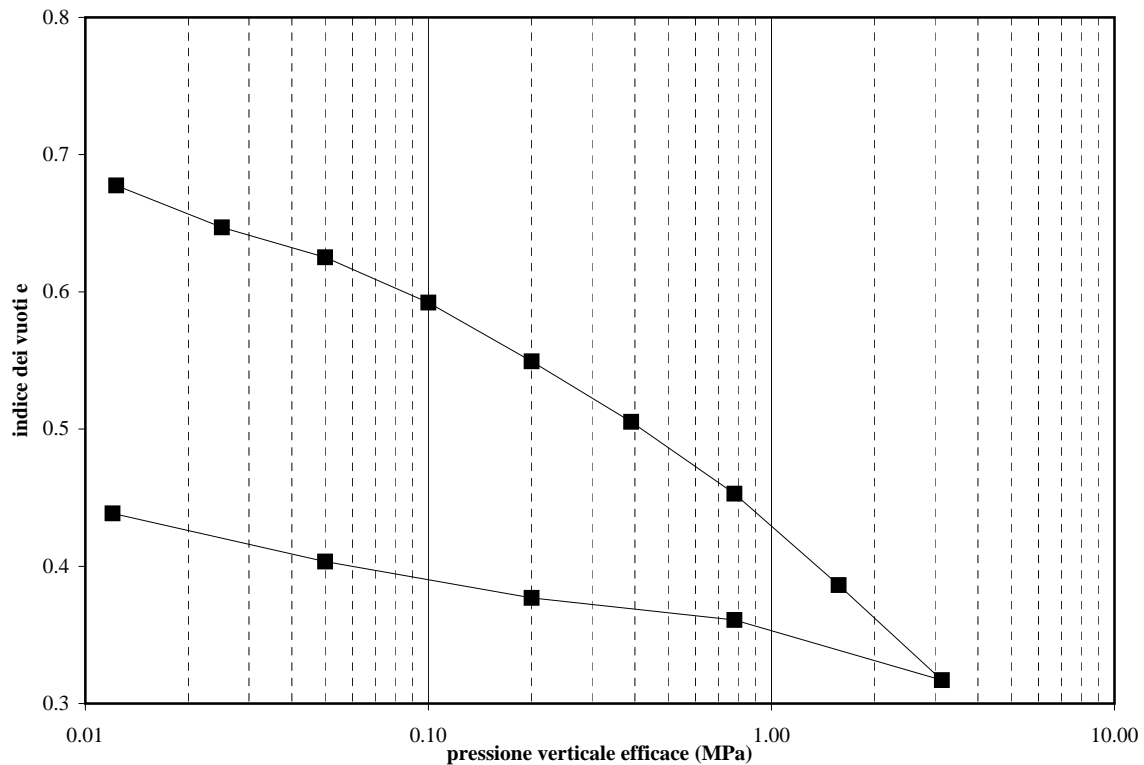
DATI CANTIERE		DATI CAMPIONE	
COMMITTENTE	Provincia di Genova - Ar. 06	SONDAGGIO	S5
LOCALITA'	Lavagna	CAMPIONE	CI1
DATA		PROFONDITA'	9.00-9.60 m

### CARATTERISTICHE FISICHE

Diametro provino (mm):	50.00	Densità umida (g/cm <sup>3</sup> ):	
Altezza provino (mm):	20.00	Densità secca (g/cm <sup>3</sup> ):	
Peso lordo umido iniziale (g):	156.93	Conten. d'acqua iniziale (%):	
Peso lordo umido finale (g):		Conten. d'acqua finale (%):	
Peso lordo secco (g):		Peso specif. grani (g/cm <sup>3</sup> ):	
Tara fustella (g):	63	Indice dei vuoti iniziale:	

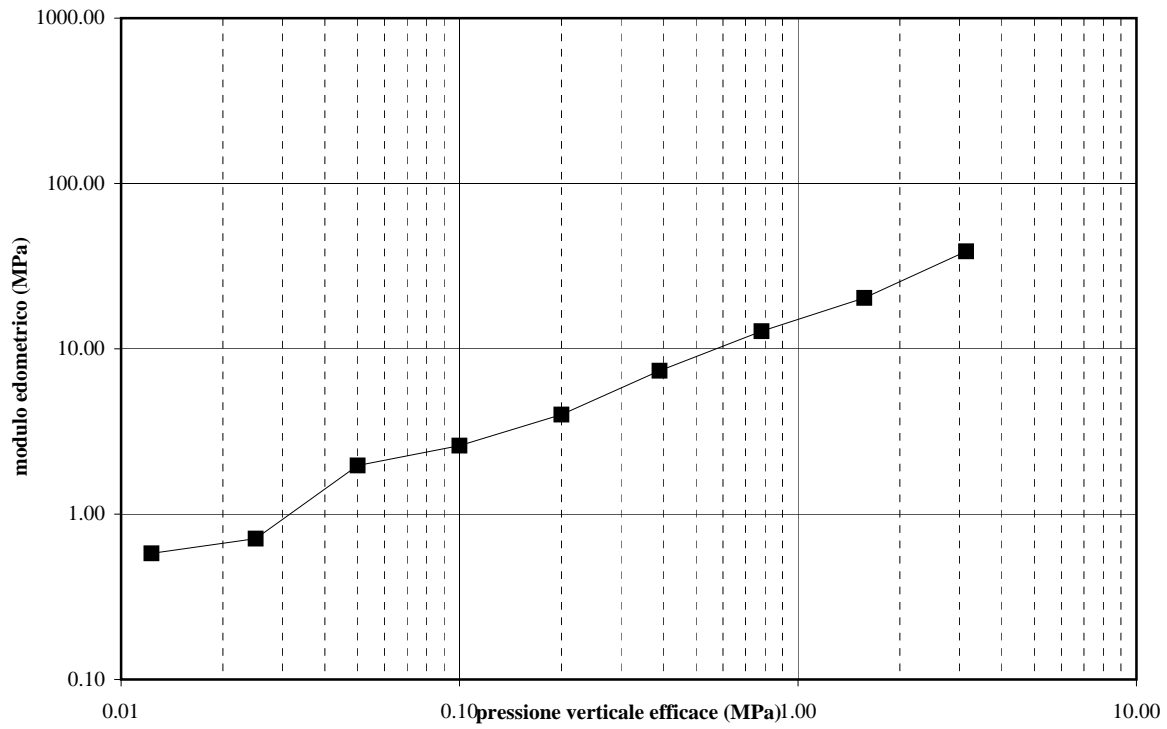
### TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI DETERMINATI

P MPa	$\Delta h$ mm	$\Delta h/h$ %	e	Eed MPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	K cm/sec
0	0	0.000	0.714			
0.0123	0.425	2.125	0.678	0.6	n.d.	n.d.
0.025	0.782	3.910	0.647	0.7	n.d.	n.d.
0.05	1.036	5.180	0.625	2.0	n.d.	n.d.
0.1	1.421	7.107	0.592	2.6	n.d.	n.d.
0.2	1.921	9.605	0.549	4.0	n.d.	n.d.
0.39	2.436	12.181	0.505	7.4	n.d.	n.d.
0.78	3.047	15.235	0.453	12.8	n.d.	n.d.
1.57	3.824	19.120	0.386	20.3	n.d.	n.d.
3.14	4.632	23.161	0.317	38.9	n.d.	n.d.
0.78	4.120	20.600	0.361			
0.2	3.932	19.660	0.377			
0.05	3.624	18.120	0.403			
0.012	3.214	16.070	0.439			





## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA IL









PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL BACINO DEL FIUME  
ENTE LLA RELATIVAMENTE AL TRATTO TERMINALE – 1° LOTTO DALLA FOCE AL  
PONTE DELLA MADDALENA – 1° STRALCIO FUNZIONALE –  
PROGETTO DEFINITIVO  
REVISIONE GENERALE A SEGUITO DEL PARERE DEL C.T.B. REGIONALE DEL 08/03/2012  
E DELLE INDICAZIONI EMERSE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI

---

## ALLEGATO 5 – PROFILO GEOTECNICO

---

A.T.I.:



STUDIO GALLI  
INGEGNERIA



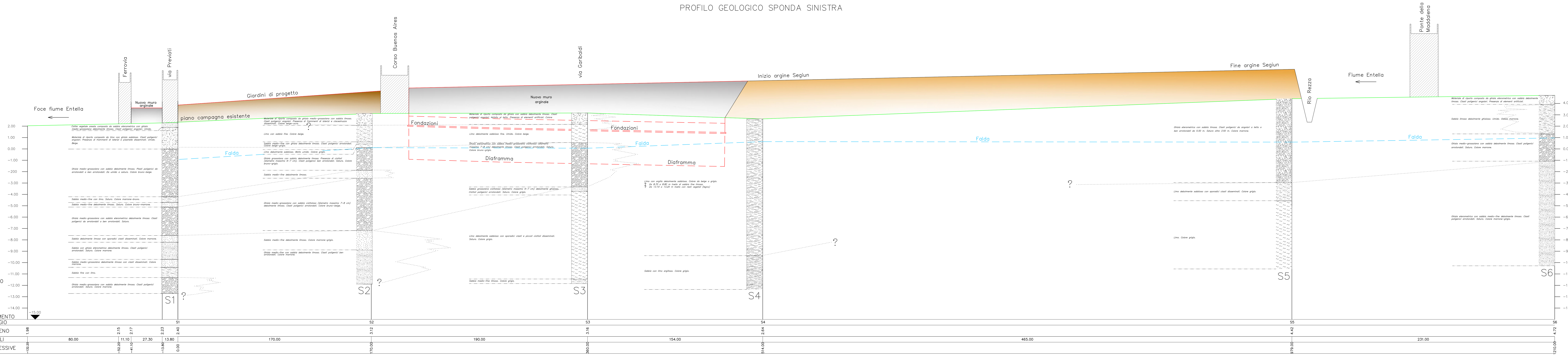
projonìa  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES



RELAZIONE GEOTECNICA - RG02



PROFILO GEOLOGICO SPONDA SINISTRA



SCALE  
LUNGHEZZE: 1 : 1000  
ALTEZZE: 1 : 100

QUOTA DI RIFERIMENTO	-15.00										
NUNERO SONDAGGIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6					
QUOTE DEL TERRENO	1.98	2.15	2.17	2.23	2.40	3.12	3.16	2.64	4.42	4.72	
DISTANZE PARZIALI		80.00	11.10	27.30	13.80	170.00	190.00	154.00	465.00	231.00	132.20
DISTANZE PROGRESSIVE	132.20	212.20	223.30	250.60	264.40	434.40	624.40	778.40	1243.40	1474.40	1606.60

PROFILO GEOTECNICO SPONDA SINISTRA  
(Modello geotecnico del sottosuolo)

G,S,L+A = contenuti percentuali in ghiaia, sabbia e fine (limo+argilla)  
 γ = peso di volume naturale  
 W<sub>n</sub> = contenuto in acqua  
 W<sub>l</sub> = limite di liquidità  
 W<sub>p</sub> = limite di plasticità  
 I<sub>p</sub> = indice di plasticità  
 φ = indice di consistenza  
 c = la coesione efficace

