



## COMUNE DI MONSUMMANO TERME

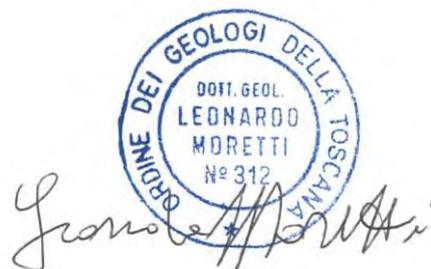
(PROVINCIA DI PISTOIA)

Progetto di ristrutturazione e ampliamento  
area Ex Calzaturificio Indios

### RELAZIONE GEOLOGICA

Parametrizzazione geotecnica dei terreni

Committente:	REG Italia S.r.l.
Progetto:	Arch. Roberto Bruni – Il Poliedro
Rilievi e analisi:	Dott. Geol. Leonardo Moretti Ordine Geologi della Toscana n.312 Dott.ssa Geol. Elisa Lazzi Ordine Geologi della Toscana n.1587



**FEBBRAIO 2019**

## **SOMMARIO**

<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DATI DI PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. GLI ELABORATI GEOLOGICI DI FATTIBILITÀ DEL REGOLAMENTO URBANISTICO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>7</b>
4.1 Inquadramento geomorfologico.....	7
4.2 Inquadramento geologico.....	7
<b>5. VINCOLI E CONDIZIONAMENTI .....</b>	<b>11</b>
5.1 Pericolosità geologica.....	11
5.2 Pericolosità idraulica.....	11
<b>6. CLASSIFICAZIONE SISMICA.....</b>	<b>11</b>
<b>7. INDAGINI E PROSPEZIONI .....</b>	<b>16</b>
<b>8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>19</b>
Premessa.....	19
8.1 Modello litostratigrafico del sottosuolo e parametrizzazione geotecnica .....	19
8.2 Parametrizzazione geotecnica.....	19
<b>9. PROBLEMATICHE AMBIENTALI .....</b>	<b>20</b>
<b>10. TUTELA DEL RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE .....</b>	<b>20</b>
<b>11. FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>20</b>
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>21</b>

Allegato 1 Repertorio dei dati geologici 2008  
Allegato 2 Indagini geologiche 2018  
Allegato 3 Certificati di Laboratorio Geotecnico 2018  
Allegato 4 Indagine Geofisica 2018

## PREMESSA

In questa relazione si descrivono le condizioni geologiche e idrogeologiche di un'area del comune di Monsummano Terme interessata dal progetto di ristrutturazione e ampliamento per sopraelevazione di un edificio a destinazione artigianale, area Ex Indios, situato in Monsummano fra Via Paradiso e Via Verdi presso il confine con il comune di Pieve a Nievole. Il proponente dell'iniziativa è la Società REG Italia r.l. proprietaria degli immobili. L'ubicazione dell'area è riportata nella planimetria scala 1:10.000 di Figura 1.

Lo scopo dello studio è stato quello di determinare le caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche, geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo in ottemperanza a quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia.

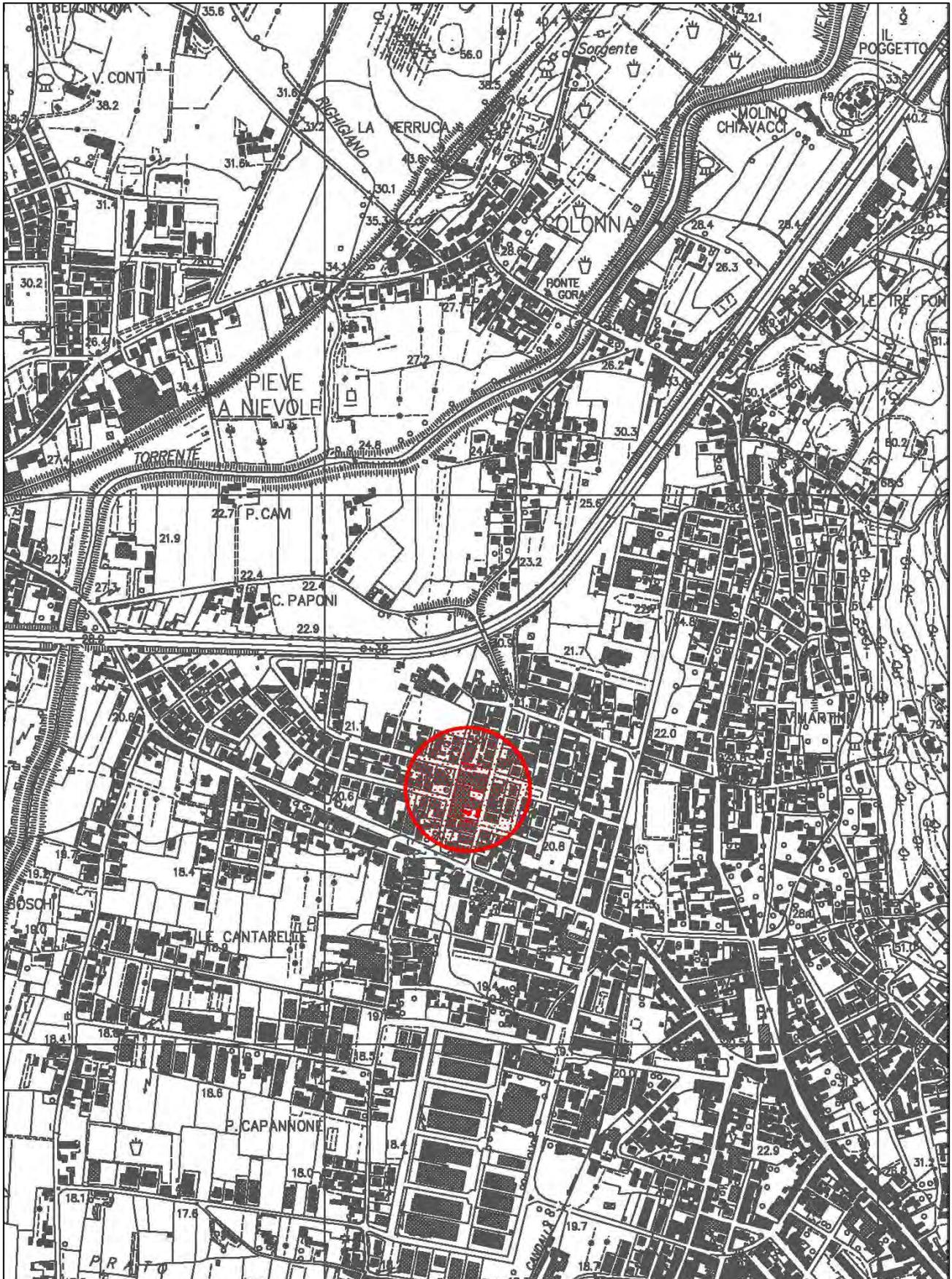
## 1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Viene fatto riferimento al seguente quadro normativo:

- **Legge Regionale n. 65** del 10/11/2014 (Norme per il Governo del Territorio); con riferimenti all'Art. 104 (Pericolosità idrogeologica e sismica e misure di mitigazione dei rischi. Regolamento) e all'Art. 245 (Regolamenti emanati in attuazione della L.R.T. 1/2005).
- **D.G.R.T. n. 421 del 25/5/2014** - Riclassificazione sismica del territorio regionale: con la quale il comune di Prato è inserito in zona sismica 3 (confermato rispetto alla precedente delibera del 2012).
- **Delibera n.235 3/03/2016** Comitato Istituzionale Integrato Autorità do Bacino del Fiume Arno. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale. Approvazione del piano.
- **Decreto Ministeriale 14/01/2008** – Testo unico Norme Tecniche per le Costruzioni.
- **Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici** – Istruzione per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 Gennaio 2008. Circolare 2 Febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** – Pericolosità Sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27/07/2007.
- **Decreto 17 gennaio 2018** Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- **Decreto del Presidente della Giunta Regionale 9 luglio 2009, n. 36/R.** Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.
- **Legge regionale 24 luglio 2018, n. 41.** Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014.
- **PGRA.** Piano di Gestione Rischio Alluvione (17 Dicembre 2015).

In questa relazione e negli allegati si tiene inoltre conto delle disposizione geologiche del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico del comune di Monsummano Terme (2015).

Figura 1. Corografia. Localizzazione dell'intervento.



## 2. DATI DI PROGETTO

L'intervento riguarda il recupero e l'ampliamento di un fabbricato industriale costruito negli anni 60', con la totale ristrutturazione dell'immobile che ad oggi si trova in stato di abbandono (Ex Calzaturificio Indios), con manto di copertura in lastre di eternit (cemento amianto), per cui l'intervento proposto riguarda la bonifica dell'attuale copertura, oltre un piccolo ampliamento sia volumetrico che di superficie, il tutto per rendere l'immobile idoneo alle esigenze igienico sanitarie, sicurezza ed adeguamento sismico, per poter svolgere quelle attività legate al mondo calzaturiero dando modo alla proprietà di assumere nuove maestranze al termine dei lavori.

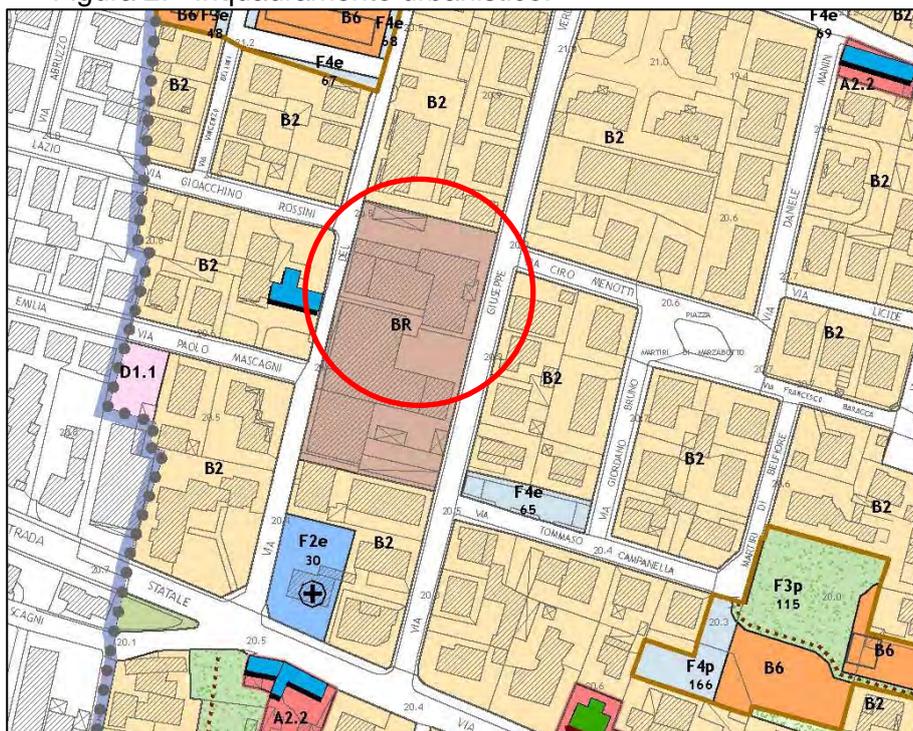
L'area oggetto d'intervento ad oggi ha una classificazione nel vigente R.U. come BR - Tessuti edilizi assoggettati ad interventi di riqualificazione insediativa, l'immobile ha una destinazione d'uso "produttivo calzaturiero".

L'attività che sarà svolta dopo l'intervento sarà quella legata alla produzione di calzature, visto che la proprietà già svolge la stessa attività in altro immobile, posto nelle immediate vicinanze.

Il complesso immobiliare si trova attualmente al centro di un'area fortemente caratterizzata da edifici residenziali, con una densità abitativa fra le più alte presenti nel Comune di Monsummano Terme.

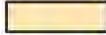
Nel fabbricato esistente, da anni in avanzato stato di degrado, non è presente alcuna attività, dato che quella precedentemente è stata dismessa diversi anni fa. L'edificio è attualmente in avanzato stato di degrado. Di seguito l'inquadramento urbanistico.

Figura 2. Inquadramento urbanistico.



## La città della prima espansione urbana

### *Tessuti a prevalente destinazione residenziale*

-  B0 - Tessuti prevalentemente residenziali di interesse ambientale
-  B1 - B2 - B3 - B4 - Tessuti consolidati prevalentemente residenziali
-  B5 - Tessuti prevalentemente residenziali derivanti da interventi di riqualificazione insediativa
-  BR - Tessuti assoggettati ad interventi di riqualificazione insediativa per destinazioni prevalentemente residenziali

Questi i dati dimensionali essenziali:

SUPERFICIE LOTTO 2208.27 MQ  
VOL. 5534.52 MC

DISTRIBUZIONE DELLE SUPERFICIE STATO DI PROGETTO  
SUP. COP. 1226.08 MQ  
SUL 1751,81 MQ  
VOL. 6050,72 MC

DIFFERENZA RISPETTO ALLE CONDIZIONI ATTUALI  
SUP. COP. 00.00 MQ  
SUL + 441,10 MQ  
VOL + 516,20 MC

AREA A VERDE 336.14 MQ  
AUTOBLOCCANTI 413.96 MQ

L'area è interessata da pericolosità idraulica molto elevata ai sensi del DPGRT 53R/2011 per TR 30 e PI 3 ai sensi del PGRA. Con riferimento alla Legge Regionale Toscana 41/2018 gli interventi previsti sono attuabili tramite la realizzazione di opere di tipo D: interventi di difesa locale: interventi di protezione finalizzati a limitare la vulnerabilità del singolo elemento esposto all'evento alluvionale.

Nelle figure delle pagine seguenti si forniscono gli elementi essenziali del progetto. In planimetria le tracce di sezione geologica.

Figura 3. Planimetria di progetto.

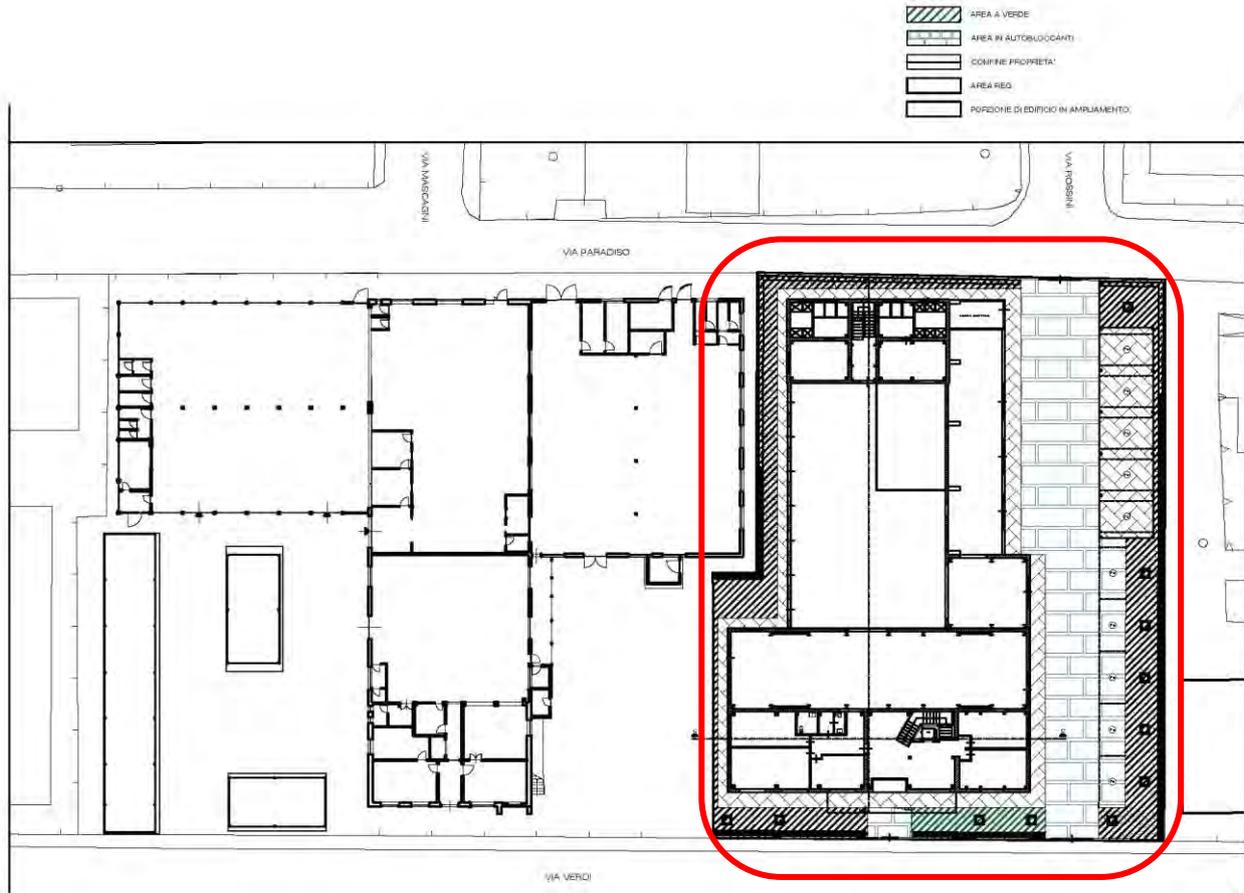


Figura 4. Sezione A – A' stato sovrapposto.

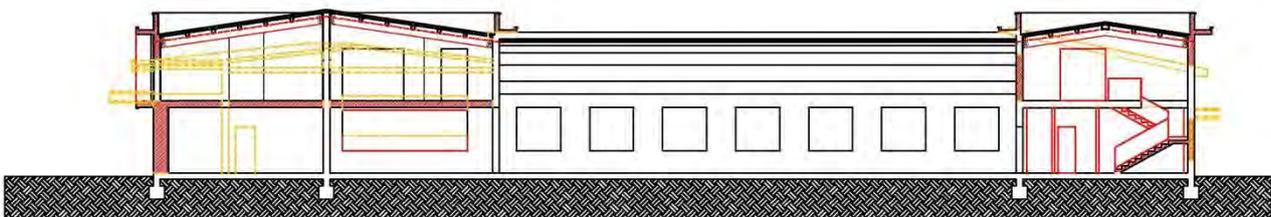


Figura 5. Tipologia di progetto prospetto sud stato sovrapposto

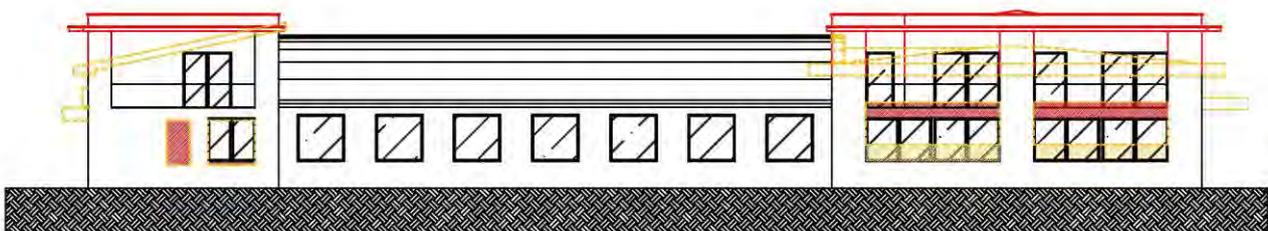


Figura 6. Tipologia di progetto prospetto est tato sovrapposto.

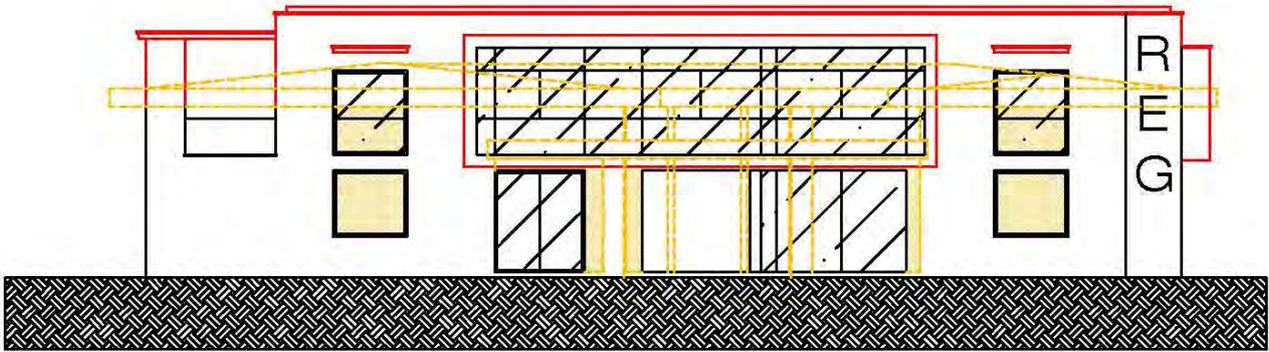
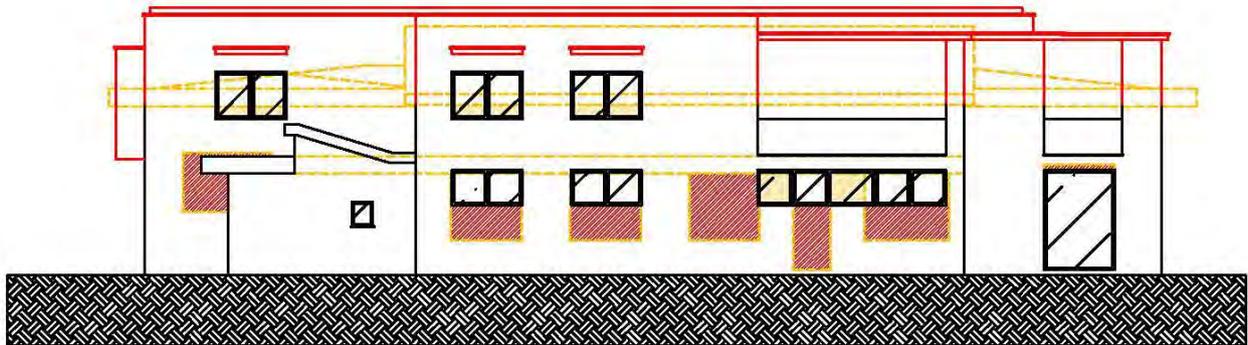


Figura 7. Tipologia di progetto prospetto ovest tato sovrapposto.



### 3. GLI ELABORATI GEOLOGICI DI FATTIBILITÀ DEL REGOLAMENTO URBANISTICO

Per la definizione delle fattibilità per fattori geologici, sismici e idraulici, si sono considerati gli elaborati geologici del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico approvati nel 2015.

Con riferimento alla L.R.T. 65/2014 l'Art. 104 (Pericolosità idrogeologica e sismica e misure di mitigazione dei rischi. Regolamento) e l'Art. 245 (Regolamenti emanati in attuazione della L.R.T. 1/2005) consentono, allo stato attuale, di pianificare secondo quanto prescritto D.P.G.R. n. 53/R del 25 ottobre 2011 – Regolamento di Attuazione dell'Art. 62 della Legge Regionale 03/01/2005.

In sintesi si sono redatti i seguenti documenti cartografici, in scala 10.000 quelli di pericolosità riferite al Piano Strutturale.

- Carta geologica
- Carta geotecnica
- Carta delle MOPS
- Carta dei dati geologici
- Carta delle aree a pericolosità geologica
- Carta delle aree a pericolosità idraulica
- Carta delle aree a pericolosità sismica locale

### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

#### 4.1 Inquadramento geomorfologico

L'area di intervento si colloca ai margini dell'ampia porzione di pianura della Valdinievole, in prossimità dei primi rilievi collinari a nord del Poggio alla Guardia e a est del Colle di Monsummano; le arginature del Torrente Nievole delimitano a nord e a ovest un vasto comparto urbano di Monsummano Terme e Pieve a Nievole intensamente urbanizzato e caratterizzato dalla presenza sia di edifici ad uso residenziale che artigianale.

Le quote sono di circa 20 metri sul livello medio del mare. Il reticolo idrografico superficiale originario è del tutto obliterato e sostituito dal sistema fognario bianco facente parte del bacino del Fosso Candalla e del Rio di Pratovecchio che corre tombato al di sotto della omonima via a confine fra i due comuni.

#### 4.2 Inquadramento geologico

Nel territorio del comune di Monsummano Terme e più in generale nel bacino idrografico del Torrente Nievole, è possibile individuare terreni appartenenti a diverse unità tettoniche. Partendo dai domini paleogeograficamente più interni e seguendo la schematizzazione proposta da Bortolotti (1992; Appennino Tosco-Emiliano, Guide Geologiche Regionali n. 4), si distinguono:

##### DEPOSITI CONTINENTALI

##### DEPOSITI MARINI

Supergruppo della Calvana (Dominio Ligure esterno)

Falda Toscana (Serie Toscana non metamorfica, Dominio Toscano)

Nella porzione di territorio a sud est dell'abitato di Monsummano affiorano esclusivamente i terreni di origine continentale del paleolago della Valdinievole:

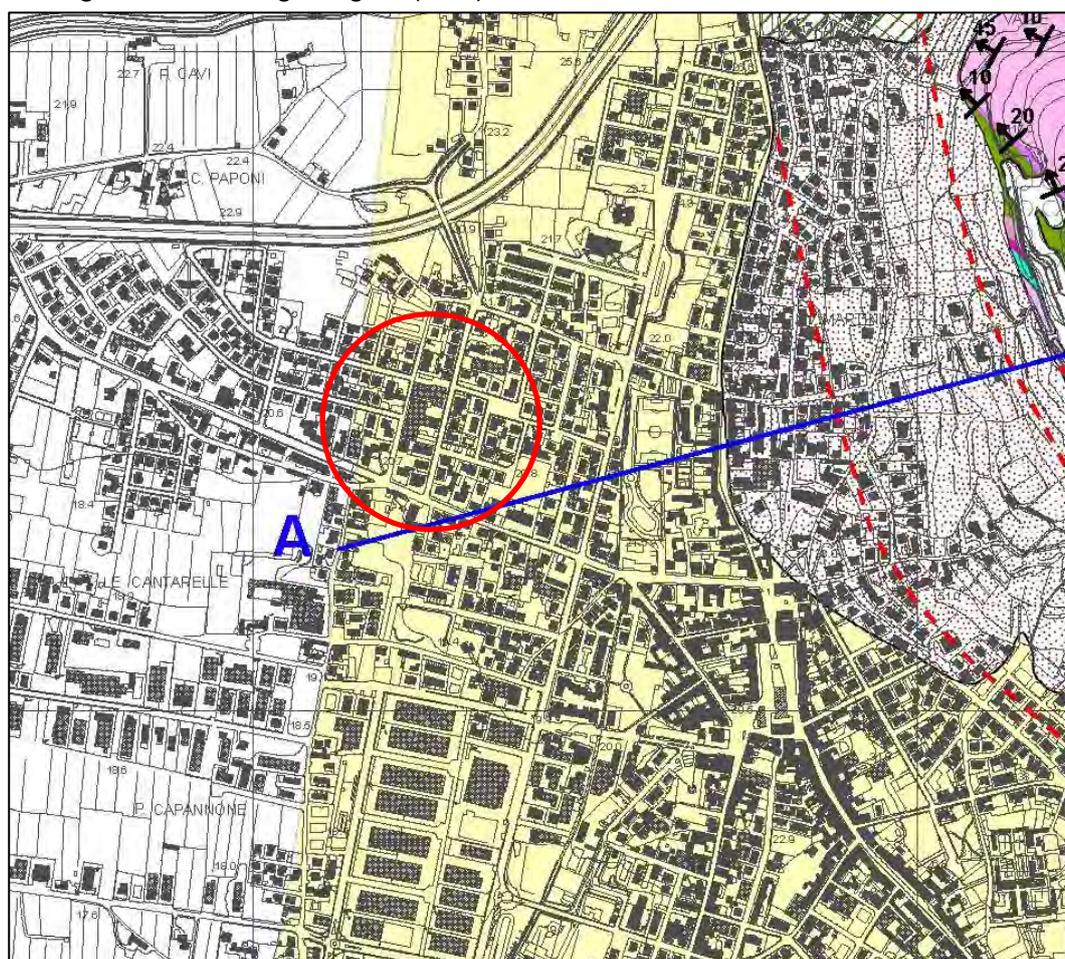
Alluvioni terrazzate (at): si tratta di depositi alluvionali, dovuti ad una successione alterna di erosione e sedimentazione ad opera dei corsi d'acqua principali; si trovano generalmente sui fianchi delle valli o sui deboli crinali al tetto delle formazioni villafranchiane, in posizione elevata rispetto al letto attuale dei corsi d'acqua.

Alluvioni recenti e attuali (all): sabbie più o meno limose, argillose e ghiaiose, costituenti i sedimenti più recenti dei corsi d'acqua che defluiscono attraverso la pianura della Valdinievole.

L'area di progetto si trova per intero presso i depositi alluvionali recenti (Fig.5); dal punto di vista stratigrafico le indagini svolte nel novembre 2018 hanno confermato una situazione già nota per le numerose indagini svolte in passato nella zona, caratterizzata da terreni con mediocri caratteristiche geotecniche, queste informazioni sono risultate coerenti con le indagini eseguite nel luglio 2008 a supporto di una fase progettuale poi non portata a termine e che riguardava anche le proprietà Ravesi e Monfibre.

Tutta l'area dell'Ex Indios, sede in passato quindi di attività produttive che hanno comportato una totale impermeabilizzazione del suolo e modesta modifica morfologica.

Figura 8. Carta geologica (P.S.).



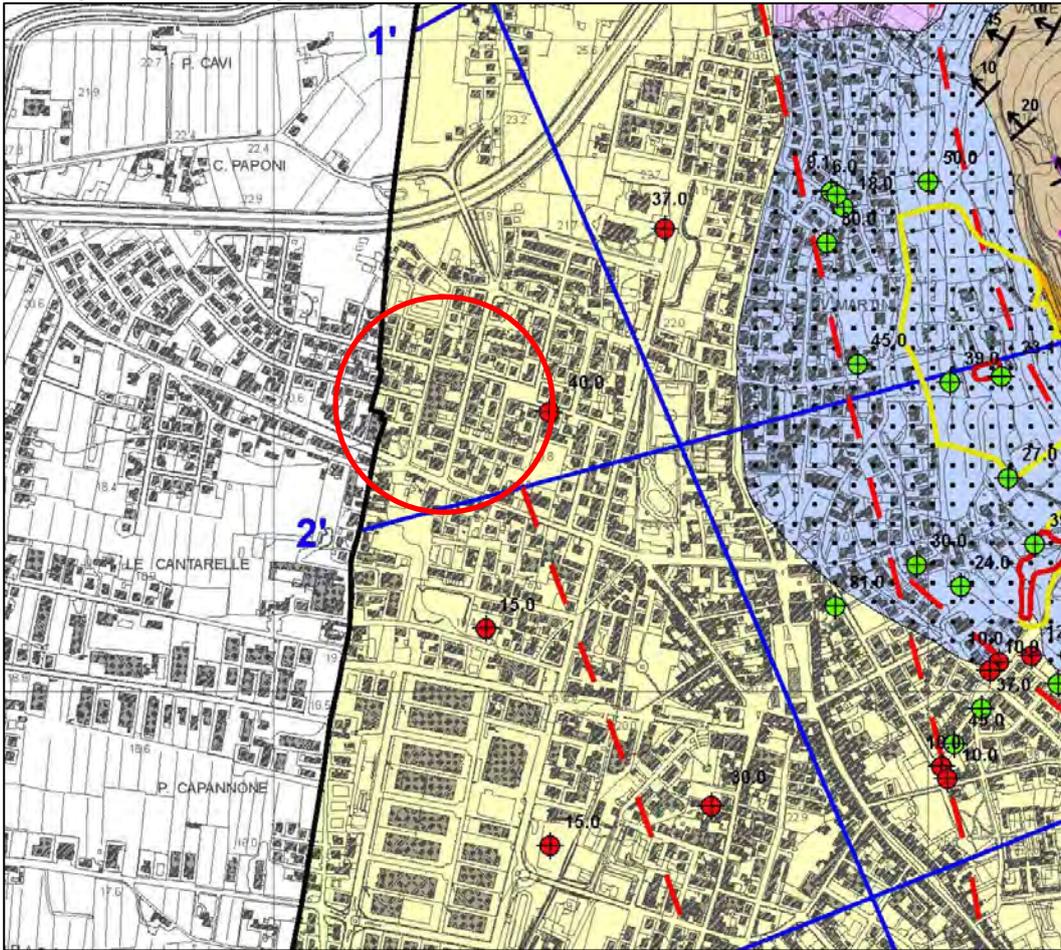
DEPOSITI ALLUVIONALI

-  attuali e recenti
-  terrazzati
-  di colmata
-  palustri
-  conoide alluvionale

DEPOSITI DI ACCUMULO

-  depositi eluviali
-  detrito di versante
-  detrito di cava
-  travertini e calcari continentali

Figura 9. Carta geotecnica (P.S.).



TERRENI DI COPERTURA (spessore minimo considerato 3,0 m)

GCic	ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di depositi alluvionali, moderatamente addensate, da moderatamente consistenti a consistenti
GMes	ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di depositi alluvionali di colmata, da scarsamente a moderatamente consistenti
PTIc	torbe ed altri terreni fortemente organici di depositi palustri da scarsamente a moderatamente consistenti
SMec	sabbie limose, miscela di sabbia e limo di depositi eluvio-colluviali, moderatamente addensati, da moderatamente consistenti a consistenti
GMfd	ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di detrito di versante moderatamente addensate, da moderatamente consistenti a consistenti
B	terreni contenenti resti di attività antropiche, detrito di cava

SUBSTRATO RIGIDO E NON RIGIDO

LP	lapideo
ALS	flysch calcarei ed arenacei, con alternanza di litotipi, stratificati
NR	substrato non rigido
GRS	granulare cementato, stratificato

ELEMENTI TETTONICO STRUTTURALI

	faglia diretta certa non attiva
	faglia diretta incerta non attiva
	faglia inversa certa non attiva
	faglia trascorrente destra certa non attiva
	faglia trascorrente sinistra certa non attiva

INDAGINI GEOGNOSTICHE

	profondità in metri del substrato geologico raggiunto da un sondaggio o da un pozzo
	profondità in metri di un sondaggio o di un pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico

MISURE DI STRATO

	strati diritti
	strati rovesciati
	strati orizzontali a polarità sconosciuta
	strati verticali a polarità sconosciuta

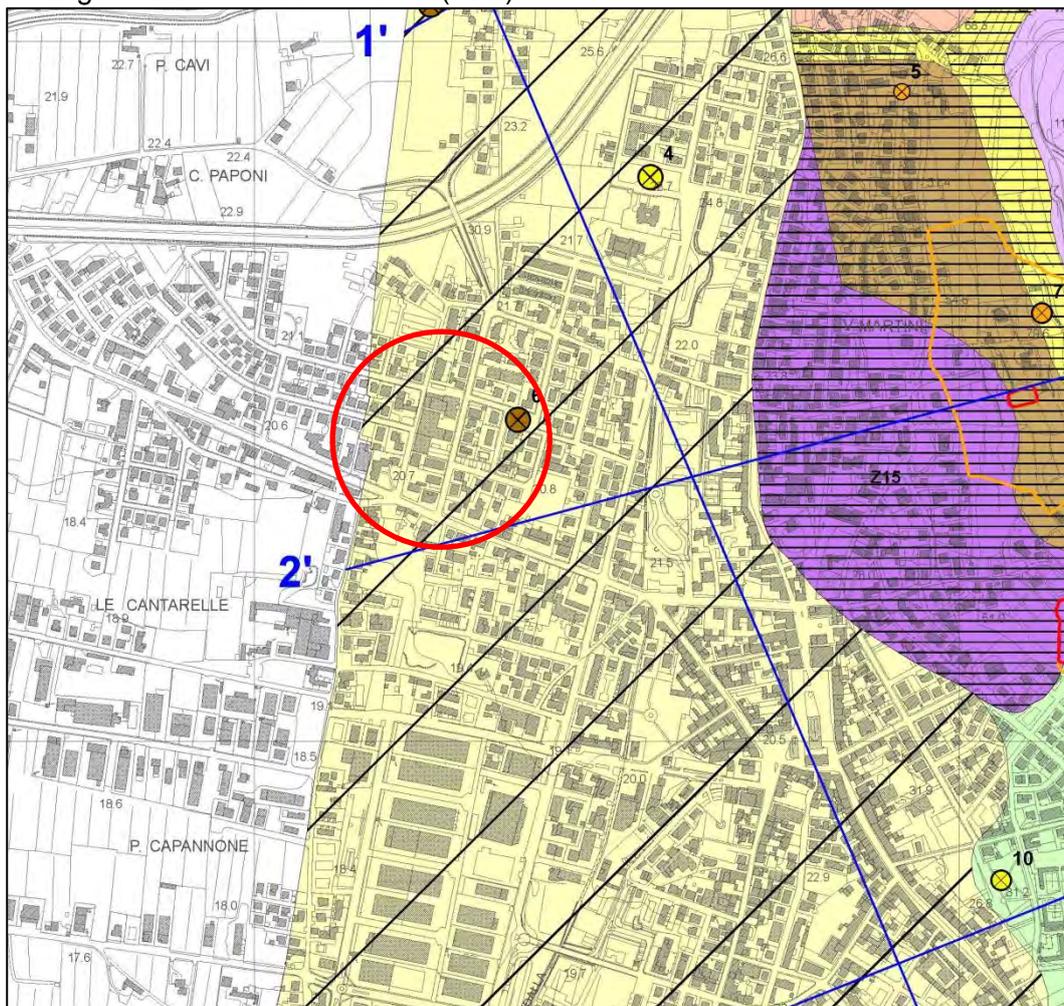
INSTABILITA' DI VERSANTE

	frana attiva di crollo
	frana attiva di scorrimento
	frana quiescente di scorrimento
	frana inattiva di scorrimento

FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE

	conoide alluvionale
	falda detritica
	area con cavità sepolte
	orlo di scarpata morfologica (h=10-20 m)
	orlo di scarpata morfologica (h>20 m)
	valle sepolta stretta (C>0.25)
	valle sepolta larga (C<0.25)
	grotta
	area MOPS
	traccia di sezione

Figura 10. Carta delle MOPS (P.S.).



**Litologia dei terreni di copertura**

-  ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di detrito di versante moderatamente addensate, da moderatamente consistenti a consistenti
-  ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di depositi alluvionali, moderatamente addensate, da moderatamente consistenti a consistenti, stratificate
-  travertini e calcari continentali
-  ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di depositi alluvionali di colmata, da scarsamente a moderatamente addensate, da scarsamente a moderatamente consistenti, stratificate
-  terreni contenenti resti di attività antropiche, addensati
-  area in cui il substrato geologico si ritrova a profondità estremamente variabili in relazione alla possibile presenza di un sistema di faglie dirette con direzione prevalente NO-SE

**ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'**

**Instabilità di versante**

-  corpo di frana attiva
-  corpo di frana quiescente
-  corpo di frana inattiva
-  traccia di sezione

**FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE**

-  conoide alluvionale
-  falda detritica
-  area con cavità sepolte
-  orlo di scarpata morfologica (h=10-20m)
-  orlo di scarpata morfologica (h>20m)
-  valle spolta stretta (C>0.25)
-  valle spolta larga (C<0.25)
-  grotta

## 5. VINCOLI E CONDIZIONAMENTI

### 5.1 Pericolosità geologica

Dal punto di vista geologico e geomorfologico l'area si trova in una condizione stabile per l'assenza di processi morfologici, i terreni di fondazione presentano caratteristiche geotecniche mediocri (Fig.8).

### 5.2 Pericolosità idraulica

Gli studi idrologici e idraulici di Variante Generale al P.S. e al R.U. hanno comportato una modifica sostanziale alle precedenti zonazioni di pericolosità idraulica, inserendo l'area in pericolosità molto elevata o per "alluvioni frequenti" secondo la L.R.T. 41/2018, quindi con limitazioni alla realizzazione di nuove opere edili e minori condizionamenti per gli interventi sul patrimonio edilizio esistente. Il battente idraulico verificato nella zona è pari a 30 cm.

In occasione di un precedente progetto residenziale del 2015, redatto in un contesto normativo diverso determinato dalla L.R.T. 21/2012, è stato redatto uno studio idrologico e idraulico finalizzato alla individuazione di una tipologia edificatoria compatibile con le disposizioni allora vigenti, questo studio non viene allegato alla presente relazione ma se ne tiene conto in quanto si ritiene possa essere utile a supportare il progetto proposto.

## 6. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Dal punto di vista geosismico gli studi urbanistici generali collocano l'area in una condizione stabile con substrato geologico posto a profondità maggiori di 30, potenzialmente suscettibile di amplificazioni dovute ad effetti stratigrafici (Fig.10).

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il **Codice Europeo in materia antisismica (EC8)**.

La Regione Toscana, in applicazione dell'O.P.C. Min. n. 3274 del 20 marzo 2003 con la Delibera n° 604 del 16/06/2003 (Allegati 1 e 2) ha provveduto a una nuova classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione orizzontale max convenzionale (di ancoraggio) dello spettro di risposta elastica ( $a_g$ )
1	0.25 g < $a_g$ < 0.35 g	0.35 g
2	0.15 g < $a_g$ < 0.25 g	0.25 g
3	0.05 g < $a_g$ < 0.15 g	0.15 g
4	< 0.05 g	0.05 g

La successiva classificazione (Deliberazione di G.R.T. N.431 del 19 giugno 2006) prevede per alcuni comuni del territorio regionale una declassazione da zona a media sismicità a zona a bassa sismicità (da zona 2 a zona 3), pertanto è stato ritenuto opportuno mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, prevedendo di conseguenza l'individuazione di una zona 3s.

### Classificazione del sito ai sensi del D.M. 17/01/2018

Il D.M. del 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni apporta delle importanti modifiche anche per ciò che concerne i criteri di classificazione sismica del territorio nazionale prevedendo una

classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Vengono identificate le classi, A, B, C, D, E, S1 e S2 ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Il D.M. del 17/01/2018 modifica leggermente la classificazione sismica, eliminando le classi S1 e S2 e ridefinendo la categoria E. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

**Categoria A** : Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**Categoria B** : Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**Categoria C** : Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

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

**Categoria E** : Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

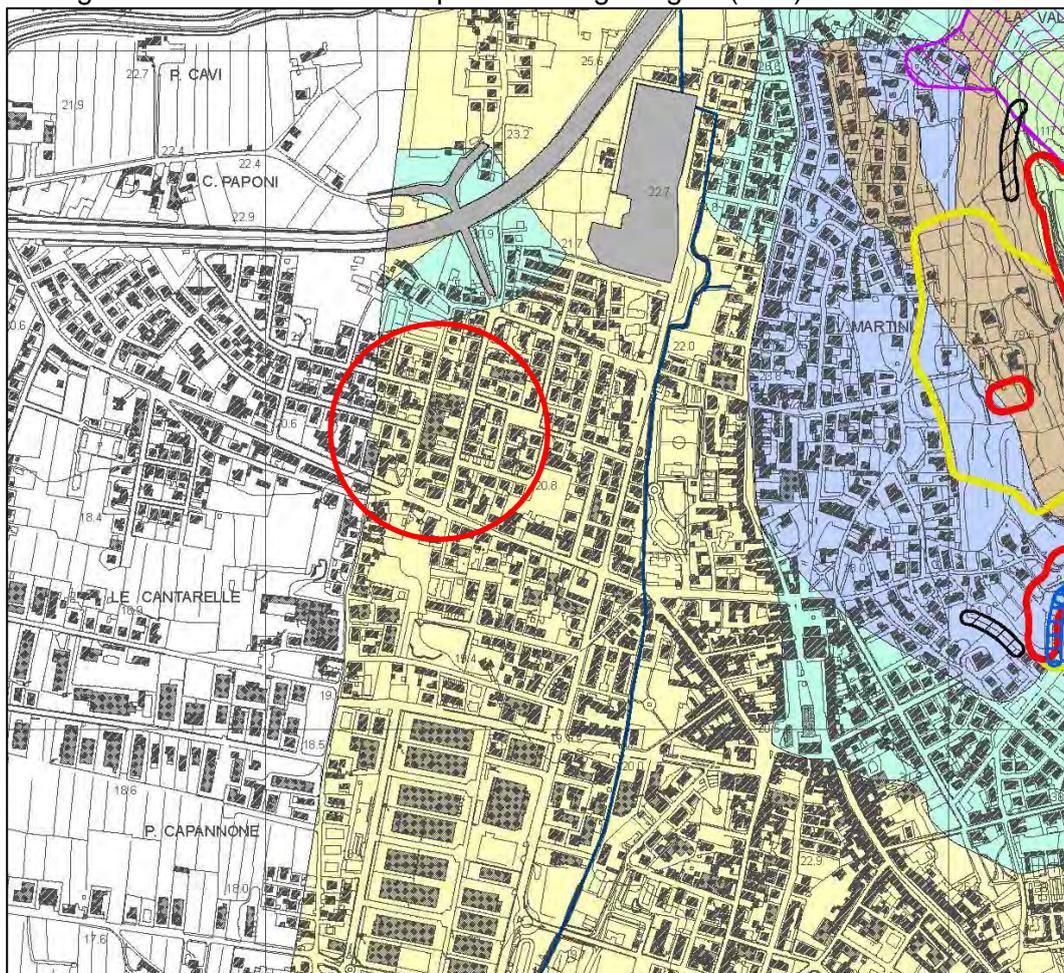
Il territorio comunale di Monsummano Terme rientra nella **Classe 3** con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0,15 g.

L'indagine geofisica, descritta in Allegato 3, riporta un dato di **Vseq = 327 m/sec**. Che classifica i sito secondo lo schema seguente.

Grafico 1. Classificazione sismica.

H (m)	Vs_equ (m/s)				Vs (m/s)		
	100	180	360	800	> 800		
3	RSL	E	E	B	A		
20							
30							
>30		D	C				

Figura 11. Carta delle aree a pericolosità geologica (P.S.).



Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

-  frana attiva
-  alveo in approfondimento

Pericolosità geologica elevata (G.3)

-  frana quiescente
-  area potenzialmente instabile in base alla giacitura delle formazioni stratificate
-  area di potenziale instabilità dovuta alla pendenza del versante:
  - terreni argillosi con pendenze >10%
  - terreni sabbiosi con pendenze >25%
  - terreni litoidi molto fratturati con pendenze >35%
  - terreni litoidi poco fratturati e di buona qualità con pendenze >50%
-  corpo detritico su versante con pendenza >25%
-  area interessata da rilevanti manomissioni antropiche
-  corpo d'acqua e relativo paramento
-  scarpata di erosione non attiva o quiescente
-  area caratterizzata da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche

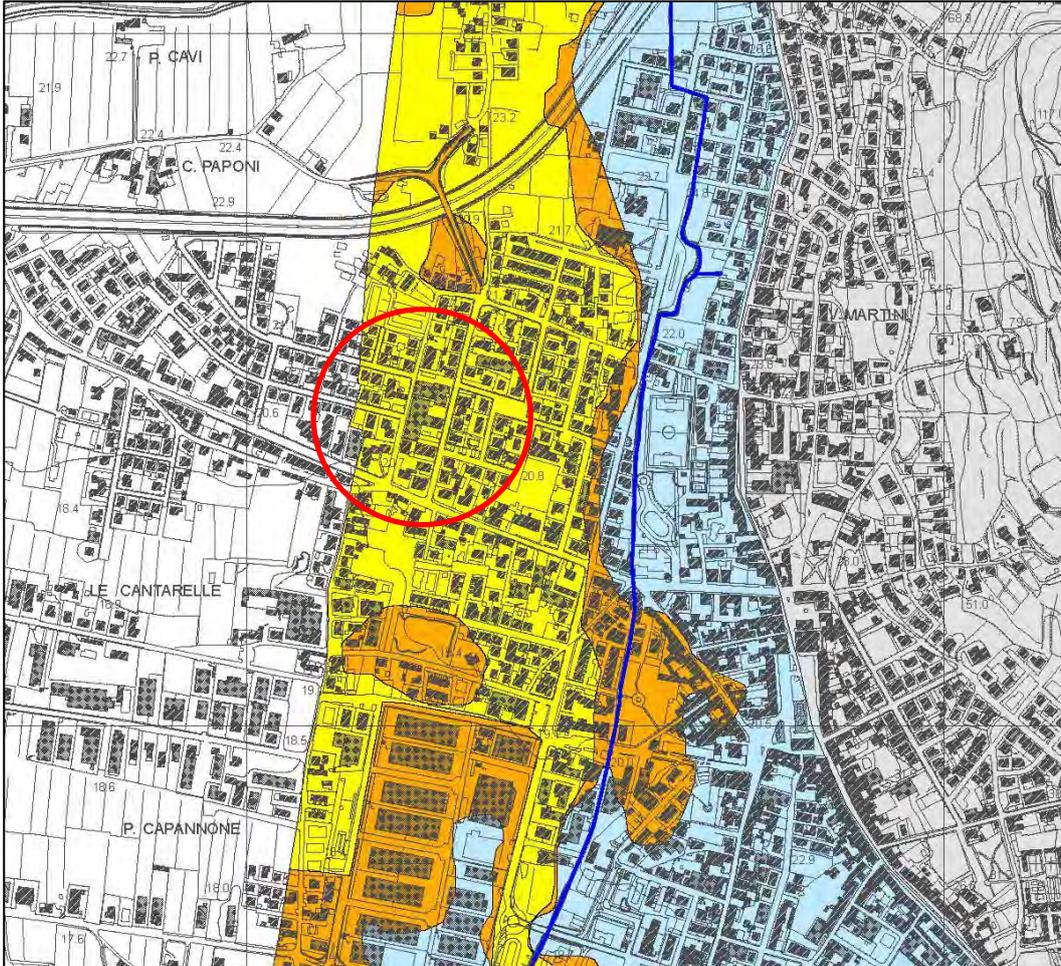
Pericolosità geologica media (G.2)

-  area interessata da frane non attive
-  corpo detritico su versante con pendenza <25%
-  area di potenziale instabilità dovuta alla pendenza del versante:
  - terreni argillosi con pendenze <10%
  - terreni sabbiosi con pendenze <25%
  - terreni litoidi molto fratturati con pendenze <35%
  - terreni litoidi poco fratturati e di buona qualità con pendenze <50%

Pericolosità geologica bassa (G.1)

-  area in cui non sussistono fattori litologici e giaciture predisponenti il verificarsi di processi morfoevolutivi

Figura 12. Carta delle aree a pericolosità idraulica (P.S.).



I.4 - Pericolosità idraulica molto elevata\* (Tr=tempo di ritorno)

 aree interessate da allagamenti per eventi di piena con un Tr inferiore o uguale a 30 anni  
\* per queste aree si applicano anche le disposizioni di cui alla LR.n.21/2012

I.3 - Pericolosità idraulica elevata

 aree interessate da allagamenti per eventi di piena con un Tr compreso tra 30 e 200 anni

I.2 - Pericolosità idraulica media

 aree interessate da allagamenti per eventi di piena con un Tr superiore a 200 anni

I.1 - Pericolosità idraulica bassa

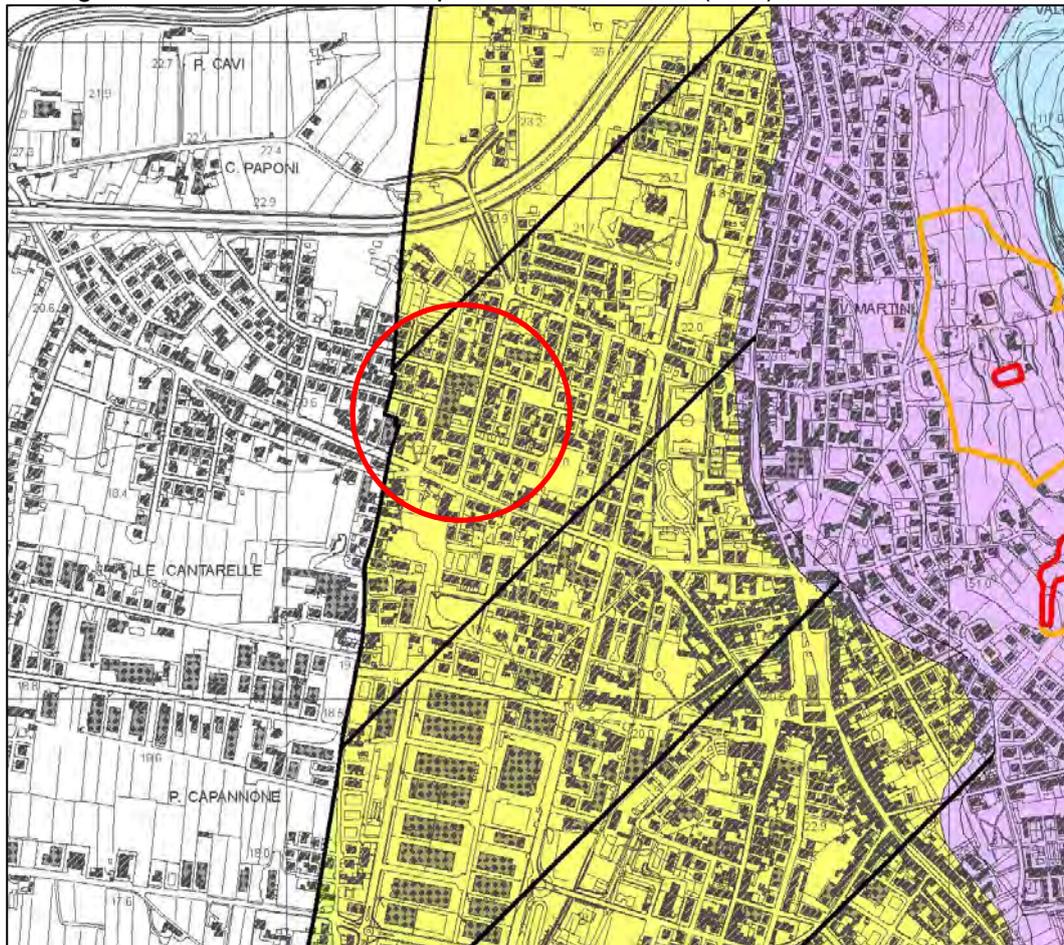
 aree collinari e/o di alto morfologico non soggette alle dinamiche fluviali

 Area di approfondimento dello studio idrologico-idraulico  
relativo ai corsi d'acqua Rio Pietraie, Rio Gerbi e Rio di Bronzuoli

Interventi strutturali di cui al Piano Stralcio Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

 Interventi di tipo "B", casse d'esonazione (norma 3 del DPCM 5/11/99)

Figura 13. Carta delle aree a pericolosità sismica (P.S.).

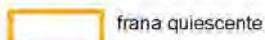


Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4)

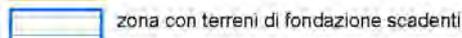


frana attiva

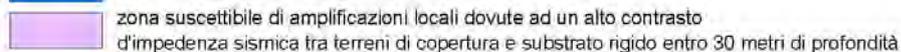
Pericolosità sismica locale elevata (S.3)



frana quiescente

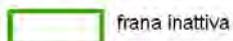


zona con terreni di fondazione scadenti



zona suscettibile di amplificazioni locali dovute ad un alto contrasto d'impedenza sismica tra terreni di copertura e substrato rigido entro 30 metri di profondità

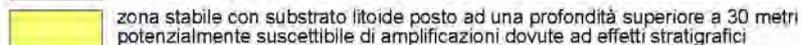
Pericolosità sismica locale media (S.2)



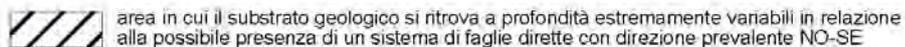
frana inattiva



zona stabile con substrato litoide affiorante o sub-affiorante potenzialmente suscettibile di amplificazioni dovute ad effetti morfologici



zona stabile con substrato litoide posto ad una profondità superiore a 30 metri potenzialmente suscettibile di amplificazioni dovute ad effetti stratigrafici



area in cui il substrato geologico si ritrova a profondità estremamente variabili in relazione alla possibile presenza di un sistema di faglie dirette con direzione prevalente NO-SE

## 7. INDAGINI E PROSPEZIONI

A supporto del progetto edificatorio è stata realizzata una campagna geognostica consistente in un sondaggio geognostico spinto sino alla profondità di 15 m. dal p.c., e una indagine geofisica MASW.

Si sono considerate inoltre le informazioni derivanti da una campagna geognostica eseguita nell'aprile 2008 in occasione di una precedente fase progettuale.

Le prospezioni del 2008 consistono in n. 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH e tre sondaggi geognostici, i risultati di queste indagini sono descritti in Allegato XXXX.

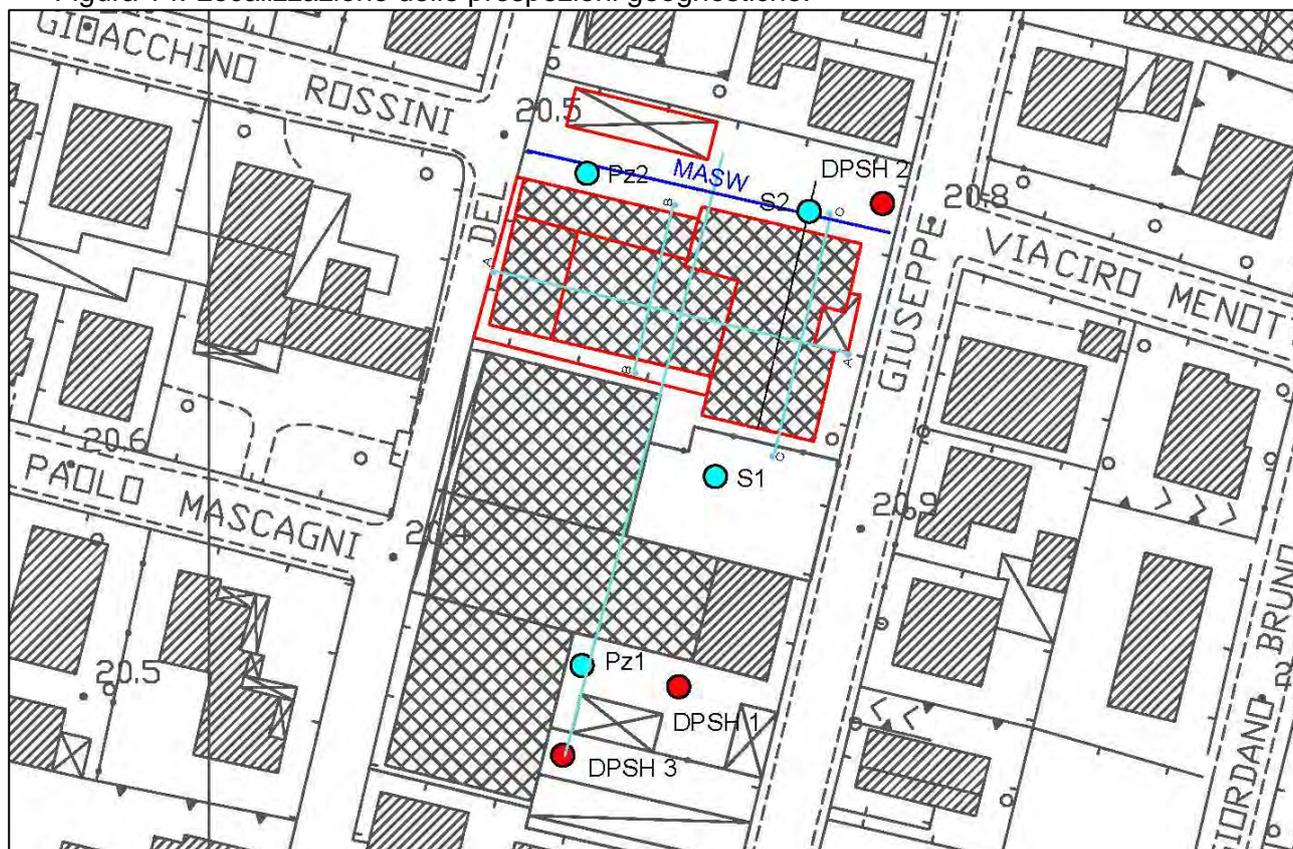
La programmazione del sondaggio novembre 2018 è stata quindi supportata dalle stratigrafie dei sondaggi S1 a 20 m. di profondità, Pz1 e Pz2 a 10 m. dai quali è stato possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica.

- 0,0 – 1,0 m. Terreni rimaneggiati e/o di riporto.
- 1,0 – 7/8 m. Sabbie e sabbie limose.
- 7/8 – 13 m. Argille sabbiose consistenti.
- 13 – 17 m. Ghiaie e ciottolami in matrice limo sabbiosa.
- 17 – 20 m. Sabbie grossolane con ghiaie e ciottoli.

Le prospezioni eseguite nel 2008 descrivono una profondità della falda di 4,5 m. dal p.c. per S1, 1,3 m. e 1,6 m. rispettivamente per Pz1 e Pz2.

La localizzazione delle indagini 2008 e 2018 è descritta in Fig. 14. Il sondaggio 2018 è identificato con la sigla S2 che confermato in gran parte le condizioni stratigrafiche precedentemente definite. Nella pagina seguente si riporta la stratigrafia di S2 2018, in Allegato 1 il repertorio geologico del 2008.

Figura 14. Localizzazione delle prospezioni geognostiche.



Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche è stata intercettata una modesta falda nel corso della perforazione. Mentre una nuova misura piezometrica del gennaio 2019 ha rilevato la quota di - 3,50 m. dal p.c.

Figura 15. Stratigrafia del sondaggio S2 2018.

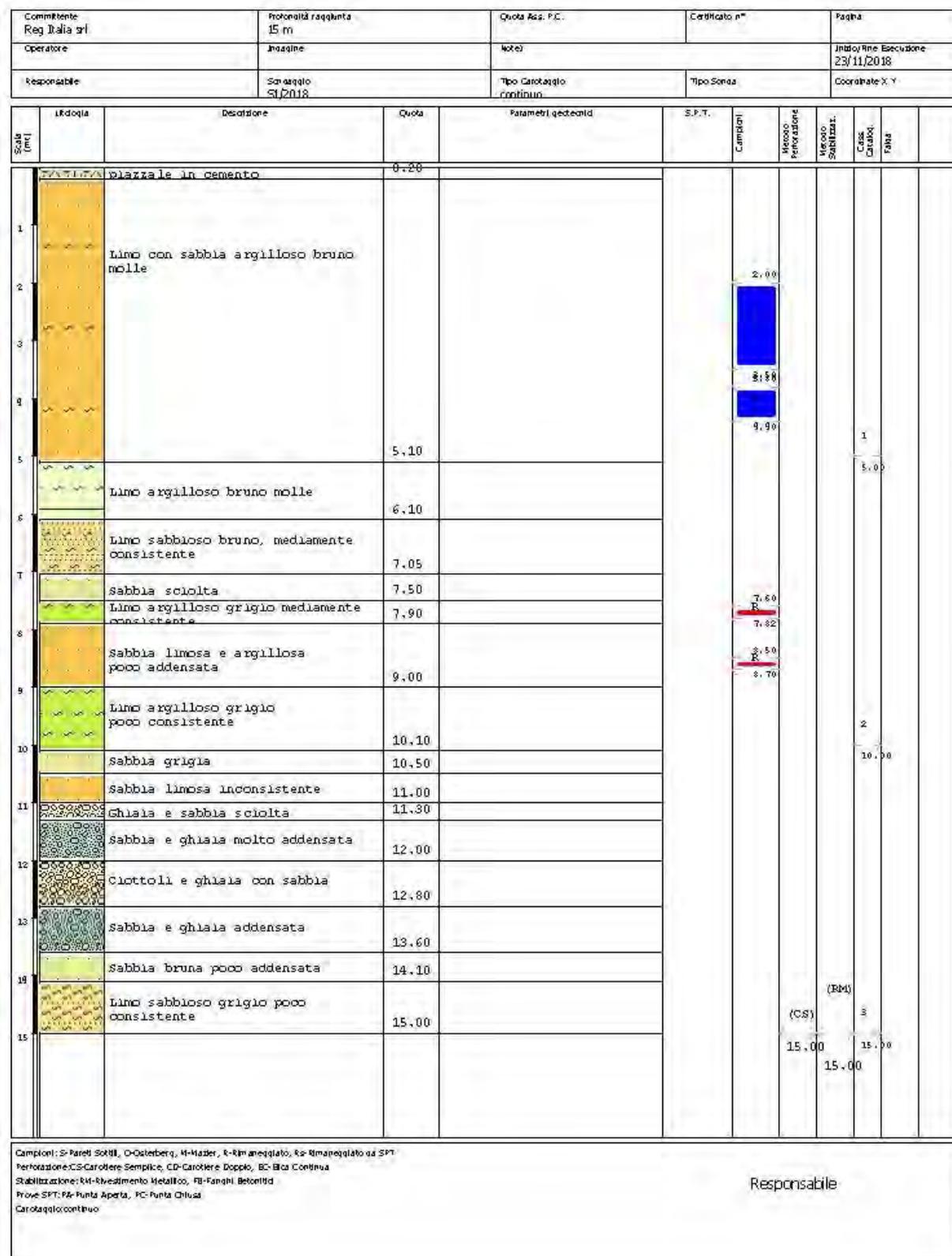


Figura 16. Sezione geotecnica A – A'.

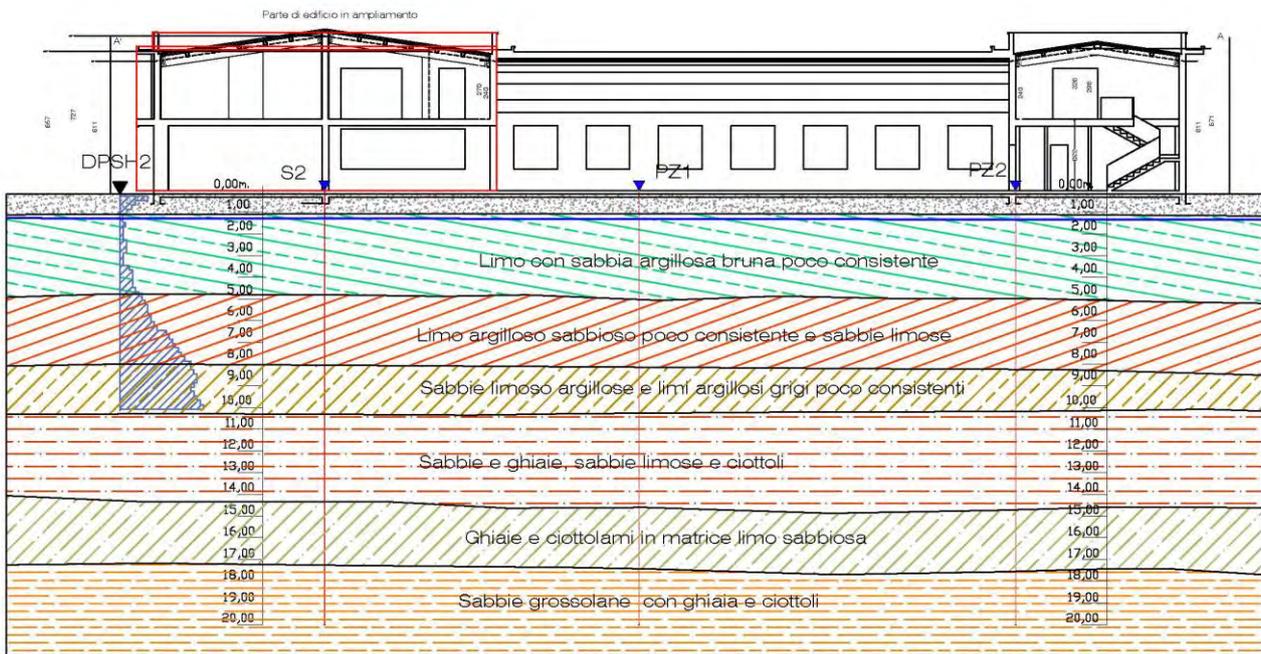
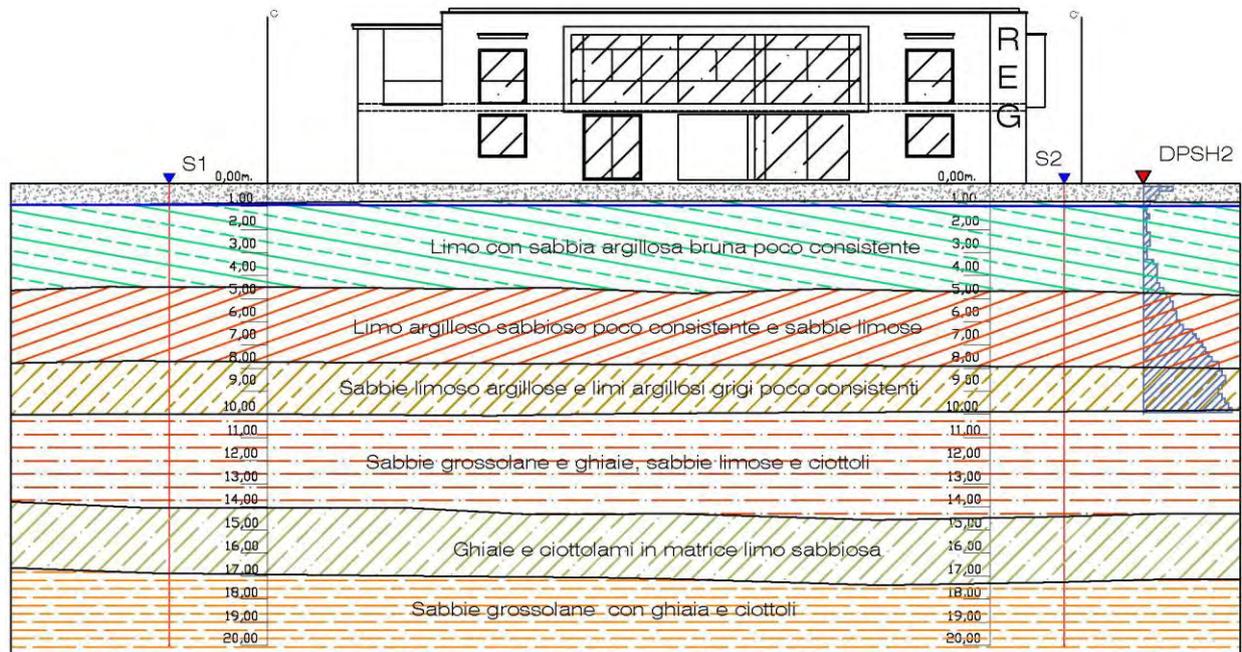


Figura 17. Sezione geotecnica C – C' su prospetto est.



## 8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

### Premessa

In questo capitolo si forniscono informazioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, inoltre, si eseguono calcoli utili per il dimensionamento delle fondazioni; senza entrare nel merito delle competenze proprie del Progettista e del Calcolatore si forniscono inoltre suggerimenti, più che prescrizioni, sul modello compatibile con la situazione riscontrata nel corso delle indagini.

Per il riconoscimento litologico e le determinazioni geotecniche dei terreni di sottosuolo sono è stata eseguita una campagna geognostica (dicembre 2018) costituita da n.1 sondaggio a carotaggio continuo, analisi geotecnica di laboratorio su n.4 campioni di terreno e n.1 indagine sismica con tecnica masw+remi. Inoltre sono stati utilizzati i risultati di una precedente campagna geognostica eseguita sul sito in esame nel 2008 e costituita da n.3 sondaggi geognostici, analisi geotecnica di laboratorio su campioni di terreno, n.3 prove penetrometriche dinamiche.

### 8.1 Modello litostratigrafico del sottosuolo e parametrizzazione geotecnica

Da p.c a 0,20 m - Piazzale

Unità geotecnica A: da 0,20 a 5,10 m. – Limo con sabbia argilloso

Unità geotecnica B: da 5,10 a 11,00 m. – Alternanza di limo argillo sabbioso e sabbia limosa

Unità geotecnica C: da 11,00 a 15,00 m. – Ghiaia e ciottoli in matrice limo sabbiosa

### 8.2 Parametrizzazione geotecnica

Per la parametrizzazione geotecnica sono stati utilizzati i risultati della campagna geognostica attuale e dei risultati di laboratorio relativi ad i sondaggi Pz2 e S1 della precedente campagna.

#### UNITA' GEOTECNICA A

Da 0,20 a 5,10 m

Limo con sabbia argilloso

Peso di volume  $\gamma = 19,95$  kN/mc

Coesione drenata  $c' = 13$  kPa

Angolo attrito  $\phi = 26,7^\circ$

Coesione non drenata  $c_u = 54,5$  kPa

Modulo edometrico  $E = 4744$  kPa

#### UNITA' GEOTECNICA B

Da 5,10 a 11,00 m

Alternanza di limo argillo sabbioso e sabbia limosa

Limo con sabbia argilloso

Peso di volume  $\gamma = 19,1$  kN/mc

Coesione drenata  $c' = --$

Angolo attrito  $\phi = ---$

Coesione non drenata  $c_u = 126$  kPa

Modulo edometrico  $E = 5492$  kPa

#### UNITA' GEOTECNICA C

Da 11,00 a 15,00 m

Ghiaia e ciottoli in matrice limo sabbiosa

Peso di volume  $\gamma = 19,6$  kN/mc  
Coesione drenata  $c' = --$   
Angolo attrito  $\phi = 34^\circ$   
Coesione non drenata  $c_u = --$   
Modulo edometrico  $E = --$

Dalle granulometria eseguite sui campioni di terreno si nota che nei primi metri di profondità la percentuale di materiale fine (limo e argilla) sia superiore alla percentuale di sabbia. Tale composizione granulometrica porta a ridurre la suscettibilità a liquefazione.

## 9. PROBLEMATICHE AMBIENTALI

Ulteriori problematiche derivano dal rischio di inquinamento della falda dovuto alle lavorazioni passate, ai materiali utilizzati e stoccati nei capannoni, allo stato di abbandono dei luoghi. Al riguardo la fase progettuale del 2008 è stata supportata dal Piano di caratterizzazione ai sensi del D.Lgs. 152/2006, nell'ambito dello studio sono stati analizzati campioni di terre e allestiti piezometri per successive fasi di monitoraggio della falda (che non sono state attivate). Le analisi eseguite dal laboratorio BiochemieLab non hanno individuato per i campioni di terre posti al di sotto dei piazzali superamenti delle concentrazioni limite per destinazioni ad uso residenziale come definite dal "152/2006" Allegato 5.

## 10. TUTELA DEL RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE

(Ex Norma 13 D:P.C.M 05/11/1999 e integrazioni per rischio idraulico)

In generale ogni nuovo intervento edilizio interagisce con il reticolo idrografico superficiale aggravandone le condizioni a seguito delle nuove impermeabilizzazioni; le norme di R.U. prevedono che si verifichino tali condizioni e si apportino le necessarie misure di compensazione.

Superficie totale del lotto: 2.208,27 mq.

Stato attuale.

Superficie impermeabile: 2.208,27 mq.

Superficie semi permeabile: 0,0 mq.

Superficie permeabile: 0,0 mq.

Stato di progetto:

Superficie impermeabile coperta: 1.226,08 mq.

Superficie impermeabile scoperta: 232,09 mq.

Superficie semi permeabile: 413,96 mq.

Superficie permeabile: 336,14 mq.

In questo caso si tratta di un progetto che migliora le condizioni attuali prevedendo la realizzazione di superficie permeabili e semi permeabili per cui non si procede al calcolo rigoroso.

## 11. FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

L'intervento previsto è di scarsa incidenza sul suolo, essendo relativo ad un edificio esistente; d'altra parte, dal punto di vista geologico, i terreni interessati sono di mediocri caratteristiche geotecniche, le verifiche sullo stato delle fondazioni operate dal progettista delle strutture stabiliranno se necessario intervenire su di esse.

Per quanto riguarda la messa in sicurezza idraulica essa può essere conseguita tramite la realizzazione di porte e finestre stagne o con il rialzamento del solaio del piano terra sino alla quota di 30 cm. sul battente della Tr200 oltre a un franco di sicurezza di ulteriori 30 cm.

## CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono riportati i risultati degli studi geologici e di parametrizzazione geotecnica del progetto di ristrutturazione e ampliamento di parte del insediamento artigianale noto come iNDIOS ora acquisito da parte di REG Italia S.r.l.

Gli interventi previsti sono di modesta incidenza sul suolo, per cui fattibili senza particolari condizionamenti geotecnici pur essendo il suolo caratterizzato da mediocri caratteristiche geotecniche

Sono stati rilevati condizionamenti alla edificazione in merito al rischio idraulico, alle quali il progetto si adegua individuando opere di auto sicurezza (porte e finestre stagne) o il rialzamento del solaio del piano terra ad una quota superiore al battente atteso per Tr200 con franco di sicurezza.

Le condizioni idrogeologiche sono invece sensibili per la forte variabilità stagionale della falda che comunque non andranno a condizionare in modo significativo le opere previste.

Pistoia 20 febbraio 2019

Dott. Geologo Leonardo Moretti  
Iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana n. 312



Documento firmato digitalmente

Allegato 1

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI 2008

Allegato 1a

Sondaggi geognostici e prove penetrometriche 2008



**SONDAGGIO S1**

Tip. di perforazione: Rotazione  
 Responsabile: Leonardo Salvi

**LUNGHEZZA (m): 20,0**

Sonda tipo: Comacchio Mc405  
 Operatore: Leonardo Mati

**LEGENDA:**

CAMPIONI: S pareti sottili - O Osterberg - M Mazier - R rimaneggiato - Rs rimaneggiato da S.P.T.

PIEZOMETRI: ciechi  fessurati 

Bentonite  Cementazione  Drenaggio 

COMMITTENTE: RAVESI ANDREA e LEPORI DARIO E PIERLUIGI

CANTIERE: AREA RAVESI

LOCALITA': MONSUMMANO TERME

DATA: 08/04/2008

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Cartotaggio (%) 20 40 60 80	Pocket penetrometer	FALDA	Piezometri	Diam.
	Prof.	Tipo							
			 Limo sabbioso grigio			2 3			
	<b>C3</b> 10,5-11 m			11,0					
			 Sabbia media grigio rossastra			2 5,5 5			
				13,0					
			 Sabbia grigio-rossa con elementi litici parzialmente cementata	13,6					
			 Sabbia grigio-rossastra con ghiaia	14,6					
				16,7					
			 Ghiaia e ciottolami oca in matrice limo sabbiosa						
				16,7					
			 Sabbia grossolana limosa con ciottoli arenacei e siltitici						
				20,0					



**GEOLOGIA &  
AMBIENTE S.n.c.**  
Indagini Ambientali

Via Panciatici 11 - 51100 Pistoia  
Tel./Fax 0573366497 info@geologiaeambiente.com

**GEOLOGIA & AMBIENTE snc**  
di Nassetto Gino & C.  
Via Panciatici 11 - 51100 PISTOIA  
Tel. e Fax 0573-366497  
P.IVA 01427880479  
e-mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

**SONDAGGIO: N° S 1**

**LUNGHEZZA (m): 20** COMMITTENTE: RAVESI - LEPORI

Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

CANTIERE: EX AREA RAVESI

DATA : 08/04/08

LOCALITA': MONSUMMANO T. - VIA VERDI 103



**SONDAGGIO Pz1**

Tip. di perforazione: Rotazione

Responsabile: Leonardo Salvi**LUNGHEZZA (m): 10,0**Sonda tipo: Comacchio Mc405Operatore: Leonardo Mati**LEGENDA:**

CAMPIONI: S pareti sottili - O Osterberg - M Mazier - R rimaneggiato - Rs rimaneggiato da S.P.T.

PIEZOMETRI: ciechi fessurati

Bentonite Cementazione Drenaggio

COMMITTENTE: RAVESI ANDREA e LEPORI DARIO E PIERLUIGI

CANTIERE: AREA EX MONFIBRE

LOCALITA': VIA PARADISO-VIA VERDI, MONSUMMANO TERME

DATA: 07/04/2008

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%) 20 40 60 80	Pocket penetrometer	FALDA	Piezometri	Diam.
	Prof.	Tipo							
			Asfalto e massciata con laterizi	0,4					
			Ritagli di pellame	0,6					
			Limo sabbioso con resti di laterizio	1,2			1,3 m		
		<b>C1</b> 1,5-2,0 m	Limo sabbioso marrone	2,0					
			Limo argilloso debolmente sabbioso marrone con venature più scure	3,8		4 5,4 3 3,5 3,5 4 1,5 1,5			
		<b>C2</b> 3,0-3,5 m	Limo argilloso bruno compatto	4,2		3			
			Limo argilloso debolmente sabbioso marrone con venature più scure	5,0		8 7 7 2 3 3,5 3,5 3 5 3			
			Limo sabbioso argilloso bruno-grigio con frustoli carboniosi	5,7		4 3 6,5 7			
		<b>C3</b> 6,0-6,5 m	Limo argilloso sabbioso ocre compatto	6,5		4,5 4 3,5 4 4,5			
			Sabbia limosa grigio-bruna con abbondanti frustoli carboniosi	8,0					
			Sabbia debolmente limosa con rari ciottoli alla base	8,8					
			Argilla grigia	9,0		3,5			
			Sabbia grigio-scura	9,7					
			Argilla sabbiosa grigia	10,0					

**SONDAGGIO Pz1**

**LUNGHEZZA (m): 10**

**COMMITTENTE: RAVESI - LEPORI DATA : 07/04/08**

Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

**CANTIERE: AREA MONFIBRE, MONSUMMANO T**



**GEOLOGIA &  
AMBIENTE S.n.c.**  
Indagini Ambientali

Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia -  
Tel./Fax 0573366497 info@geologiaeambiente.com

**GEOLOGIA & AMBIENTE snc**  
di Naselli Gino & C.  
Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA  
Tel. + Fax 0573366497  
P.IVA 01427880479  
e-mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

**SONDAGGIO Pz2**

Tip. di perforazione: Rotazione  
 Responsabile: Leonardo Salvi

**LUNGHEZZA (m): 10,0**

Sonda tipo: Comacchio Mc405  
 Operatore: Leonardo Mati

**LEGENDA:**

CAMPIONI: S pareti sottili - O Osterberg - M Mazier - R rimaneggiato - Rs rimaneggiato da S.P.T.

PIEZOMETRI: ciechi  fessurati 

Bentonite  Cementazione  Drenaggio 

COMMITTENTE: RAVESI ANDREA e LEPORI DARIO E PIERLUIGI

CANTIERE: AREA EX MONFIBRE

LOCALITA': VIA PARADISO-VIA VERDI, MONSUMMANO TERME

DATA: 09/04/2008

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%) 20 40 60 80	Pocket penetrometer	FALDA	Piezometri	Diam.
	Prof.	Tipo							
			Soletta di asfalto	0,3					
						4,5			
						5			
						3			
		<b>C1</b> 1,5-2,0 m					1,6 m		
			Limo argilloso sabbioso oca marrone con frustoli carboniosi			4,7			
						5,5			
						3			
						2,5			
		<b>C2</b> 3,0-3,5 m							
				4,1					
			Limo sabbioso marrone bruno			2,5			
				4,8					
			Limo argilloso debolmente sabbioso oca e grigio			3,5			
						5,5			
						6,0			
				6,0		6,5			
		<b>C3</b> 6,0-6,5 m							
			Limo sabbioso argilloso oca e grigio						
				7,3					
						4,5			
			Sabbia media debolmente limosa oca rossastra			5			
						3,5			
				9,3					
			Sabbia grigio bruna			3,8			
				9,5		3,5			
			Limo argilloso sabbioso grigio			2,5			
				10,0		4,0			

**SONDAGGIO Pz2**

**LUNGHEZZA (m): 10**

**COMMITTENTE: RAVESI - LEPORI DATA : 09/04/08**

Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

**CANTIERE: AREA LEPORI/INDIOS, MONSUMMANO T**



**GEOLOGIA &  
AMBIENTE S.n.c.**  
Indagini Ambientali

Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia -  
Tel./Fax 0573366497 info@geologiaeambiente.com

**GEOLOGIA & AMBIENTE snc**  
di Naselli Gino & C.  
Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA  
Tel. - Fax 0573 366497  
P.IVA 01427880479  
e-mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it



---

---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH

---

---

Committente: Lepori Dario e PierLuigi - Ravesi Andrea      Località : Via Paradiso-Via Verdi  
Comune : Monsummano Terme

---

---

Prova n° : 1  
Data : 29/04/2008

z	N	Rd	Nspt	z	N	Rd	Nspt
20	30	323,33	46	620	23	158,01	35
40	11	118,55	17	640	26	178,62	40
60	8	86,22	12	660	26	178,62	40
80	4	43,11	6	680	24	164,88	36
100	1	9,84	2	700	24	155,49	36
120	1	9,84	2	720	23	149,01	35
140	2	19,69	3	740	25	161,96	38
160	1	9,84	2	760	25	161,96	38
180	2	19,69	3	780			
200	3	27,18	5	800			
220	3	27,18	5	820			
240	4	36,24	6	840			
260	3	27,18	5	860			
280	5	45,30	8	880			
300	5	41,96	8	900			
320	5	41,96	8	920			
340	7	58,74	11	940			
360	7	58,74	11	960			
380	10	83,91	15	980			
400	10	78,14	15	1000			
420	10	78,14	15	1020			
440	12	93,77	18	1040			
460	13	101,59	20	1060			
480	13	101,59	20	1080			
500	12	87,74	18	1100			
520	14	102,37	21	1120			
540	17	124,30	26	1140			
560	18	131,61	27	1160			
580	20	146,24	30	1180			
600	22	151,14	33	1200			

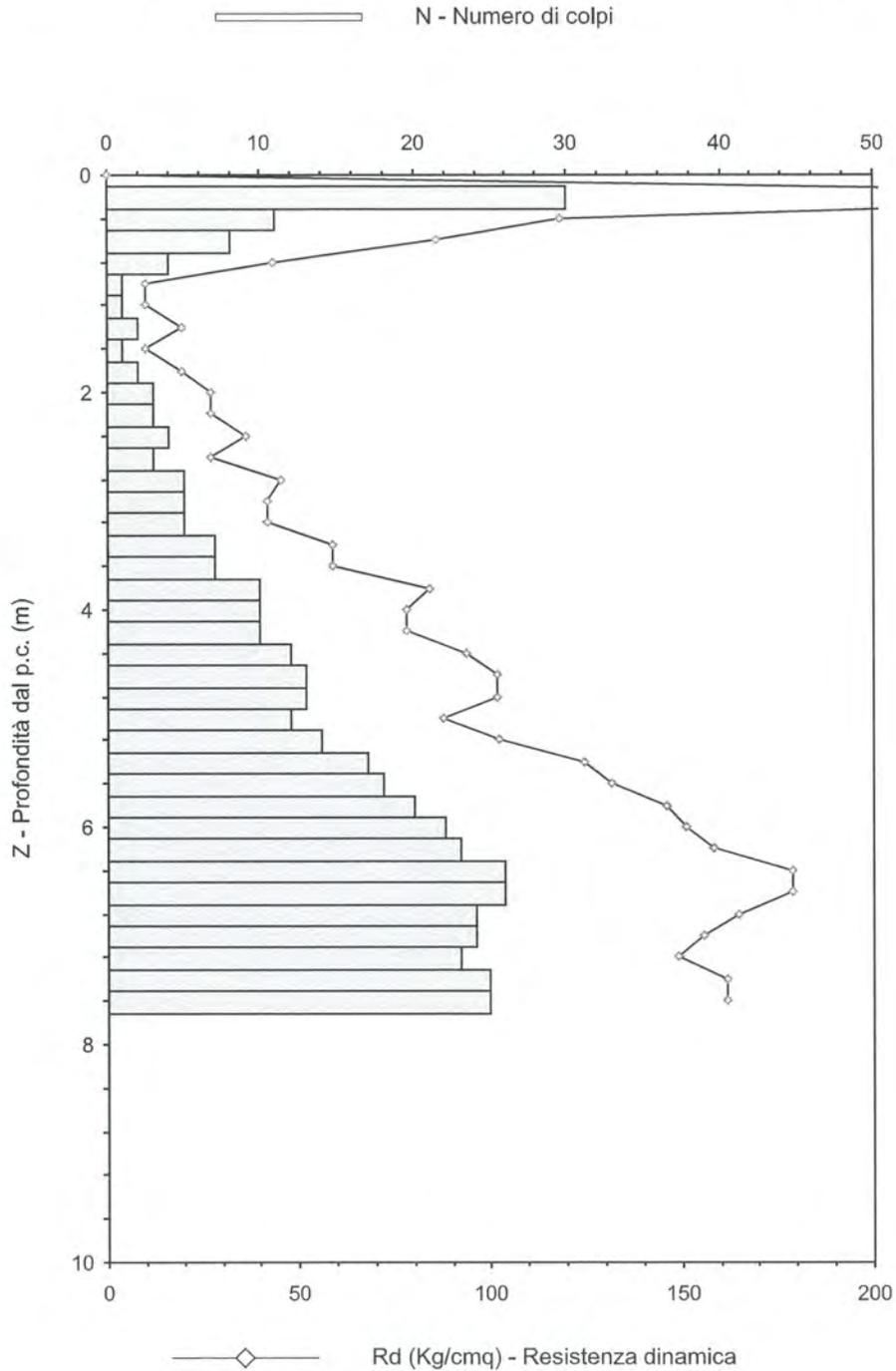
Penetrometro dinamico superpesante DPSH FONDECO cingolato

Area punta : 20 cm<sup>2</sup> - Passo : 20 cm - Massa battente : 63,5 kg - Altezza di caduta : 75 cm - Peso aste : 6,65 kg

z = profondità dal p.c. (cm); N = Numero colpi; Rd = resistenza dinamica (kg/cm<sup>2</sup>) calcolata con la "formula degli Olandesi"; Nspt = Numero colpi Spt correlati.



## GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH



Committente : Sigg. Lepori Dario e Pierluigi - Ravesi Andrea

Prova n° : 1

Data : 29/04/2008

Località : Via Paradiso - Via Verdi, Monsummano Terme



---

---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH

---

---

Committente: Lepori Dario e PierLuigi - Ravesi Andrea      Località : Via Paradiso-Via Verdi  
Comune : Monsummano Terme

---

---

Prova n° : 2  
Data : 29/04/2008

z	N	Rd	Nspt	z	N	Rd	Nspt
20	9	97,00	14	620	12	82,44	18
40	5	53,89	8	640	15	103,05	23
60	4	43,11	6	660	16	109,92	24
80	2	21,56	3	680	17	116,79	26
100	1	9,84	2	700	18	116,61	27
120	1	9,84	2	720	19	123,09	29
140	2	19,69	3	740	20	129,57	30
160	1	9,84	2	760	21	136,05	32
180	1	9,84	2	780	23	149,01	35
200	1	9,06	2	800	23	140,97	35
220	2	18,12	3	820	24	147,10	36
240	2	18,12	3	840	25	153,23	38
260	2	18,12	3	860	25	153,23	38
280	1	9,06	2	880	24	147,10	36
300	1	8,39	2	900	23	133,76	35
320	1	8,39	2	920	24	139,58	36
340	3	25,17	5	940	25	145,39	38
360	4	33,56	6	960	26	151,21	40
380	4	33,56	6	980	27	157,03	41
400	4	31,26	6	1000			
420	4	31,26	6	1020			
440	5	39,07	8	1040			
460	6	46,89	9	1060			
480	7	54,70	11	1080			
500	8	58,49	12	1100			
520	9	65,81	14	1120			
540	9	65,81	14	1140			
560	10	73,12	15	1160			
580	10	73,12	15	1180			
600	11	75,57	17	1200			

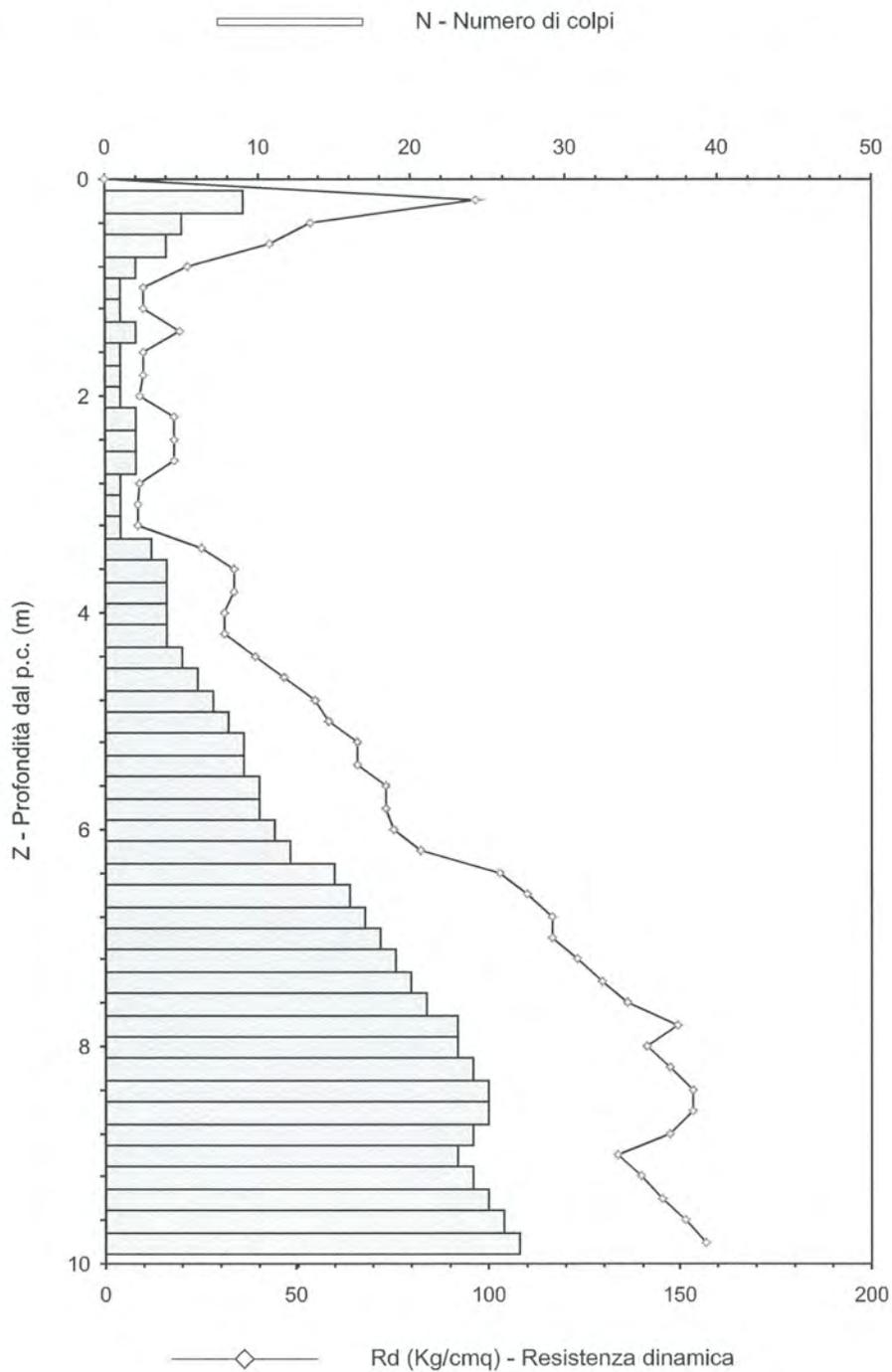
Penetrometro dinamico superpesante DPSH FONDECO cingolato

Area punta : 20 cm<sup>2</sup> - Passo : 20 cm - Massa battente : 63,5 kg - Altezza di caduta : 75 cm - Peso aste : 6,65 kg

**z** = profondità dal p.c. (cm); **N** = Numero colpi; **Rd** = resistenza dinamica (kg/cm<sup>2</sup>) calcolata con la "formula degli Olandesi"; **Nspt** = Numero colpi Spt correlati.



## GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH



Committente : Sigg. Lepori Dario e Pierluigi - Ravesi Andrea

Prova n° : 2

Data : 29/04/2008

Località : Via Paradiso - Via Verdi, Monsummano Terme



---

---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH

---

---

Committente: Lepori Dario e PierLuigi - Ravesi Andrea

Località : Via Paradiso-Via Verdi

Comune : Monsummano Terme

---

---

Prova n° : 3

Data : 29/04/2008

z	N	Rd	Nspt	z	N	Rd	Nspt
20	3	32,33	5	620	12	82,44	18
40	3	32,33	5	640	14	96,18	21
60	2	21,56	3	660	14	96,18	21
80	1	10,78	2	680	14	96,18	21
100	1	9,84	2	700	16	103,66	24
120	2	19,69	3	720	17	110,14	26
140	2	19,69	3	740	19	123,09	29
160	1	9,84	2	760	20	129,57	30
180	1	9,84	2	780	19	123,09	29
200	2	18,12	3	800	20	122,59	30
220	1	9,06	2	820	22	134,84	33
240	1	9,06	2	840	24	147,10	36
260	1	9,06	2	860	22	134,84	33
280	1	9,06	2	880	22	134,84	33
300	2	16,78	3	900	20	116,31	30
320	3	25,17	5	920	20	116,31	30
340	2	16,78	3	940	22	127,95	33
360	5	41,96	8	960	24	139,58	36
380	1	8,39	2	980	24	139,58	36
400	2	15,63	3	1000			
420	3	23,44	5	1020			
440	3	23,44	5	1040			
460	3	23,44	5	1060			
480	5	39,07	8	1080			
500	5	36,56	8	1100			
520	7	51,18	11	1120			
540	9	65,81	14	1140			
560	10	73,12	15	1160			
580	10	73,12	15	1180			
600	10	68,70	15	1200			

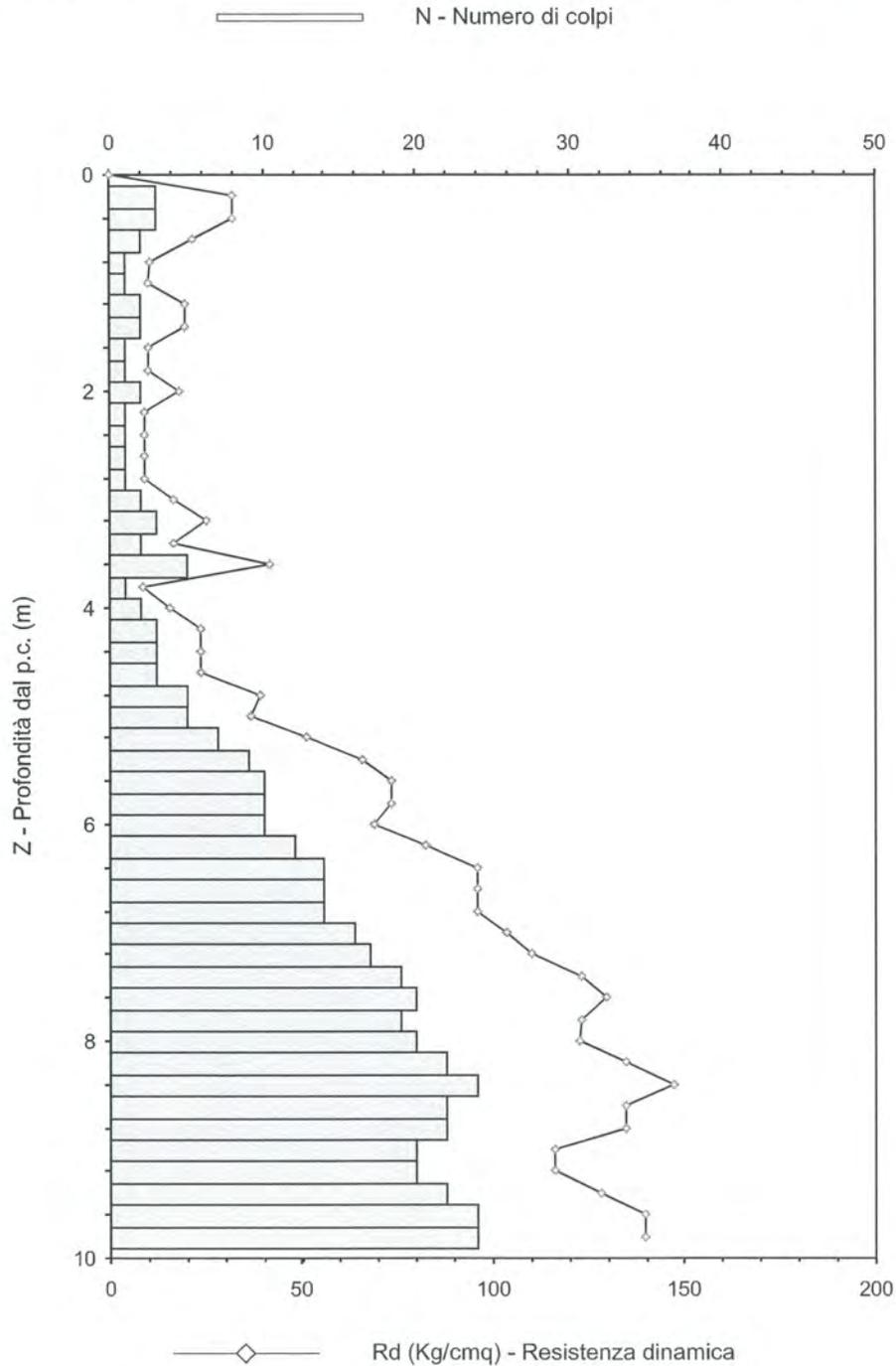
Penetrometro dinamico superpesante DPSH FONDECO cingolato

Area punta : 20 cm<sup>2</sup> - Passo : 20 cm - Massa battente : 63,5 kg - Altezza di caduta : 75 cm - Peso aste : 6,65 kg

**z** = profondità dal p.c. (cm); **N** = Numero colpi; **Rd** = resistenza dinamica (kg/cm<sup>2</sup>) calcolata con la "formula degli Olandesi"; **Nspt** = Numero colpi Spt correlati.



## GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH



Committente : Sigg. Lepori Dario e Pierluigi - Ravesi Andrea

Prova n° : 3

Data : 29/04/2008

Località : Via Paradiso - Via Verdi, Monsummano Terme

Allegato 1b

Certificati di laboratorio geotecnico 2008



**LABOTER s.n.c.**  
Laboratorio geotecnico  
A.L.G.I. n. 89



---

Via Nazario Sauro 440 - 51030 Pontelungo (PT) - Tel. 0573 570566 - Fax. 0573 910056 - e.mail : laboter@laboterpt.it  
P. IVA : 00515880474 - C.C.I.A.A. 139089

---

## ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Committente **RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI**

Località: **Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS**

Richiedente : **Geologia e Ambiente s.n.c.**

*Rapporto di prova n°:* **90** *del :* **27/5/08**

**CAMPIONI PERVENUTI :** **16/04/08**

**n°CAMPIONI PERVENUTI :** **9**

---

Prove eseguite :	
Apertura campioni (ASTM D2488-93)	<b>X</b>
Contenuto d'acqua (ASTM D2216-92)	<b>X</b>
Peso di volume (M.I. PT 09/03)	<b>X</b>
Analisi granulometrica (ASTM D422-63)	
Limiti di Atterberg (ASTM D4318-84)	
Peso specifico dei grani (ASTM D854-92)	<b>X</b>
Prova di taglio diretto (ASTM D3080-72)	
Prova di compressione ELL (ASTM D2166-85)	<b>X</b>
Prova edometrica IL (ASTM D2435-90)	<b>X</b>
Prova triassiale (ASTM D2850-87)	
Prove di permeabilità (ASTM D2434-68)	
Classificazione U.S.C.S.(ASTM D2487-93)	
Prova di compattazione (ASTM D2168-80)	

---

Direttore Laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

## TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Comm.te : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI

Località : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS

Rapporto di prova n°: 90

del : 27/5/08

Sond.	PZ1	PZ1	PZ1	PZ2	PZ2	PZ2	S1	S1	S1
Camp.	1	2	3	1	2	3	1	2	3
da -- a --	1,5-2,0	3,0-3,5	6,0-6,5	1,5-2,0	3,0-3,5	6,0-6,5	1,5-2,0	3,0-3,5	10,5-11,0
$\gamma$	1,967	2,002	2,083	2,045	2,054	1,962	2,025	2,090	1,932
w	27,7	22,8	24,4	23,5	20,3	22,0	24,9	24,2	28,7
Gs	2,650	2,619	2,689	2,650	2,631	2,650	2,650	2,637	2,650
Gd	1,541	1,631	1,674	1,655	1,707	1,609	1,622	1,683	1,501
e	0,720	0,606	0,607	0,601	0,541	0,647	0,634	0,567	0,766
Sr	102	98	108	104	99	90	104	112	99
n	42	38	38	38	35	39	39	36	43
A									
L									
S									
G									
USCS									
WI									
Wp									
Ip									
Ic									
Wr									
k									
$\phi_r$									
cr									
$\phi'$									
c'									
$\phi$									
cu									
cu (ELL)	0,41	0,99	0,82	0,30	0,50		0,58	0,72	
Mod. Edom									
0.25-0.5		33	42		48	19		27	
0.5-1.0		40	48		41	26		36	
1.0-2.0		50	62		58	56		67	
2.0-4.0		70	85		84	82		88	
4.0-8.0		106	138		139	145		152	
8.0-16.0		162	235		227	256		267	
16.0-32.0									
Cc		0,263	0,181		0,180	0,171		0,156	

\* valore non determinato sperimentalmente

Gs (gr/cm<sup>3</sup>) = peso specifico dei grani - Gd (gr/cm<sup>3</sup>) = densità secca - g (gr/cm<sup>3</sup>) = peso di volume

w (%) = umidità naturale - e = indice dei vuoti - Sr (%) = grado di saturazione - n (%) = porosità

A (%) = argilla - L (%) = limo - S (%) = sabbia - G (%) = ghiaia

WI (%) = limite liquido - Wp (%) = limite plastico - Ip (%) = ind. di plasticità - Ic = ind. di consistenza

 $\phi$  (°) = angolo di attrito interno non drenato - cu (Kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata $\phi'$  (°) = angolo di attrito drenato - c' (Kg/cm<sup>2</sup>) = coesione drenata $\phi_r$  (°) = angolo di attrito interno residuo - cr (Kg/c m<sup>2</sup>) = coesione residuacu (Kg/cm<sup>2</sup>) = sforzo a rottura prova ELL k (m/sec) = coefficiente di permeabilità

Cc = indice di compressibilità cv(i) = coefficiente di consolidazione -

Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : PZ1 Camp. : 1 da.....m.: 1,5-2,0  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 60  
**Rapporto prova n°: 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 Limo argilloso a tratti sabbioso di media consistenza marrone

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **60**



Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **1,4** (kPa) **137,3**  
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm³) =				<b>1,967</b>		Class. Casagrande =	
Umidità naturale w (%) =				<b>27,7</b>		Limite Liquido WL % =	
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =				<b>2,650</b>	<b>26,0</b>	Limite Plastico WP % =	
Densità secca Gd (gr/cm³) =				<b>1,541</b>	<b>15,1</b>	Indice di Plasticità IP =	
Indice dei vuoti e =				<b>0,720</b>		Indice di Consistenza Ic =	
Saturazione (%) =				<b>102</b>		Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =				<b>42</b>			
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	m/sec
					kPa	<b>0,41</b>	
						kPa	<b>40,0</b>
Prova di compressione edometrica				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità Cc =							
PRESS.	cv	k	E	E			
kg/cm²	cm²/sec	cm/sec	kg/cm²	kPa	umidità naturale w	X	
0.25-0.5					peso volume γ	X	
0.5-1.0					peso specifico Gs	-	
1.0-2.0					limiti Atterberg LA	-	
2.0-4.0					granulometria Gr	-	
4.0-8.0					taglio diretto TD	-	
8.0-16.0					compressione ELL	X	
16,0-32,0					edometria ED	-	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricomprensione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

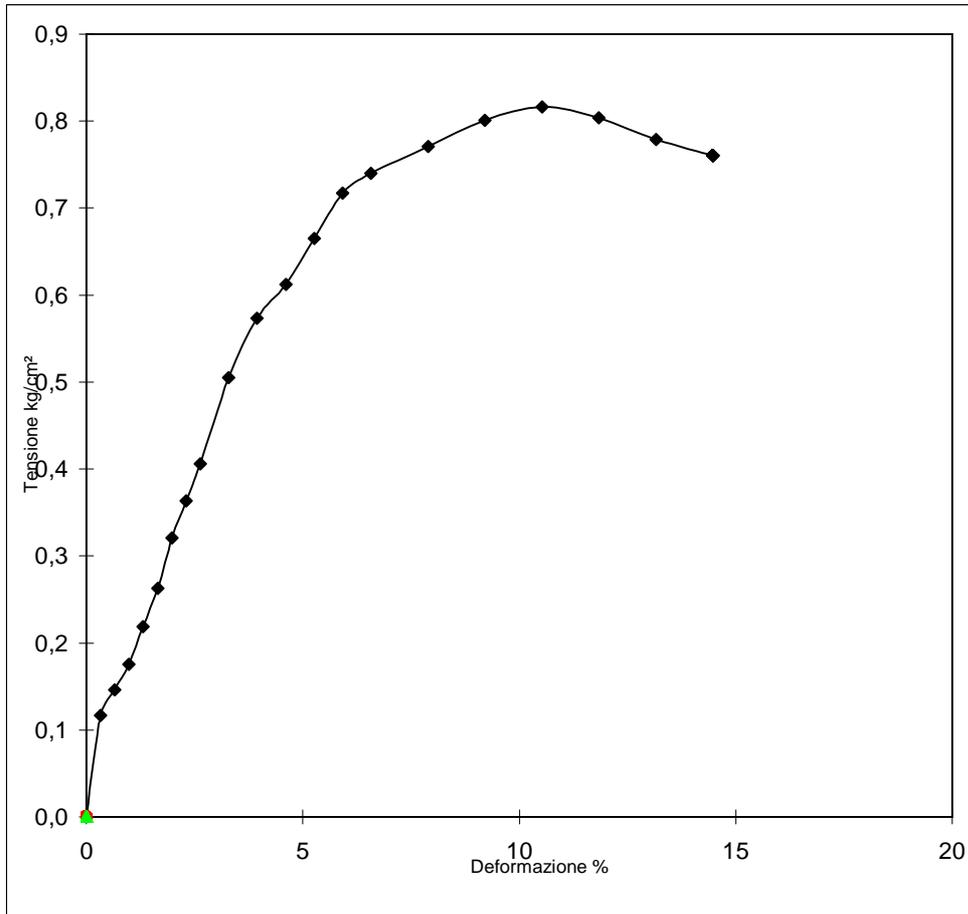
PROVA AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ1 Camp... 1 da..... 1,5-2,0  
 Cert. n°: 679 del : 27/5/08 Pagina : 1/1

Sez. provino (cm²) =	11,34	Gs (gr/cm³)	2,650
D prov. (cm.)	3,8	H prov. (cm.)	7,6

Provino 1

Tensione a rottura	Kg/cm²	<b>0,82</b>	<b>80,0</b> kPa	Def.	Sforzo
Umidità	%	<b>27,4</b>		%	Kg/cm²
Mod. Elasticità	Kg/cm²	<b>22</b>	<b>2175,0</b> kPa	0	0
Peso di volume γ	gr/cm³	<b>1,982</b>	<b>19,4</b> kN/m³	0,3	0,12
Provino 2				0,7	0,15
Tensione a rottura	Kg/cm²			1,0	0,18
Umidità	%			1,3	0,22
Mod. Elasticità	Kg/cm²			1,6	0,26
Peso di volume γ	gr/cm³			2,0	0,32
				2,3	0,36
Resistenza al taglio non drenata cu =		<b>0,41</b>	<b>40,0</b> Kg/cm²	2,6	0,41
			kPa	3,3	0,50
				3,9	0,57
				4,6	0,61
				5,3	0,67
				5,9	0,72
				6,6	0,74
				7,9	0,77
				9,2	0,80
				10,5	0,82
				11,8	0,80
				13,2	0,78
				14,5	0,76



Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : PZ1 Camp. : 2 da.....m.: 3,0-3,5  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 51  
**Rapporto prova n° : 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 0-19 cm rimaneggiato poi limo argillos marrone copn tracce torbose di media consistenza

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **51**



Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **2,0** (kPa) **196,1**  
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm³) =		<b>2,002</b>			Class. Casagrande =		
Umidità naturale w (%) =		<b>22,8</b>			Limite Liquido WL % =		
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =		<b>2,619</b>		<b>25,7</b>	Limite Plastico WP % =		
Densità secca Gd (gr/cm³) =		<b>1,631</b>		<b>16,0</b>	Indice di Plasticità IP =		
Indice dei vuoti e =		<b>0,606</b>			Indice di Consistenza Ic =		
Saturazione (%) =		<b>98</b>			Limite Ritiro WR % =		
Porosità n (%) =		<b>38</b>					
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	CU (kg/cm²)
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm²)	CU (kg/cm²)	m/sec
					kPa	<b>0,99</b>	
						kPa	
						<b>96,8</b>	
Prova di compressione edometrica					Prove eseguite sul campione		
Indice compressibilità Cc = <b>0,263</b>							
PRESS. kg/cm²	cv cm²/sec	k cm/sec	E kg/cm²	E kPa	umidità naturale w	X	
0.25-0.5	<b>1,1E-03</b>	<b>3,2E-08</b>	<b>33</b>	<b>2990</b>	peso volume γ	X	
0.5-1.0	<b>1,0E-03</b>	<b>2,5E-08</b>	<b>40</b>	<b>3269</b>	peso specifico Gs	X	
1.0-2.0	<b>9,1E-04</b>	<b>1,8E-08</b>	<b>50</b>	<b>3923</b>	limiti Atterberg LA	-	
2.0-4.0	<b>6,8E-04</b>	<b>9,8E-09</b>	<b>70</b>	<b>4903</b>	granulometria Gr	-	
4.0-8.0	<b>6,3E-04</b>	<b>5,9E-09</b>	<b>106</b>	<b>6882</b>	taglio diretto TD	-	
8.0-16.0	<b>6,5E-04</b>	<b>4,0E-09</b>	<b>162</b>	<b>10391</b>	compressione ELL	X	
16,0-32,0					edometria ED	X	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricomprensione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ1 Camp... 2 da..... 3,0-3,5  
**Cert. n°: 680 del : 27/5/08 Pagina : 1/3**

Umidità iniziale % .....	22,8
$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup> .....	2,002
Peso specifico gr/cm <sup>3</sup> .....	2,619
Indice dei vuoti e .....	0,606

Caratteristiche provino edometrico

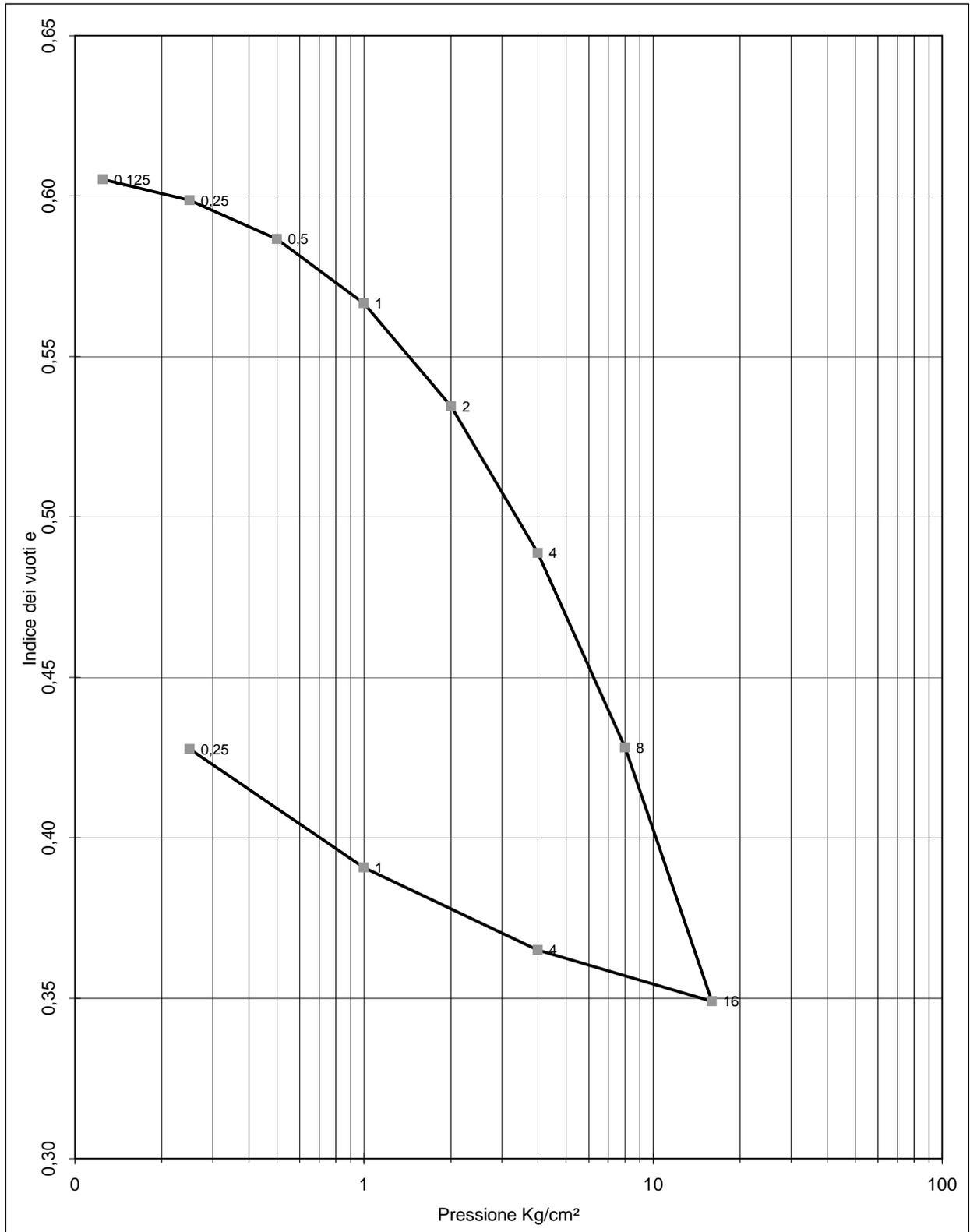
Altezza finale mm .....	22,78
Peso di volume iniziale gr/cm <sup>3</sup> .	1,987
Peso di volume finale gr/cm <sup>3</sup> ...	1,953
Umidità finale % .....	21,7
Peso di Volume secco gr/cm <sup>3</sup> ...	1,618
Intervalli di carico h = .....	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm <sup>2</sup>		mm.	mm.	%	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0,125	0,605	0,01	24,99	0,04	0,000	
0,25	0,599	0,09	24,91	0,45	0,053	30
0,5	0,587	0,24	24,76	1,20	0,048	33
1	0,567	0,49	24,51	2,45	0,040	40
2	0,534	0,89	24,11	4,45	0,032	50
4	0,489	1,46	23,54	7,30	0,023	70
8	0,428	2,215	22,79	11,08	0,015	106
16	0,349	3,2	21,80	16,00	0,010	162
4	0,365	3	22,00	15,00	0,001	
1	0,391	2,68	22,32	13,40	0,009	
0,25	0,428	2,22	22,78	11,10	0,049	

Indice di compressibilità Cc =	0,263
Indice di rigonfiamento Cs =	
Indice di ricomprensione =	

### PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

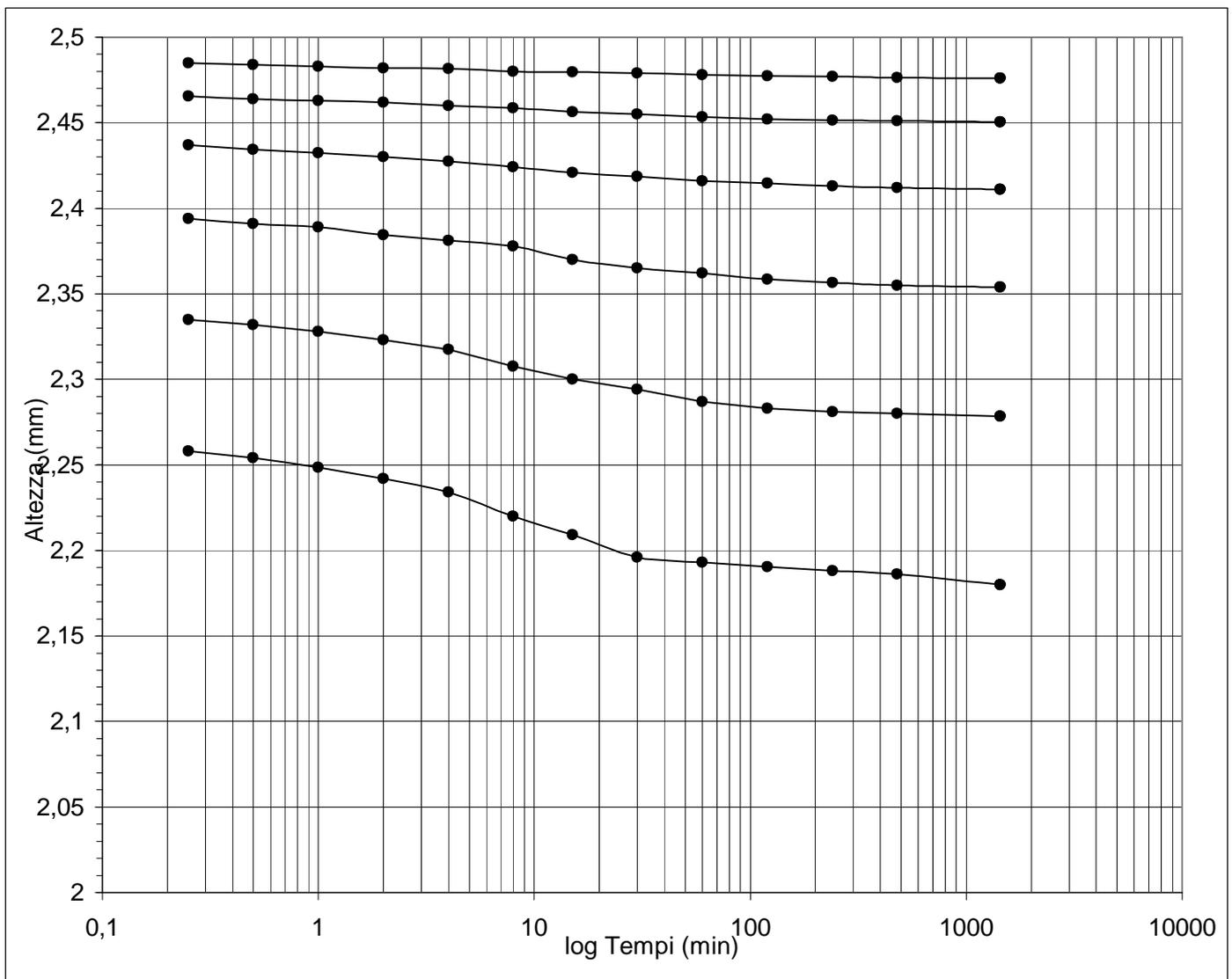
Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
Sond.... PZ1 Camp... 2 da.... 3,0-3,5  
Cert. n°: 680 del : 27/5/08 Pagina : 2/3



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ1 Camp... 2 da..... 3,0-3,5  
**Cert. n°: 680 del : 27/5/08 Pagina : 3/3**

INTERVALLO	cv	k	mv	C $\alpha$
	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec	cm <sup>2</sup> /Kg	
0.25-0.5	1,1E-03	3,2E-08	0,0300	
0.5-1.0	1,0E-03	2,5E-08	0,0250	
1.0-2.0	9,1E-04	1,8E-08	0,0200	
2.0-4.0	6,8E-04	9,8E-09	0,0143	
4.0-8.0	6,3E-04	5,9E-09	0,0094	
8.0-16.0	6,5E-04	4,0E-09	0,0062	
16,0-32,0				





Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : PZ1 Camp. : 3 da.....m.: 6,0-6,5  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 25  
**Rapporto prova n° : 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 Limo argilloso con tracce torbose di media consistenza

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **25**



Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **1,6** (kPa) **156,9**  
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm³) =				<b>2,083</b>		Class. Casagrande =	
Umidità naturale w (%) =				<b>24,4</b>		Limite Liquido WL % =	
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =				<b>2,689</b>	<b>26,4</b>	Limite Plastico WP % =	
Densità secca Gd (gr/cm³) =				<b>1,674</b>	<b>16,4</b>	Indice di Plasticità IP =	
Indice dei vuoti e =				<b>0,607</b>		Indice di Consistenza Ic =	
Saturazione (%) =				<b>108</b>		Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =				<b>38</b>			
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	m/sec
					kPa	<b>0,82</b>	
					kPa	kPa	
						<b>80,4</b>	
Prova di compressione edometrica					Prove eseguite sul campione		
Indice compressibilità Cc = <b>0,181</b>							
PRESS.	cv	k	E	E			
kg/cm²	cm²/sec	cm/sec	kg/cm²	kPa	umidità naturale w	<b>X</b>	
0.25-0.5	<b>5,5E-04</b>	<b>1,3E-08</b>	<b>42</b>	<b>4086</b>	peso volume γ	<b>X</b>	
0.5-1.0	<b>6,1E-04</b>	<b>1,3E-08</b>	<b>48</b>	<b>4086</b>	peso specifico Gs	<b>X</b>	
1.0-2.0	<b>7,2E-04</b>	<b>1,2E-08</b>	<b>62</b>	<b>4670</b>	limiti Atterberg LA	-	
2.0-4.0	<b>7,5E-04</b>	<b>8,8E-09</b>	<b>85</b>	<b>6129</b>	granulometria Gr	-	
4.0-8.0	<b>5,7E-04</b>	<b>4,2E-09</b>	<b>138</b>	<b>8346</b>	taglio diretto TD	-	
8.0-16.0	<b>4,6E-04</b>	<b>2,0E-09</b>	<b>235</b>	<b>13526</b>	compressione ELL	<b>X</b>	
16,0-32,0					edometria ED	<b>X</b>	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricomprensione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ1 Camp... 3 da..... 6,0-6,5  
**Cert. n°: 682 del : 27/5/08 Pagina : 1/3**

Umidità iniziale % .....	24,4
$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup> .....	2,083
Peso specifico gr/cm <sup>3</sup> .....	2,689
Indice dei vuoti e .....	0,607

Caratteristiche provino edometrico

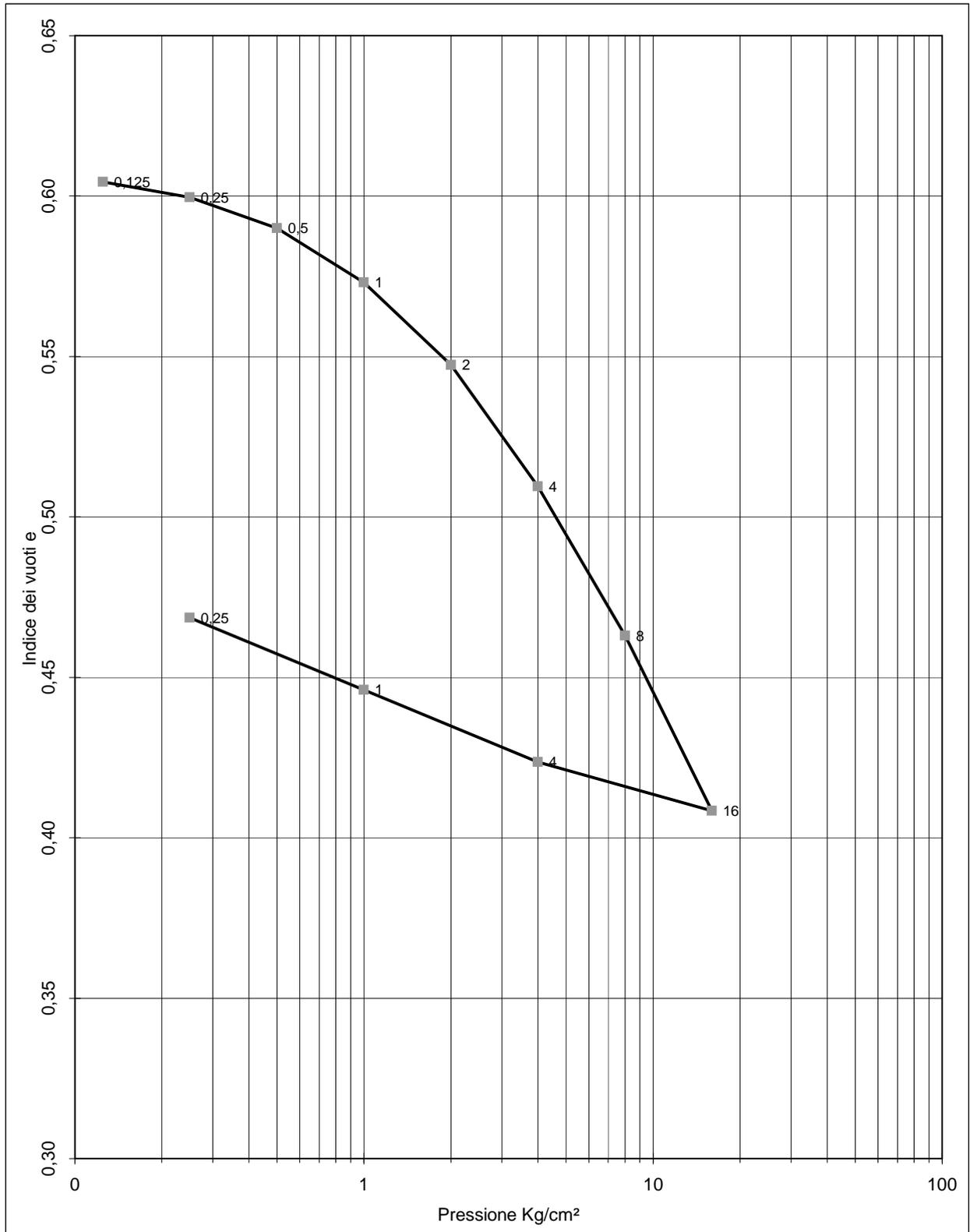
Altezza finale mm .....	1,828
Peso di volume iniziale gr/cm <sup>3</sup> .	2,076
Peso di volume finale gr/cm <sup>3</sup> ...	2,121
Umidità finale % .....	18,8
Peso di Volume secco gr/cm <sup>3</sup> ...	1,668
Intervalli di carico h = .....	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm <sup>2</sup>		mm.	mm.	%	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0,125	0,604	0,03	19,97	0,15	0,000	
0,25	0,600	0,09	19,91	0,45	0,039	42
0,5	0,590	0,21	19,79	1,05	0,039	42
1	0,573	0,42	19,58	2,10	0,034	48
2	0,547	0,74	19,26	3,70	0,026	62
4	0,510	1,21	18,79	6,05	0,019	85
8	0,463	1,79	18,21	8,95	0,012	138
16	0,408	2,47	17,53	12,35	0,007	235
4	0,424	2,28	17,72	11,40	0,001	
1	0,446	2	18,00	10,00	0,007	
0,25	0,469	1,72	18,28	8,60	0,030	

Indice di compressibilità Cc =	0,181
Indice di rigonfiamento Cs =	
Indice di ricomprensione =	

### PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

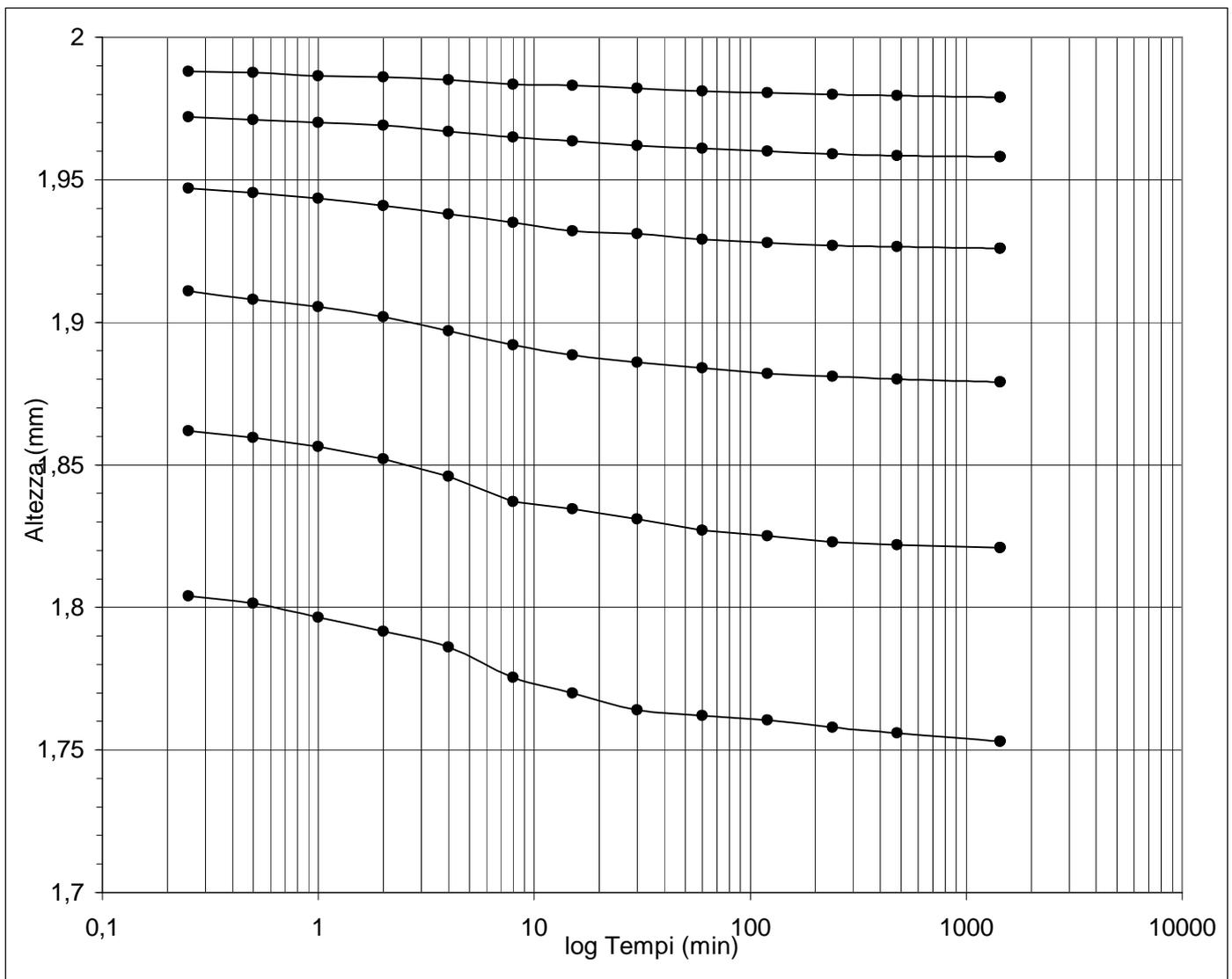
Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
Sond.... PZ1 Camp... 3 da.... 6,0-6,5  
Cert. n°: 682 del : 27/5/08 Pagina : 2/3



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ1 Camp... 3 da..... 6,0-6,5  
**Cert. n°: 682 del : 27/5/08 Pagina : 3/3**

INTERVALLO	cv	k	mv	C $\alpha$
	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec	cm <sup>2</sup> /Kg	
0.25-0.5	5,5E-04	1,3E-08	0,0240	
0.5-1.0	6,1E-04	1,3E-08	0,0210	
1.0-2.0	7,2E-04	1,2E-08	0,0160	
2.0-4.0	7,5E-04	8,8E-09	0,0118	
4.0-8.0	5,7E-04	4,2E-09	0,0073	
8.0-16.0	4,6E-04	2,0E-09	0,0043	
16,0-32,0				





Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : PZ2 Camp. : 1 da.....m.: 1,5-2,0  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 57  
**Rapporto prova n°: 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 Limo argilloso con livelletti sabbiosi e tracce torbose di colore marrone poco consistente

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **57**



Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **0,8** (kPa) **78,5**  
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm³) =				<b>2,045</b>		Class. Casagrande =	
Umidità naturale w (%) =				<b>23,5</b>		Limite Liquido WL % =	
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =				<b>2,650</b>	<b>26,0</b>	Limite Plastico WP % =	
Densità secca Gd (gr/cm³) =				<b>1,655</b>	<b>16,2</b>	Indice di Plasticità IP =	
Indice dei vuoti e =				<b>0,601</b>		Indice di Consistenza Ic =	
Saturazione (%) =				<b>104</b>		Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =				<b>38</b>			
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	CU (kg/cm²)
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm²)	CU (kg/cm²)	m/sec
					kPa	<b>0,30</b>	
					kPa	kPa	
						<b>29,0</b>	
Prova di compressione edometrica					Prove eseguite sul campione		
Indice compressibilità Cc =							
PRESS.	cv	k	E	E			
kg/cm²	cm²/sec	cm/sec	kg/cm²	kPa	umidità naturale w	<b>X</b>	
0.25-0.5					peso volume γ	<b>X</b>	
0.5-1.0					peso specifico Gs	-	
1.0-2.0					limiti Atterberg LA	-	
2.0-4.0					granulometria Gr	-	
4.0-8.0					taglio diretto TD	-	
8.0-16.0					compressione ELL	<b>X</b>	
16,0-32,0					edometria ED	-	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricomprensione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	



Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : PZ2 Camp. : 2 da.....m.: 3,0-3,5  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 57  
**Rapporto prova n° : 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 Limo argilloso marrone con tracce torbose poco consistente

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **57**



Pocket penetrometer (Kg/cm<sup>2</sup>) = **1,6** (kPa) **156,9**  
 Vane test (kg/cm<sup>2</sup>) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m <sup>3</sup>	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm <sup>3</sup> ) =		<b>2,054</b>			Class. Casagrande =		
Umidità naturale w (%) =		<b>20,3</b>			Limite Liquido WL % =		
Peso Specifico Gs (gr/cm <sup>3</sup> ) =		<b>2,631</b>		<b>25,8</b>	Limite Plastico WP % =		
Densità secca Gd (gr/cm <sup>3</sup> ) =		<b>1,707</b>		<b>16,7</b>	Indice di Plasticità IP =		
Indice dei vuoti e =		<b>0,541</b>			Indice di Consistenza I <sub>c</sub> =		
Saturazione (%) =		<b>99</b>			Limite Ritiro WR % =		
Porosità n (%) =		<b>35</b>					
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	φ (°)	cu (kg/cm <sup>2</sup> )
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	cu (kg/cm <sup>2</sup> )	m/sec
					kPa	<b>0,50</b>	
						kPa	
						<b>48,6</b>	
Prova di compressione edometrica					Prove eseguite sul campione		
Indice compressibilità C <sub>c</sub> = <b>0,180</b>							
PRESS. kg/cm <sup>2</sup>	cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec	E kg/cm <sup>2</sup>	E kPa	umidità naturale w	X	
0.25-0.5	<b>7,2E-04</b>	<b>1,5E-08</b>	<b>48</b>	<b>4086</b>	peso volume γ	X	
0.5-1.0	<b>1,5E-03</b>	<b>3,6E-08</b>	<b>41</b>	<b>4670</b>	peso specifico G <sub>s</sub>	X	
1.0-2.0	<b>1,1E-03</b>	<b>1,8E-08</b>	<b>58</b>	<b>4003</b>	limiti Atterberg LA	-	
2.0-4.0	<b>9,8E-04</b>	<b>1,2E-08</b>	<b>84</b>	<b>5685</b>	granulometria Gr	-	
4.0-8.0	<b>8,3E-04</b>	<b>6,0E-09</b>	<b>139</b>	<b>8258</b>	taglio diretto TD	-	
8.0-16.0	<b>8,9E-04</b>	<b>3,9E-09</b>	<b>227</b>	<b>13644</b>	compressione ELL	X	
16,0-32,0					edometria ED	X	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricomprensione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ2 Camp... 2 da..... 3,0-3,5  
**Cert. n°: 685 del : 27/5/08 Pagina : 1/3**

Umidità iniziale % .....	20,3
$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup> .....	2,054
Peso specifico gr/cm <sup>3</sup> .....	2,631
Indice dei vuoti e .....	0,541

Caratteristiche provino edometrico

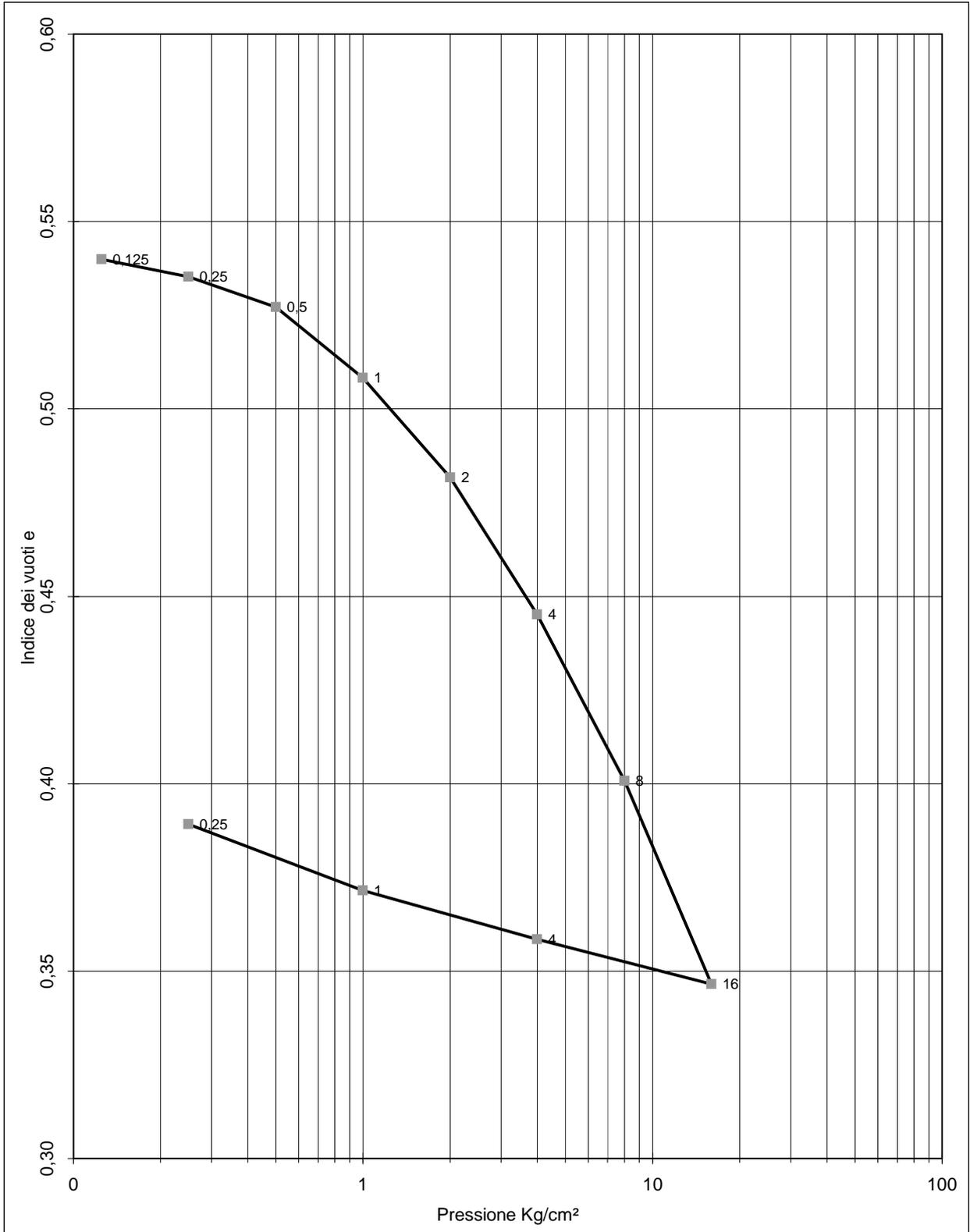
Altezza finale mm .....	1,803
Peso di volume iniziale gr/cm <sup>3</sup> .	2,055
Peso di volume finale gr/cm <sup>3</sup> ...	2,216
Umidità finale % .....	17,8
Peso di Volume secco gr/cm <sup>3</sup> ...	1,708
Intervalli di carico h = .....	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm <sup>2</sup>		mm.	mm.	%	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0,125	0,540	0,015	19,99	0,08	0,000	
0,25	0,535	0,075	19,93	0,38	0,037	42
0,5	0,527	0,18	19,82	0,90	0,032	48
1	0,508	0,425	19,58	2,13	0,038	41
2	0,482	0,77	19,23	3,85	0,027	58
4	0,445	1,245	18,76	6,23	0,018	84
8	0,401	1,82	18,18	9,10	0,011	139
16	0,346	2,525	17,48	12,63	0,007	227
4	0,358	2,37	17,63	11,85	0,001	
1	0,372	2,2	17,80	11,00	0,004	
0,25	0,389	1,97	18,03	9,85	0,024	

Indice di compressibilità Cc =	0,180
Indice di rigonfiamento Cs =	
Indice di ricomprensione =	

### PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

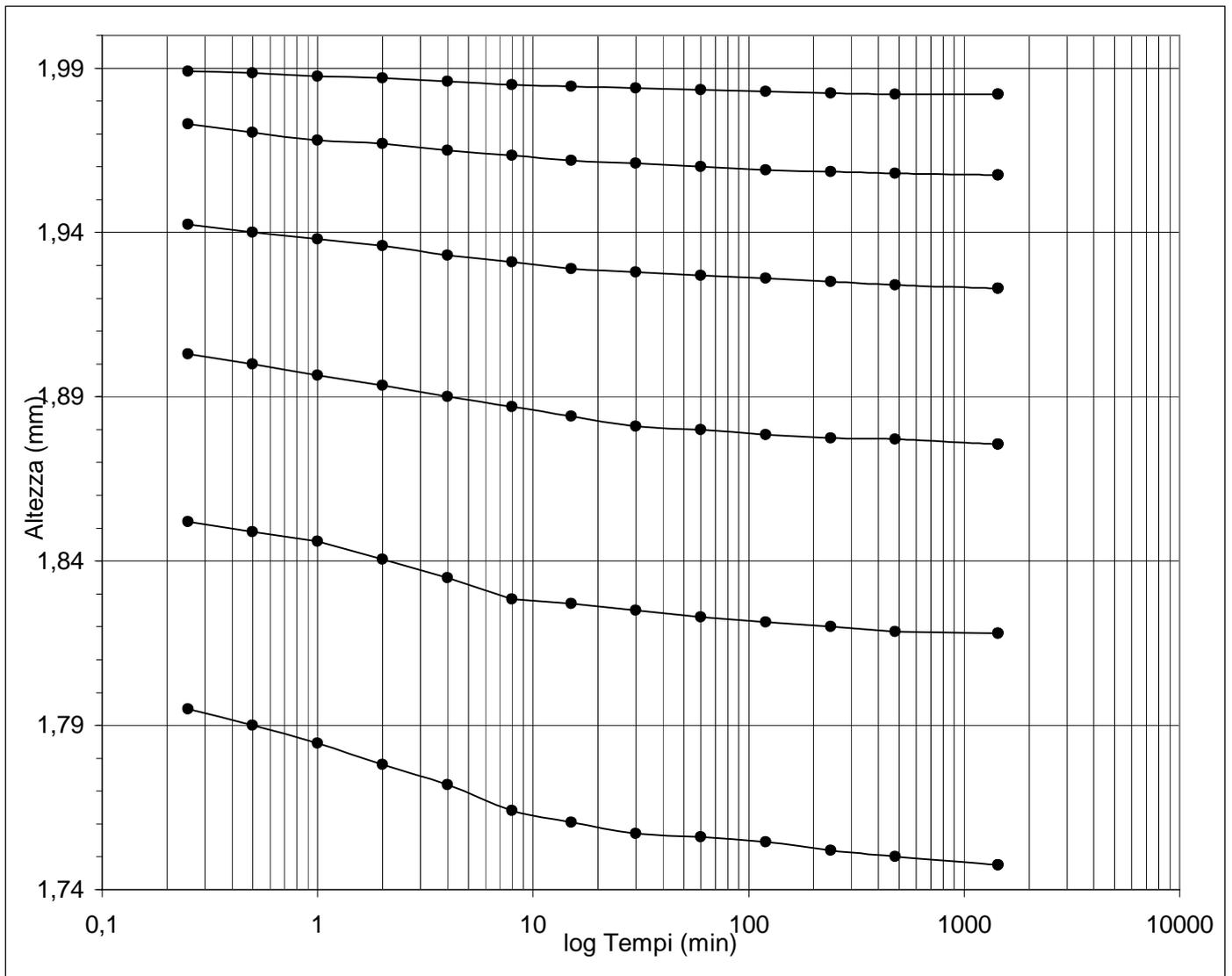
Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
Sond.... PZ2 Camp... 2 da.... 3,0-3,5  
Cert. n°: 685 del : 27/5/08 Pagina : 2/3



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ2 Camp... 2 da..... 3,0-3,5  
**Cert. n°: 685 del : 27/5/08 Pagina : 3/3**

INTERVALLO	cv	k	mv	C $\alpha$
	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec	cm <sup>2</sup> /Kg	
0.25-0.5	7,2E-04	1,5E-08	0,0210	
0.5-1.0	1,5E-03	3,6E-08	0,0245	
1.0-2.0	1,1E-03	1,8E-08	0,0173	
2.0-4.0	9,8E-04	1,2E-08	0,0119	
4.0-8.0	8,3E-04	6,0E-09	0,0072	
8.0-16.0	8,9E-04	3,9E-09	0,0044	
16,0-32,0				



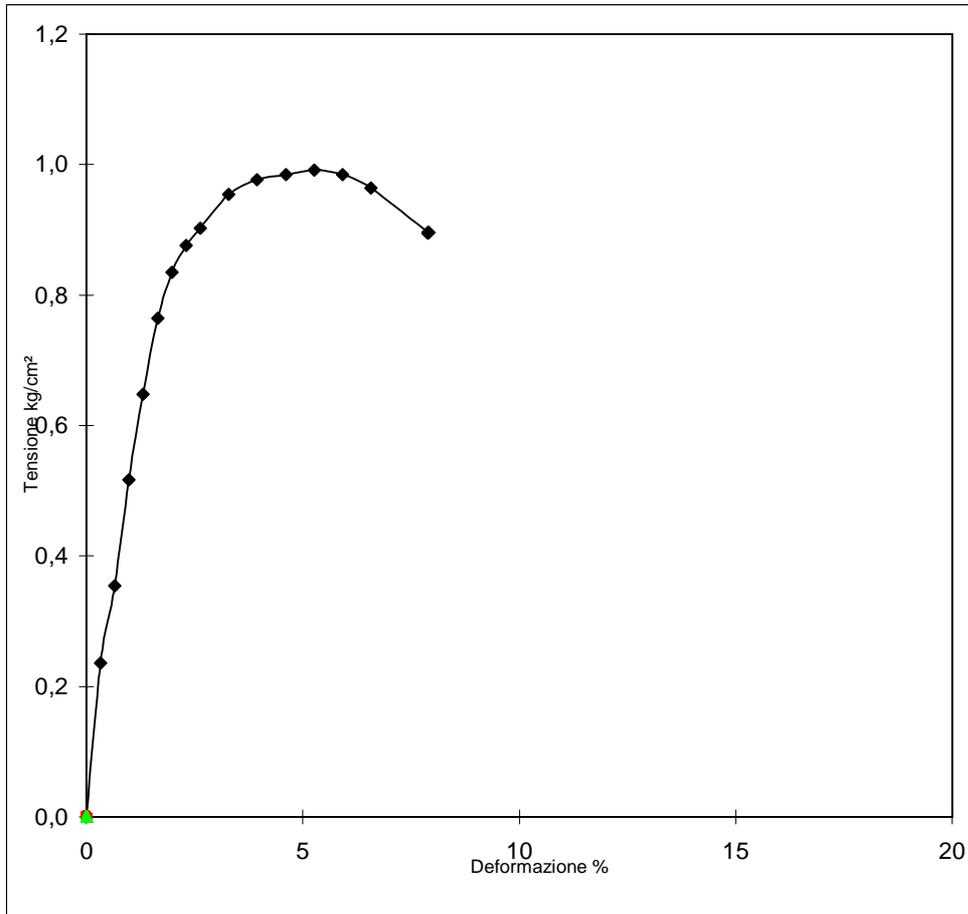
PROVA AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ2 Camp... 2 da..... 3,0-3,5  
 Cert. n°: 686 del : 27/5/08 Pagina : 1/1

Sez. provino (cm²) =	11,34	Gs (gr/cm³)	2,650
D prov. (cm.)	3,8	H prov. (cm.)	7,6

Provino 1

Tensione a rottura	Kg/cm²	<b>0,99</b>	<b>97,3</b> kPa	Def.	Sforzo
Umidità	%	<b>20,6</b>		%	Kg/cm²
Mod. Elasticità	Kg/cm²	<b>54</b>	<b>5285,3</b> kPa	0	0
Peso di volume $\gamma$	gr/cm³	<b>2,061</b>	<b>20,2</b> kN/m³	0,3	0,24
Provino 2				0,7	0,35
Tensione a rottura	Kg/cm²			1,0	0,52
Umidità	%			1,3	0,65
Mod. Elasticità	Kg/cm²			1,6	0,76
Peso di volume $\gamma$	gr/cm³			2,0	0,84
				2,3	0,88
Resistenza al taglio non drenata cu =		<b>0,50</b>	Kg/cm²	2,6	0,90
		<b>48,6</b>	kPa	3,3	0,95
				3,9	0,98
				4,6	0,98
				5,3	0,99
				5,9	0,99
				6,6	0,96
				7,9	0,90



Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : PZ2 Camp. : 3 da.....m.: 6,0-6,5  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 55  
**Rapporto prova n°: 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 Limo argillo sabbioso marrone con venature grigie poco consistente

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **55**



Pocket penetrometer (Kg/cm²) = (kPa)  
 Vane test (kg/cm²) **0,6** (kPa) **58,8**

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm³) =	<b>1,962</b>				Class. Casagrande =		
Umidità naturale w (%) =	<b>22,0</b>				Limite Liquido WL % =		
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =	<b>2,650</b>			<b>26,0</b>	Limite Plastico WP % =		
Densità secca Gd (gr/cm³) =	<b>1,609</b>			<b>15,8</b>	Indice di Plasticità IP =		
Indice dei vuoti e =	<b>0,647</b>				Indice di Consistenza I <sub>c</sub> =		
Saturazione (%) =	<b>90</b>				Limite Ritiro WR % =		
Porosità n (%) =	<b>39</b>						
<b>Analisi Granulometrica</b>				<b>Taglio Diretto CD</b>		<b>Taglio Diretto UU</b>	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				<b>Parametri residui</b>		<b>ELL</b>	<b>k</b>
				φ' (°)	c' (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	m/sec
					kPa	kPa	
<b>Prova di compressione edometrica</b>				<b>Prove eseguite sul campione</b>			
Indice compressibilità C <sub>c</sub> = <b>0,171</b>							
PRESS. kg/cm²	cv cm²/sec	k cm/sec	E kg/cm²	E kPa	umidità naturale <b>w</b>		<b>X</b>
0.25-0.5	<b>8,9E-04</b>	<b>4,8E-08</b>	<b>19</b>	<b>1532</b>	peso volume <b>γ</b>		<b>X</b>
0.5-1.0	<b>9,7E-04</b>	<b>3,7E-08</b>	<b>26</b>	<b>1816</b>	peso specifico <b>Gs</b>		<b>X</b>
1.0-2.0	<b>4,7E-04</b>	<b>8,3E-09</b>	<b>56</b>	<b>2581</b>	limiti Atterberg <b>LA</b>		-
2.0-4.0	<b>1,8E-03</b>	<b>2,1E-08</b>	<b>82</b>	<b>5525</b>	granulometria <b>Gr</b>		-
4.0-8.0	<b>1,4E-03</b>	<b>9,8E-09</b>	<b>145</b>	<b>8088</b>	taglio diretto <b>TD</b>		-
8.0-16.0	<b>3,9E-03</b>	<b>1,5E-08</b>	<b>256</b>	<b>14264</b>	compressione <b>ELL</b>		-
16,0-32,0					edometria <b>ED</b>		<b>X</b>
					permeabilità <b>Pr</b>		-
Indice di ricomprensione					proctor <b>PT</b>		-
Indice di rigonfiamento					riassiale <b>TX</b>		-

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ2 Camp... 3 da..... 6,0-6,5  
**Cert. n°: 687 del : 27/5/08 Pagina : 1/3**

Umidità iniziale % .....	22,0
$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup> .....	1,962
Peso specifico gr/cm <sup>3</sup> .....	2,650
Indice dei vuoti e .....	0,647

Caratteristiche provino edometrico

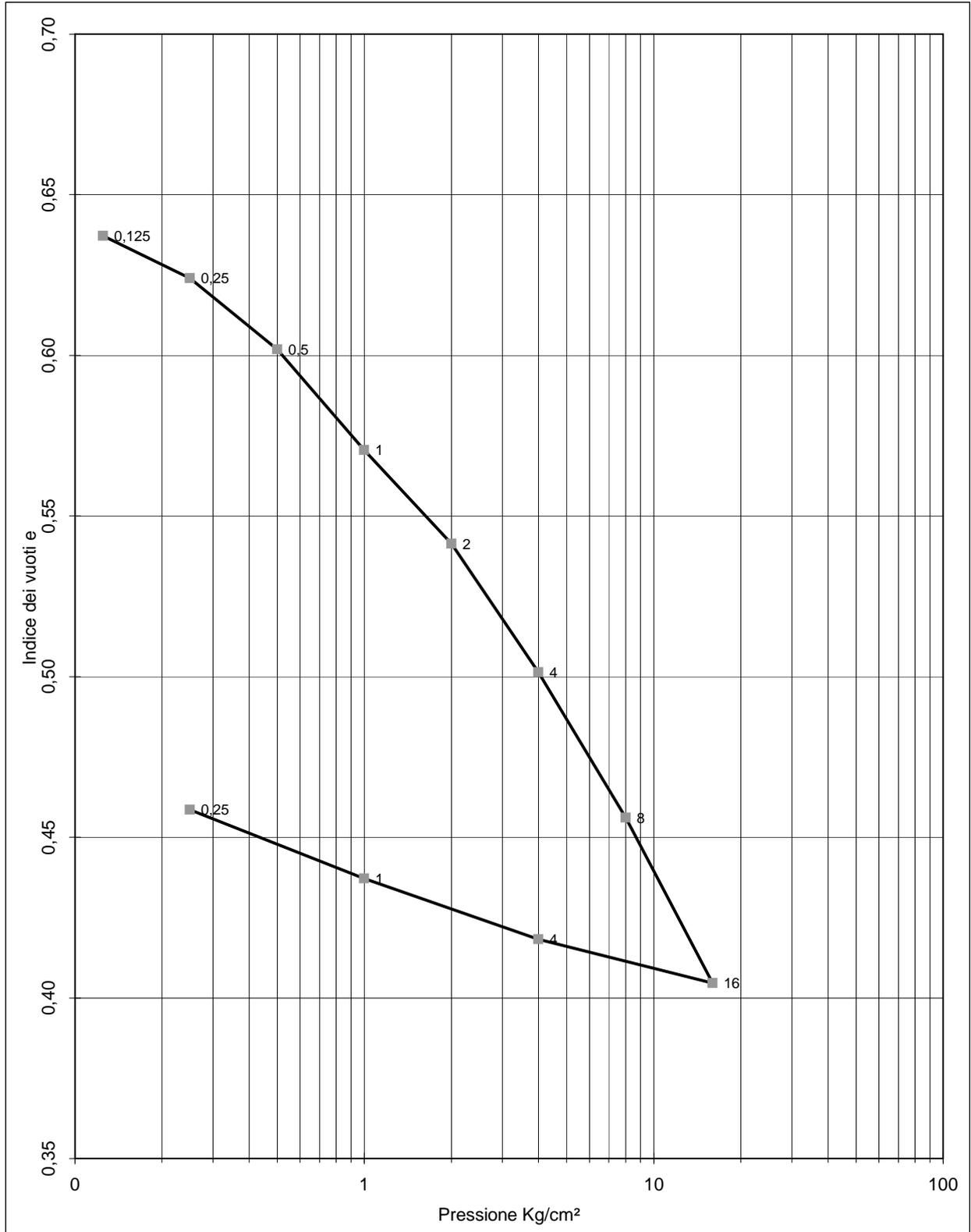
Altezza finale mm .....	1,771
Peso di volume iniziale gr/cm <sup>3</sup> .	2,055
Peso di volume finale gr/cm <sup>3</sup> ...	2,102
Umidità finale % .....	16,4
Peso di Volume secco gr/cm <sup>3</sup> ...	1,685
Intervalli di carico h = .....	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm <sup>2</sup>		mm.	mm.	%	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0,125	0,637	0,12	19,88	0,60	0,000	
0,25	0,624	0,28	19,72	1,40	0,105	16
0,5	0,602	0,55	19,45	2,75	0,089	19
1	0,571	0,93	19,07	4,65	0,063	26
2	0,541	1,285	18,72	6,43	0,029	56
4	0,501	1,77	18,23	8,85	0,020	82
8	0,456	2,32	17,68	11,60	0,011	145
16	0,405	2,945	17,06	14,73	0,006	256
4	0,418	2,78	17,22	13,90	0,001	
1	0,437	2,55	17,45	12,75	0,006	
0,25	0,459	2,29	17,71	11,45	0,029	

Indice di compressibilità Cc =	0,171
Indice di rigonfiamento Cs =	
Indice di ricomprensione =	

### PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

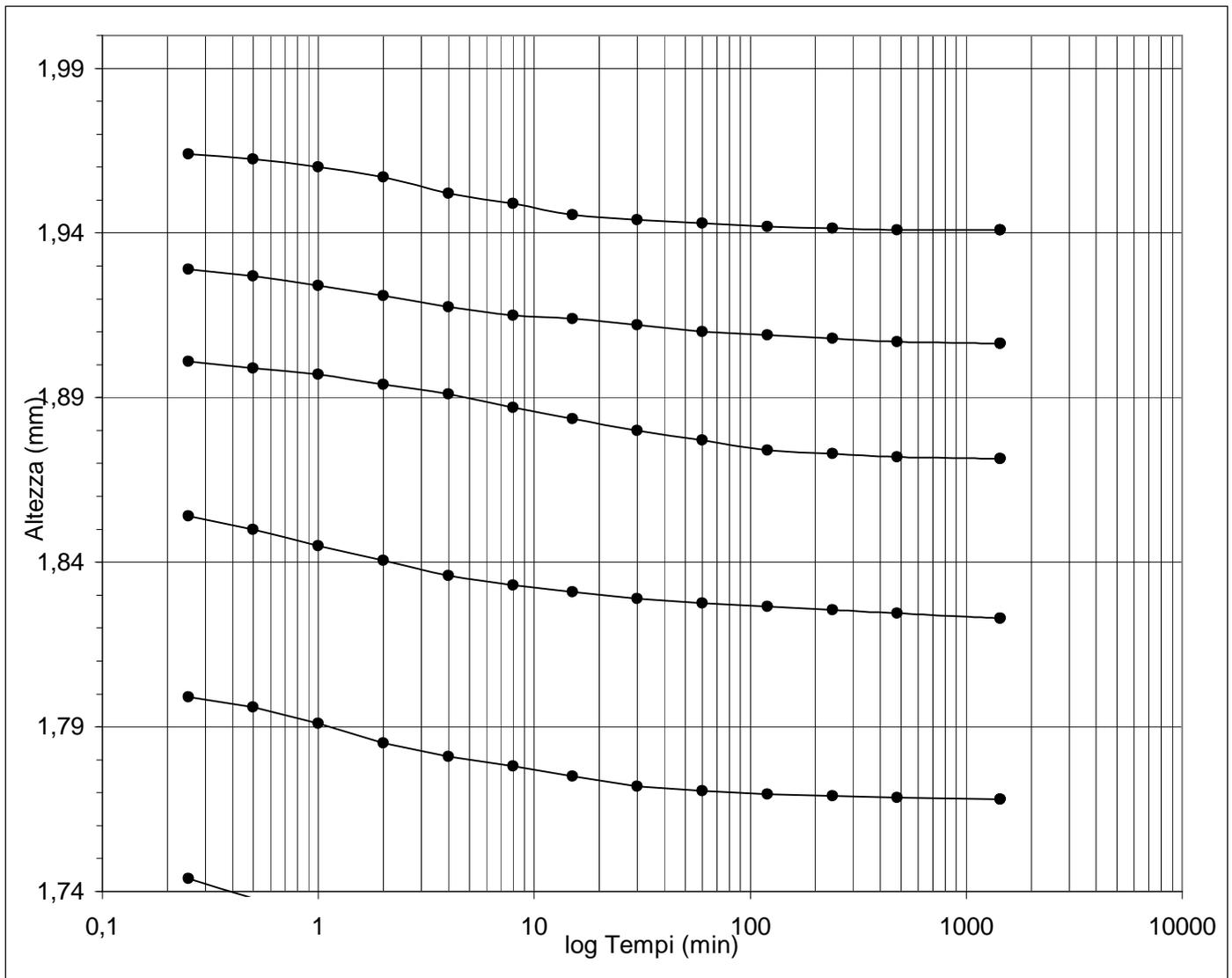
Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
Sond.... PZ2 Camp... 3 da.... 6,0-6,5  
Cert. n°: 687 del : 27/5/08 Pagina : 2/3



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... PZ2 Camp... 3 da..... 6,0-6,5  
**Cert. n°: 687 del : 27/5/08 Pagina : 3/3**

INTERVALLO	cv	k	mv	C $\alpha$
	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec	cm <sup>2</sup> /Kg	
0.25-0.5	8,9E-04	4,8E-08	0,0540	
0.5-1.0	9,7E-04	3,7E-08	0,0380	
1.0-2.0	4,7E-04	8,3E-09	0,0178	
2.0-4.0	1,8E-03	2,1E-08	0,0121	
4.0-8.0	1,4E-03	9,8E-09	0,0069	
8.0-16.0	3,9E-03	1,5E-08	0,0039	
16,0-32,0				



Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : S1 Camp. : 1 da.....m.: 1,5-2,0  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 46  
**Rapporto prova n° : 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 0-15 rimaneggiato poi limo argilloso a tratti sabbioso con tracce torbose poco consistente

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **46**



Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **1,5** (kPa) **147,1**  
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm³) =		<b>2,025</b>			Class. Casagrande =		
Umidità naturale w (%) =		<b>24,9</b>			Limite Liquido WL % =		
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =		<b>2,650</b>		<b>26,0</b>	Limite Plastico WP % =		
Densità secca Gd (gr/cm³) =		<b>1,622</b>		<b>15,9</b>	Indice di Plasticità IP =		
Indice dei vuoti e =		<b>0,634</b>			Indice di Consistenza Ic =		
Saturazione (%) =		<b>104</b>			Limite Ritiro WR % =		
Porosità n (%) =		<b>39</b>					
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	m/sec
						<b>0,58</b>	
					kPa	kPa	
						<b>56,8</b>	
Prova di compressione edometrica				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità Cc =							
PRESS. kg/cm²	cv cm²/sec	k cm/sec	E kg/cm²	E kPa			
0.25-0.5					umidità naturale w	<b>X</b>	
0.5-1.0					peso volume γ	<b>X</b>	
1.0-2.0					peso specifico Gs	-	
2.0-4.0					limiti Atterberg LA	-	
4.0-8.0					granulometria Gr	-	
8.0-16.0					taglio diretto TD	-	
16,0-32,0					compressione ELL	<b>X</b>	
					edometria ED	-	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricomprensione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	



Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : S1 Camp. : 2 da.....m.: 3,0-3,5  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 44  
**Rapporto prova n° : 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 Argilla limosa marrone contracce torbose poco consistente

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **44**



Pocket penetrometer (Kg/cm<sup>2</sup>) = **1,2** (kPa) **117,7**  
 Vane test (kg/cm<sup>2</sup>) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m <sup>3</sup>	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm <sup>3</sup> ) =				<b>2,090</b>		Class. Casagrande =	
Umidità naturale w (%) =				<b>24,2</b>		Limite Liquido WL % =	
Peso Specifico Gs (gr/cm <sup>3</sup> ) =				<b>2,637</b>	<b>25,9</b>	Limite Plastico WP % =	
Densità secca Gd (gr/cm <sup>3</sup> ) =				<b>1,683</b>	<b>16,5</b>	Indice di Plasticità IP =	
Indice dei vuoti e =				<b>0,567</b>		Indice di Consistenza Ic =	
Saturazione (%) =				<b>112</b>		Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =				<b>36</b>			
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	φ (°)	cu (kg/cm <sup>2</sup> )
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	cu (kg/cm <sup>2</sup> )	m/sec
					kPa	<b>0,72</b>	
						kPa	<b>70,1</b>
Prova di compressione edometrica					Prove eseguite sul campione		
Indice compressibilità Cc = <b>0,156</b>							
PRESS.	cv	k	E	E			
kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec	kg/cm <sup>2</sup>	kPa	umidità naturale w	X	
0.25-0.5	<b>5,6E-04</b>	<b>2,1E-08</b>	<b>27</b>	<b>2452</b>	peso volume γ	X	
0.5-1.0	<b>4,9E-04</b>	<b>1,3E-08</b>	<b>36</b>	<b>2650</b>	peso specifico Gs	X	
1.0-2.0	<b>6,4E-04</b>	<b>9,7E-09</b>	<b>67</b>	<b>3566</b>	limiti Atterberg LA	-	
2.0-4.0	<b>8,1E-04</b>	<b>9,3E-09</b>	<b>88</b>	<b>6538</b>	granulometria Gr	-	
4.0-8.0	<b>4,6E-04</b>	<b>3,0E-09</b>	<b>152</b>	<b>8621</b>	taglio diretto TD	-	
8.0-16.0	<b>5,2E-04</b>	<b>2,0E-09</b>	<b>267</b>	<b>14943</b>	compressione ELL	X	
16,0-32,0					edometria ED	X	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricomprensione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... S1 Camp... 2 da..... 3,0-3,5  
**Cert. n°: 689 del : 27/5/08 Pagina : 1/3**

Umidità iniziale % .....	24,2
$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup> .....	2,090
Peso specifico gr/cm <sup>3</sup> .....	2,637
Indice dei vuoti e .....	0,567

Caratteristiche provino edometrico

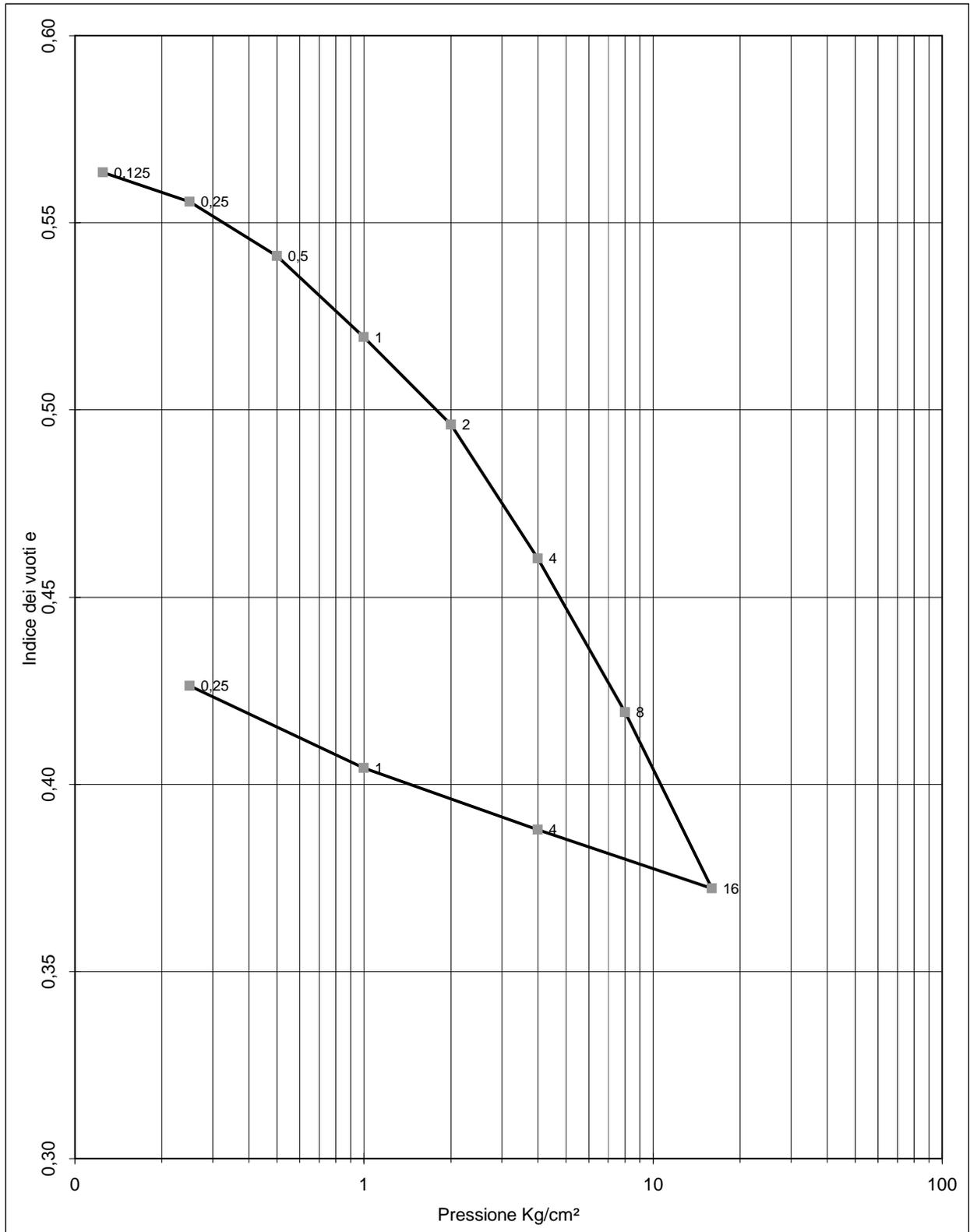
Altezza finale mm .....	1,82
Peso di volume iniziale gr/cm <sup>3</sup> .	2,106
Peso di volume finale gr/cm <sup>3</sup> ...	2,083
Umidità finale % .....	18,7
Peso di Volume secco gr/cm <sup>3</sup> ...	1,696
Intervalli di carico h = .....	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm <sup>2</sup>		mm.	mm.	%	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0,125	0,563	0,05	19,95	0,25	0,000	
0,25	0,556	0,15	19,85	0,75	0,063	25
0,5	0,541	0,335	19,67	1,68	0,058	27
1	0,520	0,61	19,39	3,05	0,043	36
2	0,496	0,91	19,09	4,55	0,024	67
4	0,460	1,365	18,64	6,83	0,018	88
8	0,419	1,89	18,11	9,45	0,010	152
16	0,372	2,49	17,51	12,45	0,006	267
4	0,388	2,29	17,71	11,45	0,001	
1	0,404	2,08	17,92	10,40	0,005	
0,25	0,426	1,8	18,20	9,00	0,029	

Indice di compressibilità Cc =	0,156
Indice di rigonfiamento Cs =	
Indice di ricomprensione =	

### PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

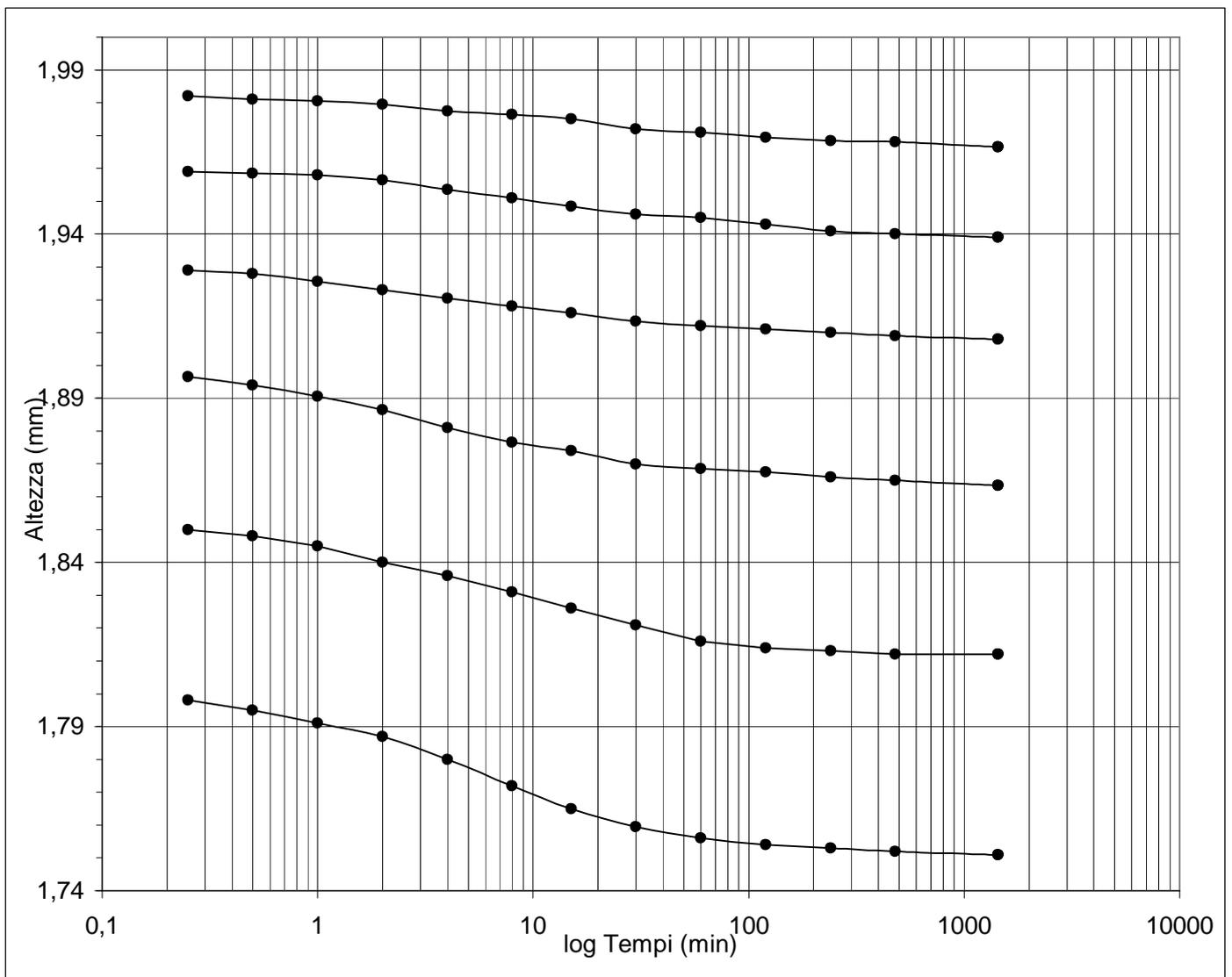
Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
Sond.... S1      Camp... 2      da.... 3,0-3,5  
Cert. n°: 689      del : 27/5/08      Pagina : 2/3



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere..... Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond.... S1 Camp... 2 da..... 3,0-3,5  
**Cert. n°: 689 del : 27/5/08 Pagina : 3/3**

INTERVALLO	cv	k	mv	C $\alpha$
	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec	cm <sup>2</sup> /Kg	
0.25-0.5	5,6E-04	2,1E-08	0,0370	
0.5-1.0	4,9E-04	1,3E-08	0,0275	
1.0-2.0	6,4E-04	9,7E-09	0,0150	
2.0-4.0	8,1E-04	9,3E-09	0,0114	
4.0-8.0	4,6E-04	3,0E-09	0,0066	
8.0-16.0	5,2E-04	2,0E-09	0,0038	
16,0-32,0				





Committente : RAVESI Andrea - LEPORI Dario e PIERLUGI  
 Cantiere : Area ex Monfibre - RAVESI/LEPORI - INDIOS  
 Sond. : S1 Camp. : 3 da.....m.: 10,5-11,0  
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 54  
**Rapporto prova n°: 90 del : 27/5/08**

Descrizione campione :  
 Sabbia limosa grigio scuro con torba poco addensata

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**  
 Lunghezza (cm.) = **54**



Pocket penetrometer (Kg/cm²) = (kPa)  
 Vane test (kg/cm²) **0,8** (kPa) **78,5**

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³	Limiti di Atterberg		
Peso di volume g (gr/cm³) =				<b>1,932</b>	<b>189,5</b>	Class. Casagrande =	
Umidità naturale w (%) =				<b>28,7</b>		Limite Liquido WL % =	
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =				<b>2,650</b>	<b>26,0</b>	Limite Plastico WP % =	
Densità secca Gd (gr/cm³) =				<b>1,501</b>	<b>14,7</b>	Indice di Plasticità IP =	
Indice dei vuoti e =				<b>0,766</b>		Indice di Consistenza I <sub>c</sub> =	
Saturazione (%) =				<b>99</b>		Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =				<b>43</b>			
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				Parametri residui		ELL	k
				φ' (°)	c' (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	m/sec
					kPa	kPa	
Prova di compressione edometrica				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità C <sub>c</sub> =							
PRESS. kg/cm²	cv cm²/sec	k cm/sec	E kg/cm²	E kPa			
0.25-0.5					umidità naturale w	<b>X</b>	
0.5-1.0					peso volume γ	<b>X</b>	
1.0-2.0					peso specifico G <sub>s</sub>	-	
2.0-4.0					limiti Atterberg LA	-	
4.0-8.0					granulometria Gr	-	
8.0-16.0					taglio diretto TD	-	
16,0-32,0					compressione ELL	-	
				edometria ED			
				permeabilità Pr			
Indice di ricomprensione				proctor PT			
Indice di rigonfiamento				riassiale TX			

## Allegato 2

### INDAGINI GEOLOGICHE 2018

Localizzazione Sondaggio S2 2018



Localizzazione Sondaggio S2 2018



S2 da 0,00 a 5,00 m.



S2 d 5,00 a 10,00 m.



S2 da 10,00 a 15,00 m.



Particolare primi metri dal piano campagna





## Allegato 3

### CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO 2018



**Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
Settore A – Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

# LABOTER snc di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

**Committente :** Dott. Geologo Leonardo Moretti  
**Cantiere :** Monsummano (PT)

**Verbale Accettazione n° :** 505 del 26/11/2018  
**Data Certificazione :** 21/12/2018  
**Campioni n°:** 4  
**Certificati da n° a n° :** 05007 a 05024









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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05010</b>	Allegato 1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/12/18	Inizio analisi: 10/12/18
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505</b>	del 26/11/18	<b>Apertura campione:</b> 06/12/18	Fine analisi: 13/12/18

<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geologo Leonardo Moretti			
<b>RIFERIMENTO:</b> Monsummano (PT)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m	2.0-2.5

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO**

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	98,2 %	Limite di liquidità	29,9 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	91,5 %	Limite di plasticità	21,1 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	69,7 %	Indice di plasticità	8,8 %

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A4      INDICE DI GRUPPO: 7**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Limi poco compressibili





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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05007</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 07/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.0-2.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 23,4 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C





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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05008</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 06/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.0-2.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 20,0 kN/m<sup>3</sup>**





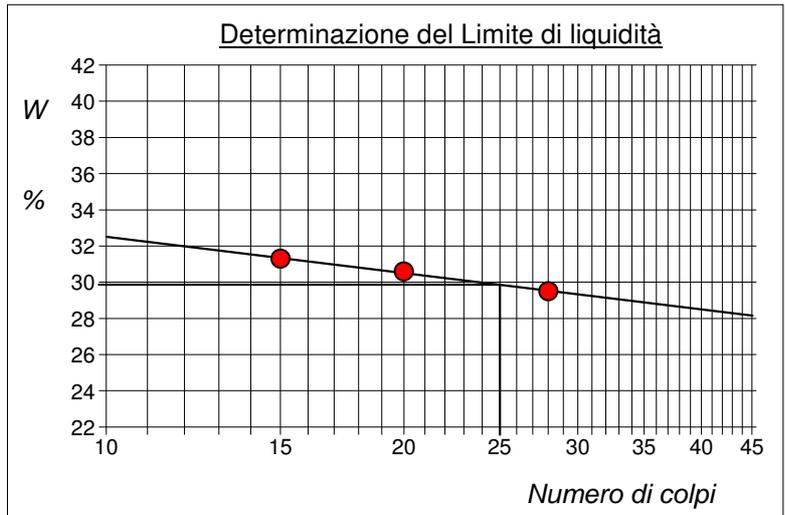
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05009</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 20/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 21/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti		
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.0-2.5

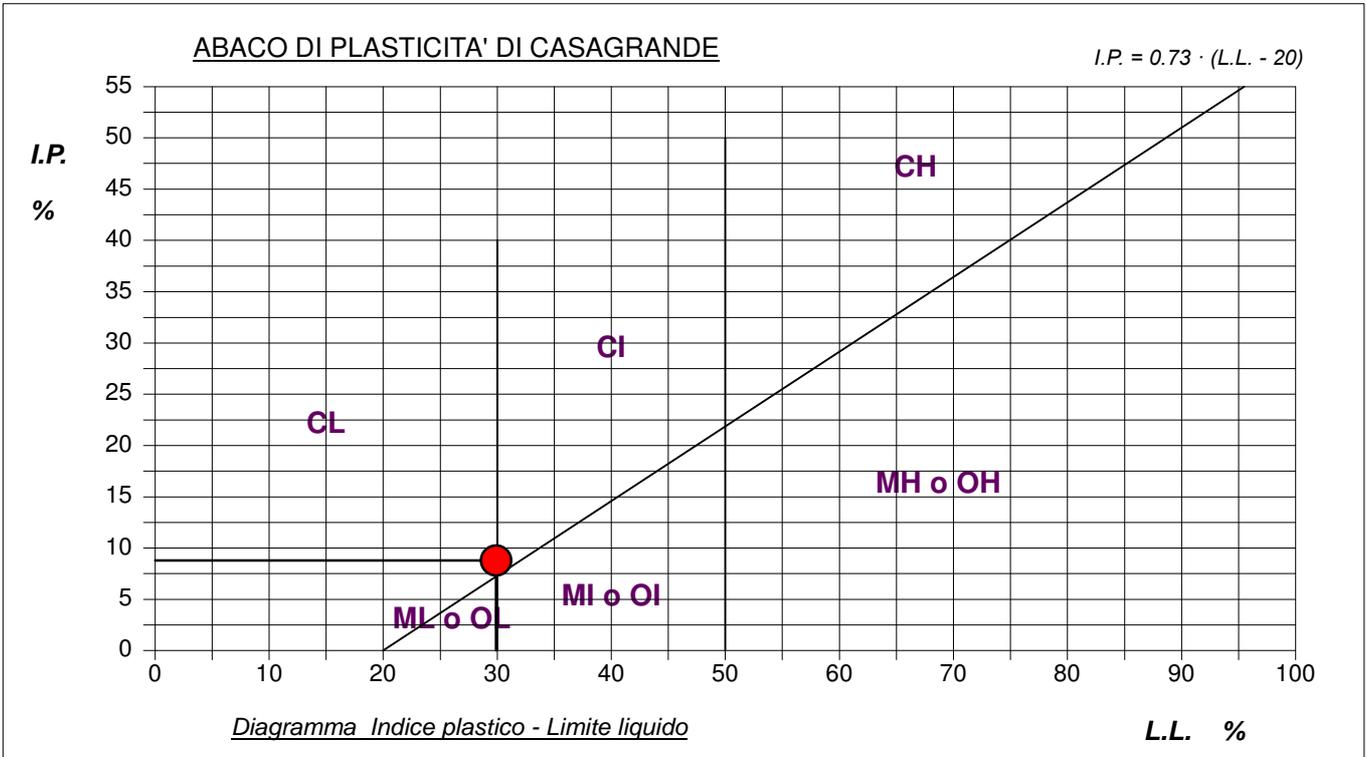
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	29,9	%
Limite di plasticità	21,1	%
Indice di plasticità	8,8	%
Indice di consistenza	0,74	
Passante al set. n° 40	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	<b>L - Bassa compressibilità</b>
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità









<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05011</b>	Pagina 2/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18</b>		<b>Apertura campione:</b> 06/12/18	Fine analisi: 17/12/18

<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geologo Leonardo Moretti			
<b>RIFERIMENTO:</b> Monsummano (PT)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m 2.0-2.5	

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	9,9			0,02	12,2	2880,00	32,3	0,02	32,3			0,02	70,9		
0,25	10,5			0,25	16,0			0,25	43,1			0,25	84,2		
0,50	10,6			0,50	16,8			0,50	45,5			0,50	86,5		
1,00	10,6			1,00	18,1			1,00	47,9			1,00	89,6		
2,00	10,7			2,00	19,7			2,00	51,4			2,00	92,8		
4,00	10,7			4,00	21,5			4,00	55,0			4,00	96,0		
8,00	10,8			8,00	23,4			8,00	59,1			8,00	99,5		
15,00	11,0			15,00	25,1			15,00	62,1			15,00	102,1		
30,00	11,2			30,00	26,5			30,00	64,3			30,00	103,7		
60,00	11,4			60,00	27,6			60,00	65,9			60,00	105,1		
120,00	11,6			120,00	28,6			120,00	67,4			120,00	106,4		
240,00	11,7			240,00	29,6			240,00	68,7			240,00	107,3		
480,00	11,8			480,00	30,4			480,00	69,7			480,00	108,2		
900,00	12,0			900,00	31,2			900,00	70,4			900,00	108,9		
1200,00	12,1			1200,00	31,5			1200,00	70,7			1200,00	109,2		
1422,58	12,2			1440,00	31,7			1411,92	70,9			1404,18	109,3		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	109,3	1485,80	153,2	0,02	153,2			0,02	208,9			0,02	272,4		
0,25	123,2			0,25	168,9			0,25	223,9			0,25	271,9		
0,50	126,1			0,50	172,8			0,50	229,5			0,50	271,1		
1,00	129,7			1,00	177,5			1,00	235,8			1,00	269,9		
2,00	133,6			2,00	182,9			2,00	243,4			2,00	268,6		
4,00	137,9			4,00	189,1			4,00	251,3			4,00	267,8		
8,00	142,1			8,00	194,2			8,00	257,9			8,00	267,1		
15,00	144,9			15,00	197,2			15,00	261,7			15,00	266,7		
30,00	146,6			30,00	199,8			30,00	264,3			30,00	266,5		
60,00	148,3			60,00	201,7			60,00	266,4			60,00	266,2		
120,00	149,5			120,00	203,4			120,00	268,0			120,00	266,0		
240,00	150,6			240,00	204,9			240,00	269,3			240,00	265,8		
480,00	151,6			480,00	206,4			480,00	270,8			480,00	265,7		
900,00	152,5			900,00	207,7			900,00	271,8			900,00	265,5		
1200,00	152,9			1200,00	208,4			1200,00	272,2			1061,95	265,5		
1257,95	153,0			1440,00	208,9			1427,67	272,4						

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	265,5			0,02	243,7										
0,25	260,7			0,25	240,9										
0,50	259,4			0,50	240,5										
1,00	257,8			1,00	239,7										
2,00	255,9			2,00	238,4										
4,00	253,1			4,00	237,0										
8,00	250,5			8,00	235,0										
15,00	248,4			15,00	232,5										
30,00	247,2			30,00	230,1										
60,00	246,0			60,00	227,9										
120,00	245,3			120,00	226,0										
240,00	244,7			240,00	224,8										
480,00	244,1			480,00	223,7										
900,00	243,8			826,03	223,1										
1200,00	243,7														
1440,00	243,7														







<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05013</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 07/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 10/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.0-2.5	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	147
Tensione a rottura (kPa):	37	58	85
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,92	4,07	6,06
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,04	0,46	1,15
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,6	--- 24,3	--- 22,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,7 24,4	20,3 25,2	19,9 24,4

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

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

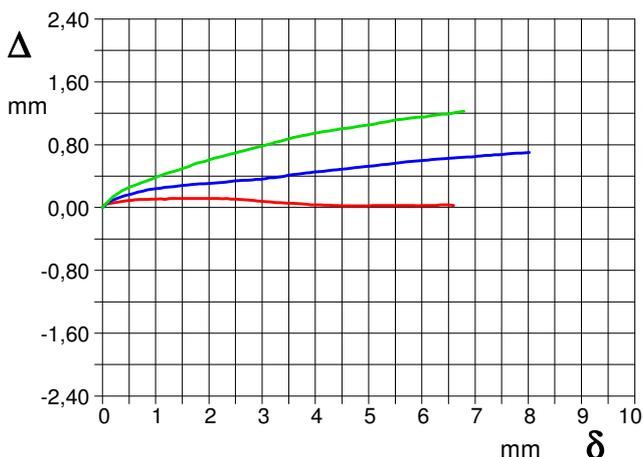
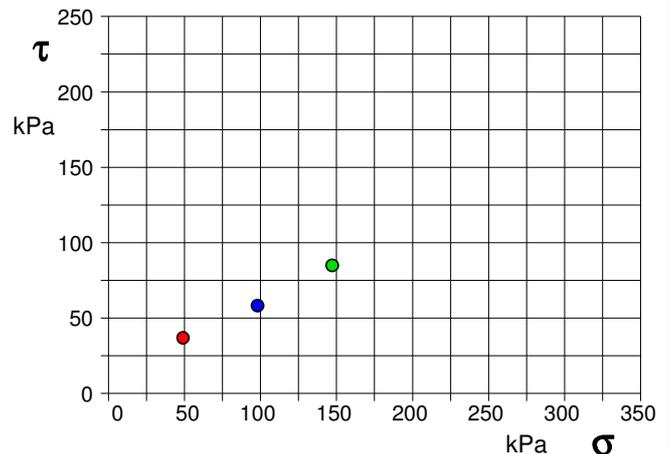


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

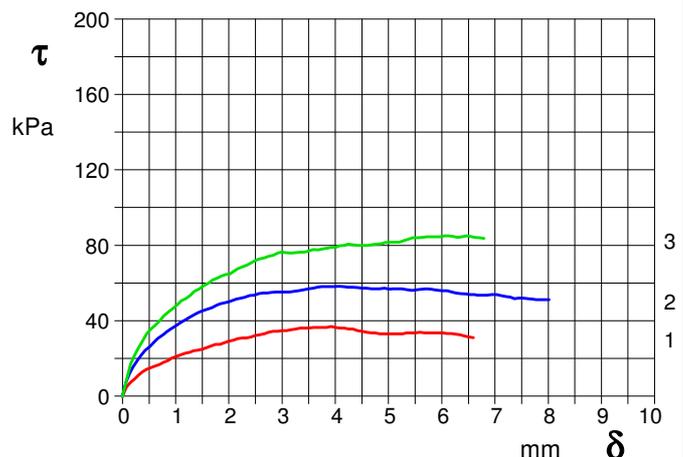


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05013</b>	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 07/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 10/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.0-2.5

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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	49
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,939
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

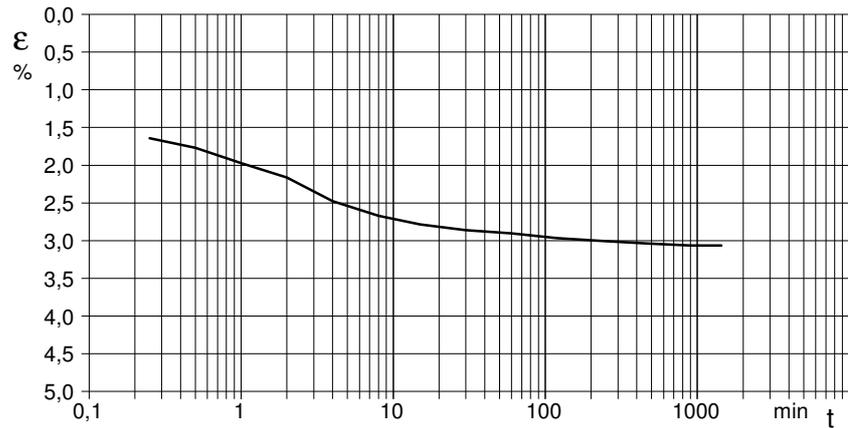


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	1,970
Altezza finale (cm)	1,880
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,24
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

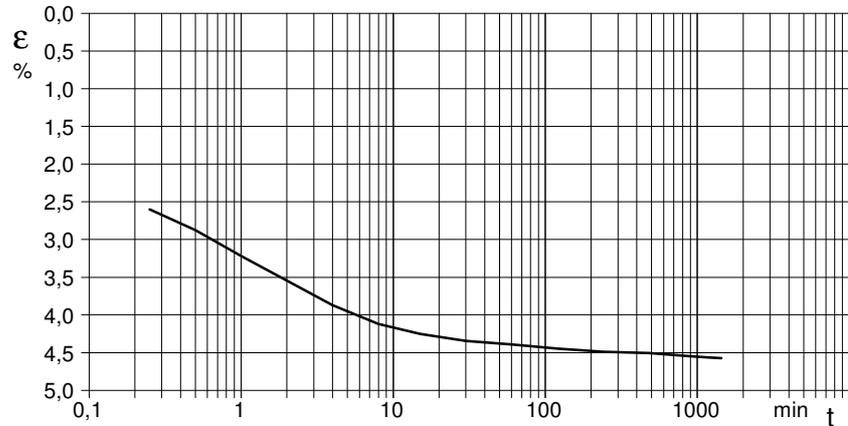
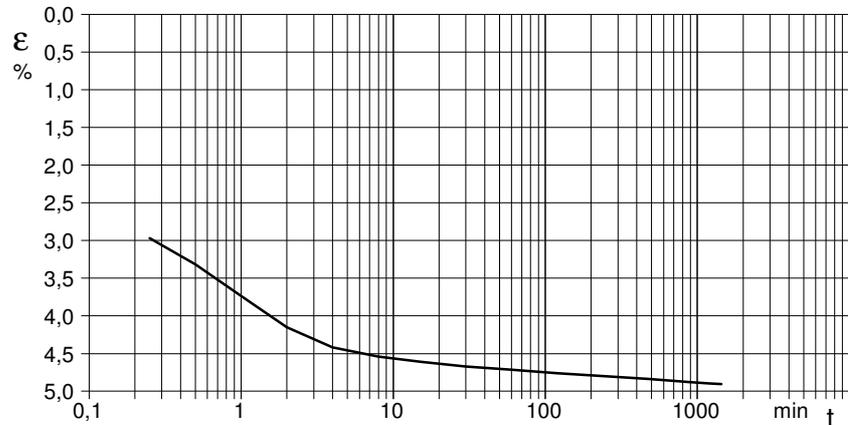


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	147
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,902
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$      $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$      $t_f = 50 \times T_{50}$      $V_s = D_f / t_f$



COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.0-2.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	147
Tensione a rottura (kPa):	37	58	85
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,92	4,07	6,06
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,04	0,46	1,15
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,6	--- 24,3	--- 22,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,7 24,4	20,3 25,2	19,9 24,4

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	11,5 kPa
Angolo di attrito interno:	26,1 °

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

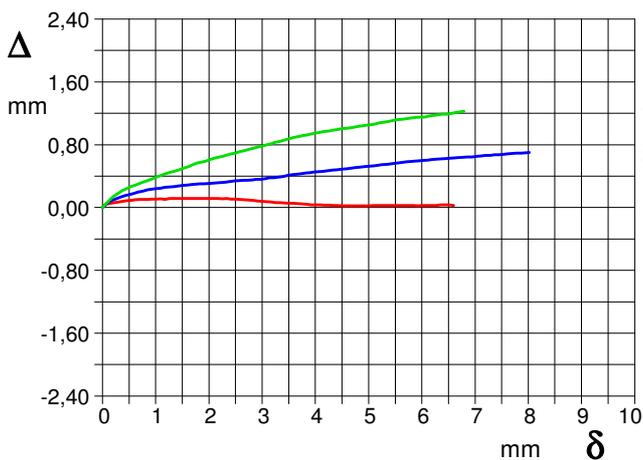
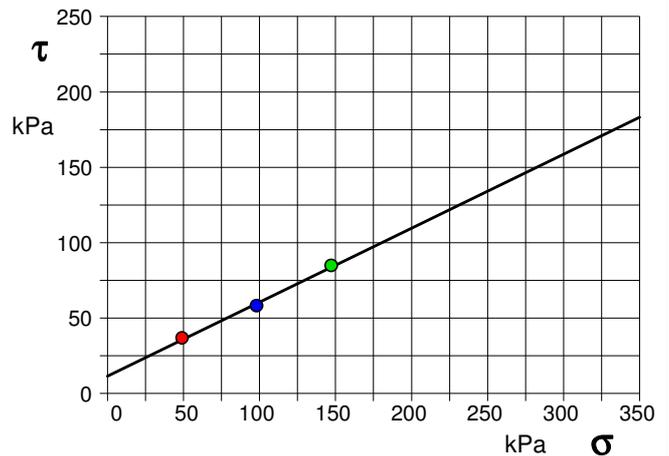


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

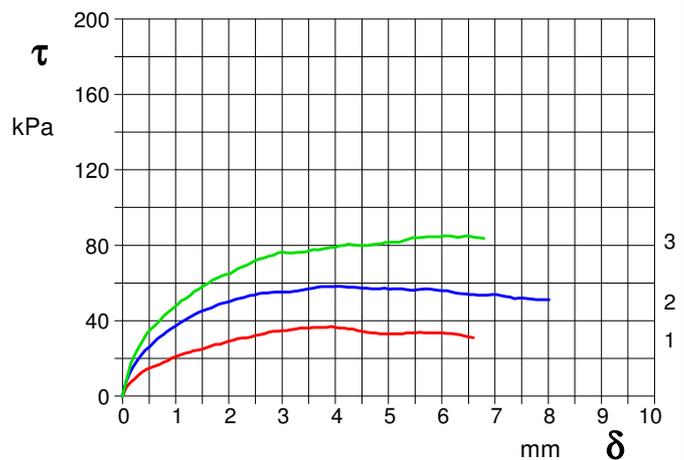


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.





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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05014</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 07/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti		
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 3.8-4.4

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24,4 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C





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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05015</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505</b>	del 26/11/18	<b>Apertura campione:</b> 06/12/18	Fine analisi: 06/12/18

<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geologo Leonardo Moretti			
<b>RIFERIMENTO:</b> Monsummano (PT)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 2	<b>PROFONDITA':</b> m	3.8-4.4

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,4 kN/m<sup>3</sup>**





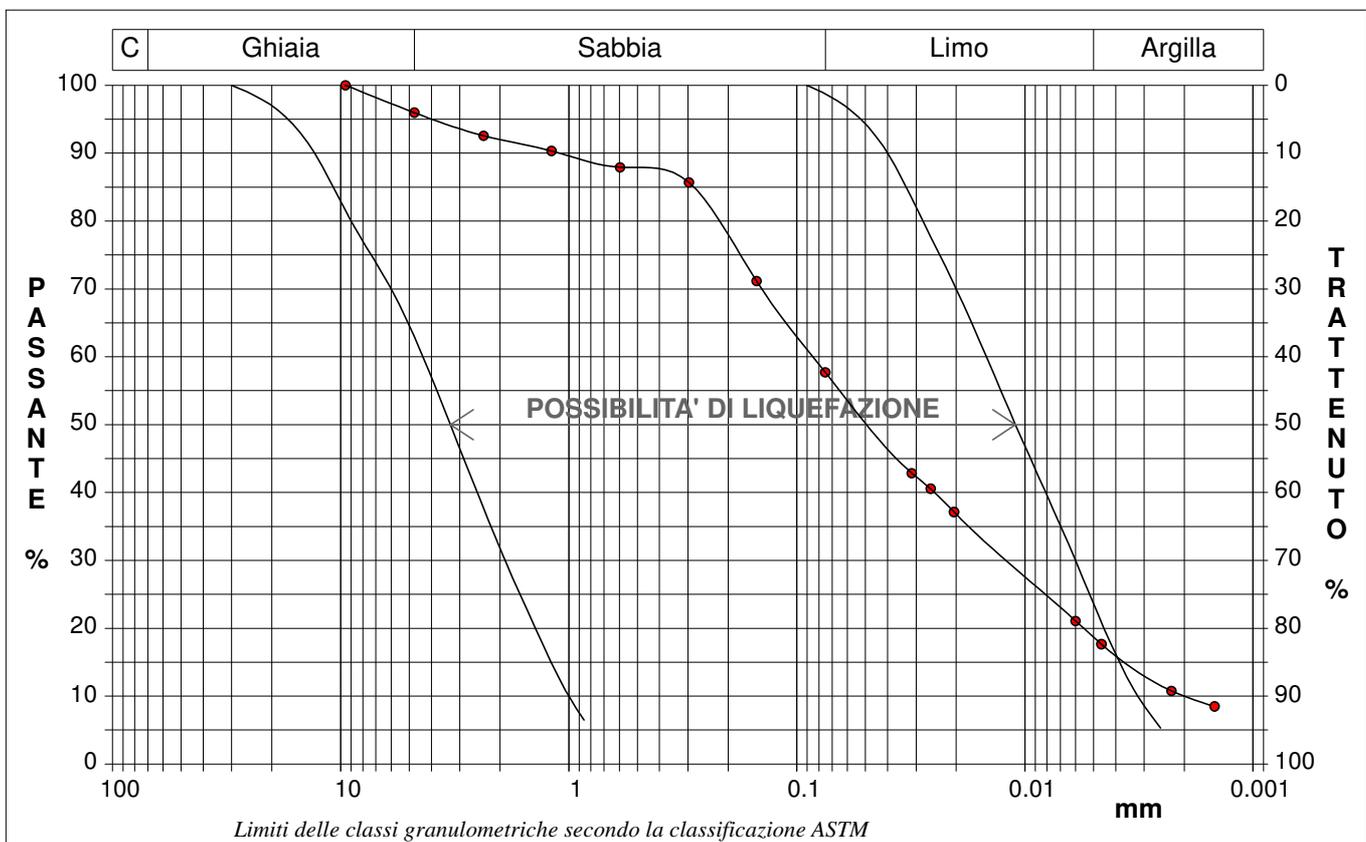
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05016</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 10/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 13/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 3.8-4.4	

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	4,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	92,0 %	D10	0,00197 mm	
Sabbia	38,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86,6 %	D30	0,01185 mm	
Limo	39,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	57,7 %	D50	0,04770 mm	
Argilla	18,7 %			D60	0,08443 mm	
Coefficiente di uniformità		42,91	Coefficiente di curvatura	0,85	D90	1,08265 mm



Diametro mm	Passante %								
9,5200	100,00	0,2970	85,69	0,0204	37,12				
4,7500	95,97	0,1500	71,14	0,0060	21,08				
2,3600	92,56	0,0750	57,70	0,0046	17,65				
1,1900	90,33	0,0313	42,85	0,0023	10,77				
0,5950	87,92	0,0259	40,56	0,0015	8,48				



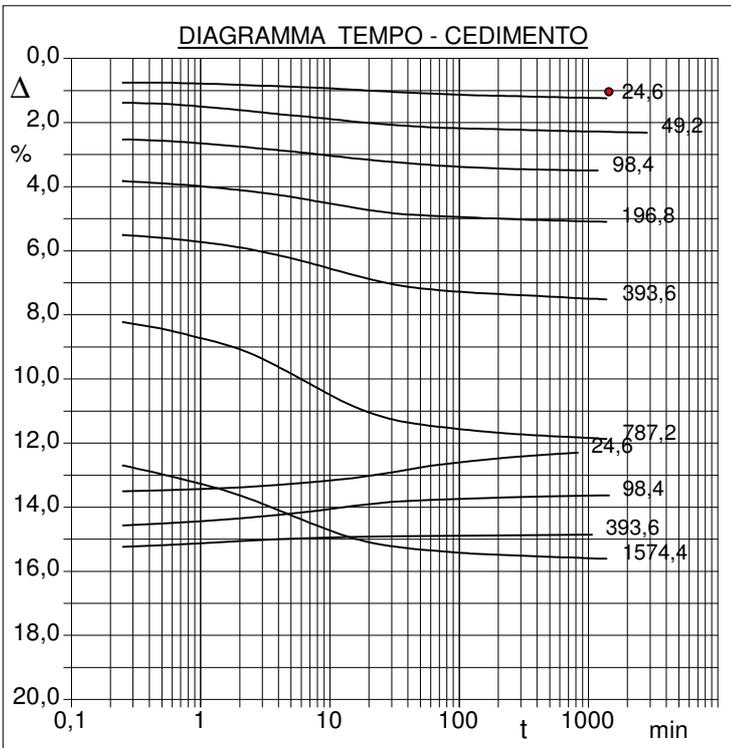
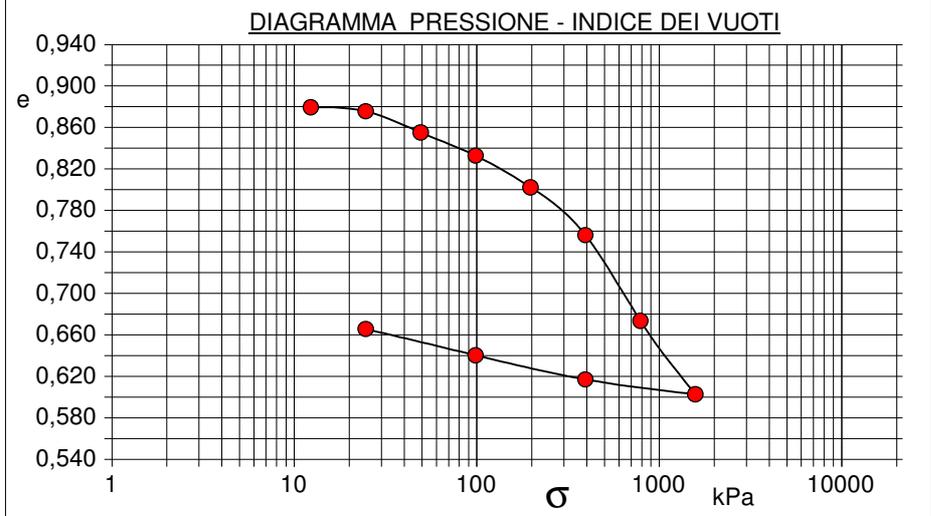
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05017</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 17/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti		
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 3.8-4.4

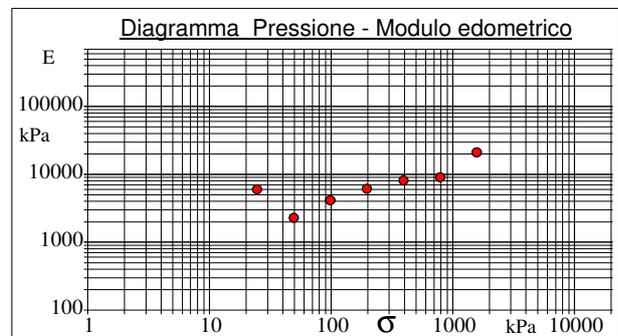
**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	17,35
Umidità (%)	24,5
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,37
Sezione provino (cm²)	22,62
Volume provino (cm³)	45,24
Volume dei vuoti (cm³)	21,42
Indice dei vuoti	0,90
Porosità (%)	47,35
Saturazione (%)	73,5



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	20,7	0,880				
24,6	24,8	0,876	0,013	6000	0,000266	4,35E-09
49,2	46,3	0,855	0,068	2288	0,000714	3,06E-08
98,4	69,9	0,833	0,074	4169	0,000445	1,05E-08
196,8	102,0	0,802	0,101	6131	0,000573	9,17E-09
393,6	150,5	0,756	0,153	8115	0,000482	5,82E-09
787,2	237,6	0,674	0,275	9038	0,000589	6,39E-09
1574,4	312,2	0,603	0,235	21105	0,000826	3,84E-09
393,6	297,1	0,617				
98,4	272,6	0,640				
24,6	245,9	0,666				





**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05017** Pagina 2/2  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18

DATA DI EMISSIONE: 21/12/18 Inizio analisi: 06/12/18  
Apertura campione: 06/12/18 Fine analisi: 17/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti  
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)  
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 3.8-4.4

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	20,7			0,02	24,8	2880,00	46,3	0,02	46,3			0,02	69,9		
0,25	15,0			0,25	27,6			0,25	50,5			0,25	76,5		
0,50	15,1			0,50	28,3			0,50	51,3			0,50	77,9		
1,00	15,6			1,00	30,0			1,00	53,0			1,00	79,7		
2,00	16,5			2,00	32,2			2,00	55,0			2,00	82,1		
4,00	17,3			4,00	34,7			4,00	57,2			4,00	85,1		
8,00	18,3			8,00	37,0			8,00	59,7			8,00	89,2		
15,00	19,4			15,00	39,3			15,00	62,2			15,00	92,9		
30,00	20,8			30,00	41,4			30,00	64,5			30,00	96,5		
60,00	21,9			60,00	42,9			60,00	66,4			60,00	98,1		
120,00	22,8			120,00	43,7			120,00	67,9			120,00	99,2		
240,00	23,4			240,00	44,3			240,00	68,9			240,00	100,2		
480,00	24,0			480,00	45,0			480,00	69,5			480,00	101,0		
900,02	24,5			900,00	45,5			900,00	69,8			900,00	101,5		
1200,02	24,7			1200,00	45,6			1200,00	69,9			1200,00	101,8		
1423,70	24,8			1440,00	45,8							1404,93	102,0		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	102,0			0,02	150,5			0,02	237,6			0,02	312,2		
0,25	110,1			0,25	164,6			0,25	253,9			0,25	304,7		
0,50	111,9			0,50	168,7			0,50	259,5			0,50	303,7		
1,00	114,5			1,00	174,5			1,02	265,6			1,00	302,5		
2,00	117,9			2,00	181,4			2,02	272,7			2,00	301,2		
4,00	122,8			4,00	192,5			4,02	281,9			4,00	300,0		
8,00	128,9			8,00	205,6			8,02	291,6			8,00	299,2		
15,00	135,0			15,00	216,9			15,02	299,3			15,00	298,6		
30,00	140,7			30,00	225,1			30,02	304,4			30,00	298,2		
60,00	144,1			60,00	229,2			60,02	307,0			60,00	297,9		
120,00	146,0			120,00	231,9			120,02	308,8			120,00	297,7		
240,00	147,3			240,00	234,0			240,02	310,0			240,00	297,5		
480,00	148,5			480,00	235,5			480,02	310,9			480,00	297,3		
900,00	149,7			900,00	236,6			900,02	311,7			900,00	297,1		
1200,00	150,1			1200,00	237,1			1200,02	312,1			1062,22	297,1		
1440,00	150,5			1440,00	237,6			1428,52	312,2						

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	297,1			0,02	272,6										
0,25	291,3			0,25	270,0										
0,50	290,2			0,50	269,4										
1,00	288,8			1,00	268,7										
2,00	287,0			2,00	267,7										
4,00	284,8			4,00	266,2										
8,00	282,2			8,00	264,1										
15,00	279,2			15,00	261,9										
30,00	276,6			30,00	258,4										
60,00	275,4			60,00	254,2										
120,00	274,6			120,00	251,4										
240,00	273,8			240,00	248,9										
480,00	273,2			480,00	247,2										
900,00	272,8			826,13	245,9										
1200,00	272,7														
1440,00	272,6														



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05018</b>	Pagina 1/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/12/18	Inizio analisi: 17/12/18
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18</b>		<b>Apertura campione:</b> 06/12/18	Fine analisi: 20/12/18

<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geologo Leonardo Moretti			
<b>RIFERIMENTO:</b> Monsummano (PT)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 2	<b>PROFONDITA':</b> m 3.8-4.4	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	69	112	170
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,94	4,15	5,53
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,17	0,37	0,53
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 26,7	--- 26,5	--- 23,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,0 24,0	19,6 24,8	19,6 24,3

DIAGRAMMA  
Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

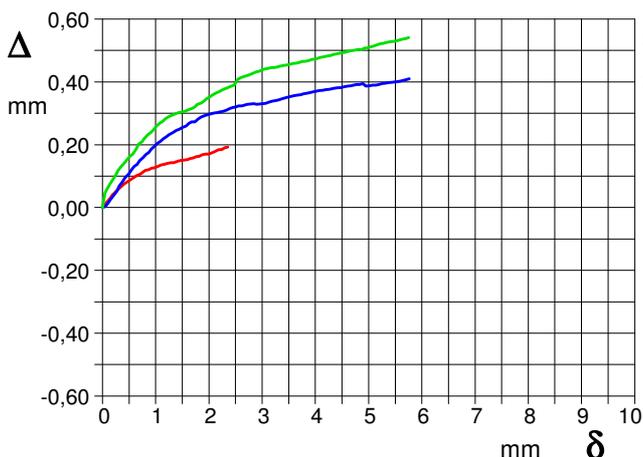
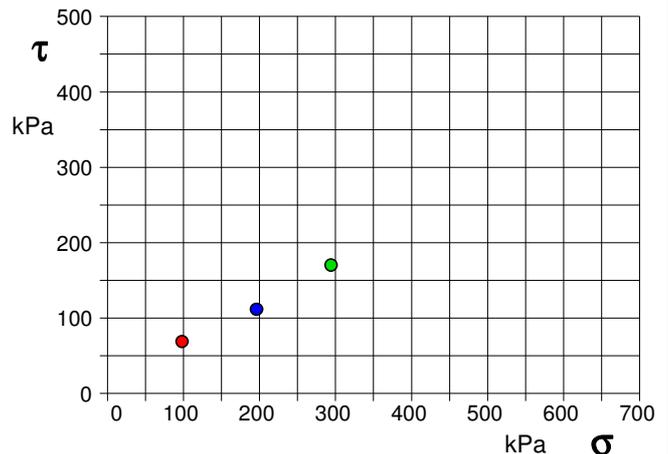


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

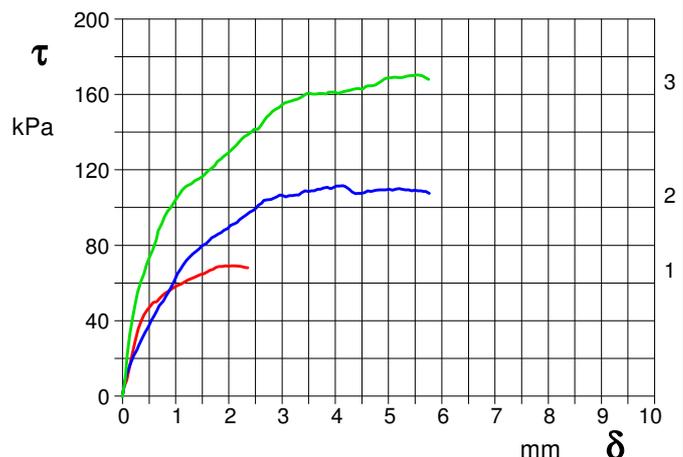


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05018</b>	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 17/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 20/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	3.8-4.4

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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,941
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	31,67
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

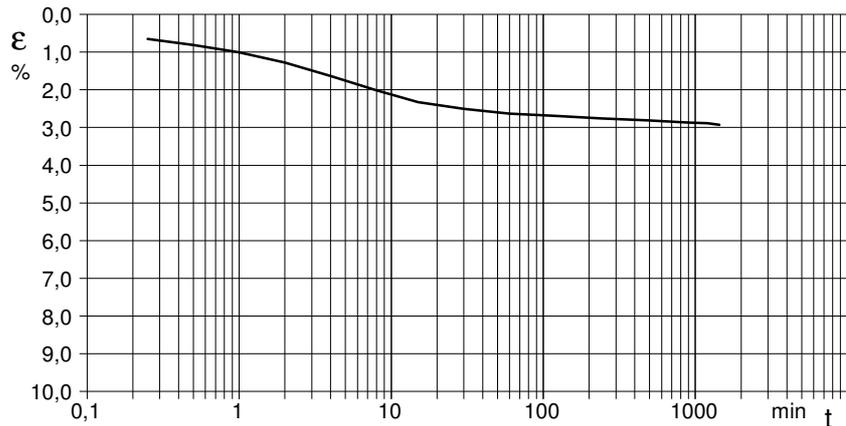


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,819
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	31,64
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

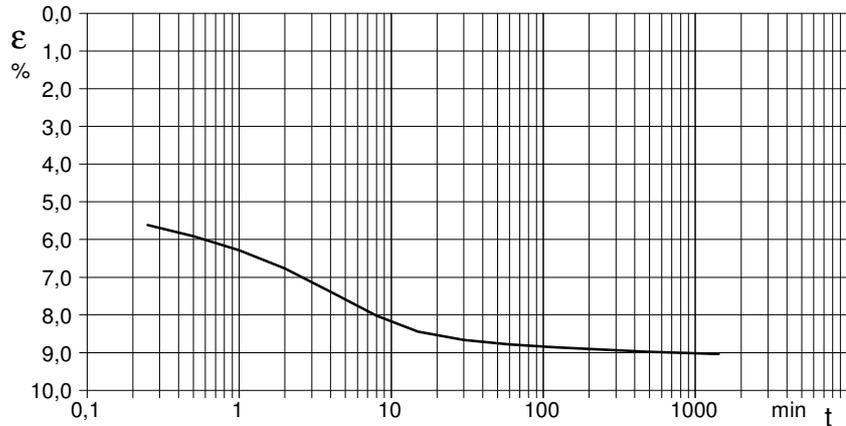
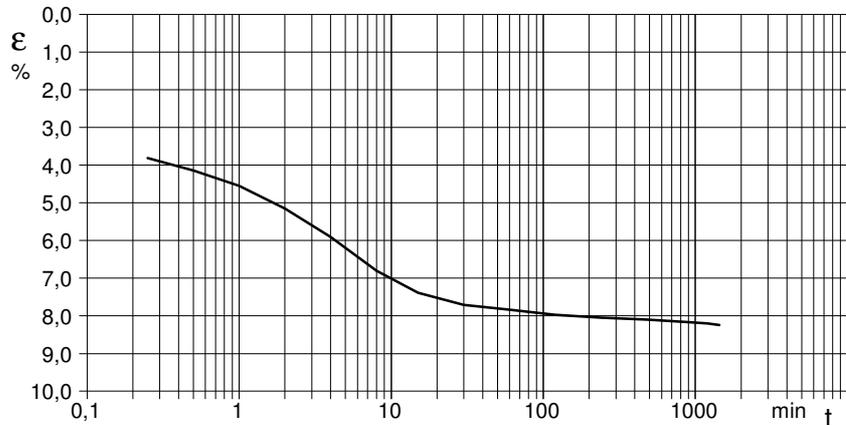


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,030
Altezza finale (cm)	1,863
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	31,57
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$      $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$      $t_f = 50 \times T_{50}$      $V_s = D_f / t_f$



COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti			
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	3.8-4.4

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	69	112	170
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,94	4,15	5,53
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,17	0,37	0,53
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 26,7	--- 26,5	--- 23,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,0 24,0	19,6 24,8	19,6 24,3

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	14,5 kPa
Angolo di attrito interno:	27,3 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

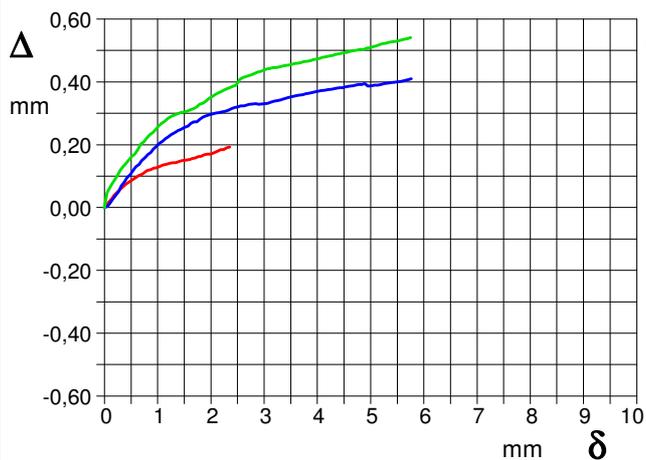
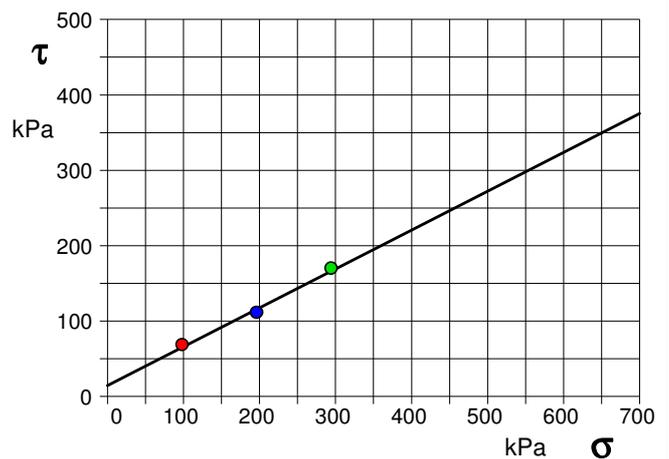


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

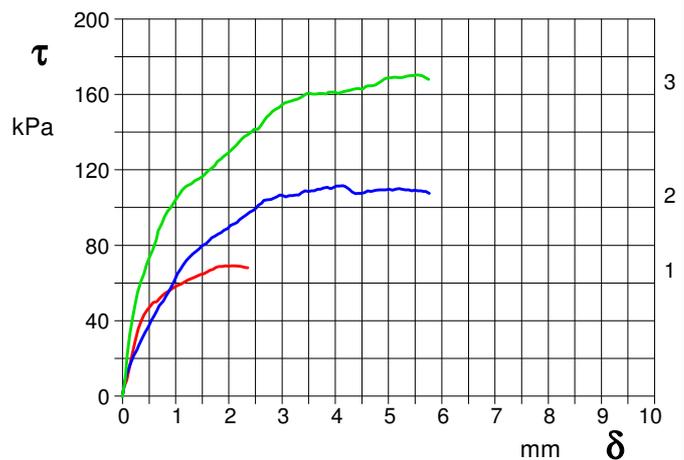


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.





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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05019</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 07/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti		
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3 Dist	PROFONDITA': m 7.60

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 26,1 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05020</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505</b>	del 26/11/18	<b>Apertura campione:</b> 06/12/18	Fine analisi: 06/12/18

<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geologo Leonardo Moretti			
<b>RIFERIMENTO:</b> Monsummano (PT)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 3 Dist	<b>PROFONDITA':</b> m	7.60

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,0 kN/m<sup>3</sup>**







<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05021</b>	Pagina 0/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18</b>		<b>Apertura campione:</b> 06/12/18	Fine analisi: 07/12/18

<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geologo Leonardo Moretti			
<b>RIFERIMENTO:</b> Monsummano (PT)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 3 Dist	<b>PROFONDITA':</b> m 7.60	

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	18,1	12,82	115,9								
0,68	29,2	13,15	117,0								
1,01	36,8	13,47	117,3								
1,33	43,4	13,80	118,3								
1,66	50,1	14,13	119,4								
1,99	55,9	14,46	119,7								
2,32	59,9	14,79	120,7								
2,65	64,7	15,11	120,9								
2,97	67,9	15,44	121,2								
3,30	71,8	15,77	122,2								
3,63	74,9	16,10	122,4								
3,96	78,8	16,43	122,7								
4,29	81,0	16,75	122,9								
4,62	83,2	17,08	123,1								
4,94	86,2	17,41	123,4								
5,27	88,3	17,74	124,3								
5,60	89,7	18,07	124,5								
5,93	91,0	18,39	124,7								
6,26	91,5	18,72	125,6								
6,58	92,0	19,05	125,8								
6,91	95,7	19,38	125,3								
7,24	96,9	19,71	125,5								
7,57	98,2	20,04	125,0								
7,90	99,4	20,36	124,5								
8,22	101,4	20,69	123,5								
8,55	102,7	21,02	122,1								
8,88	103,9										
9,21	105,8										
9,54	106,2										
9,86	108,2										
10,19	108,6										
10,52	109,7										
10,85	110,9										
11,18	112,0										
11,50	112,3										
11,83	113,4										
12,16	113,8										
12,49	114,9										





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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05022</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 07/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti		
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 4 Dist	PROFONDITA': m 8.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

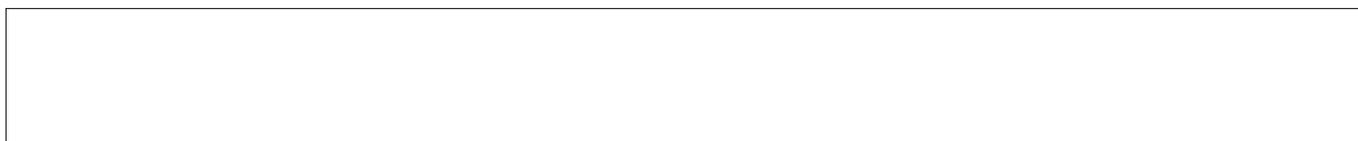
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 18,6 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C





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

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05023</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 06/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 06/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti		
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 4 Dist	PROFONDITA': m 8.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,3 kN/m<sup>3</sup>**



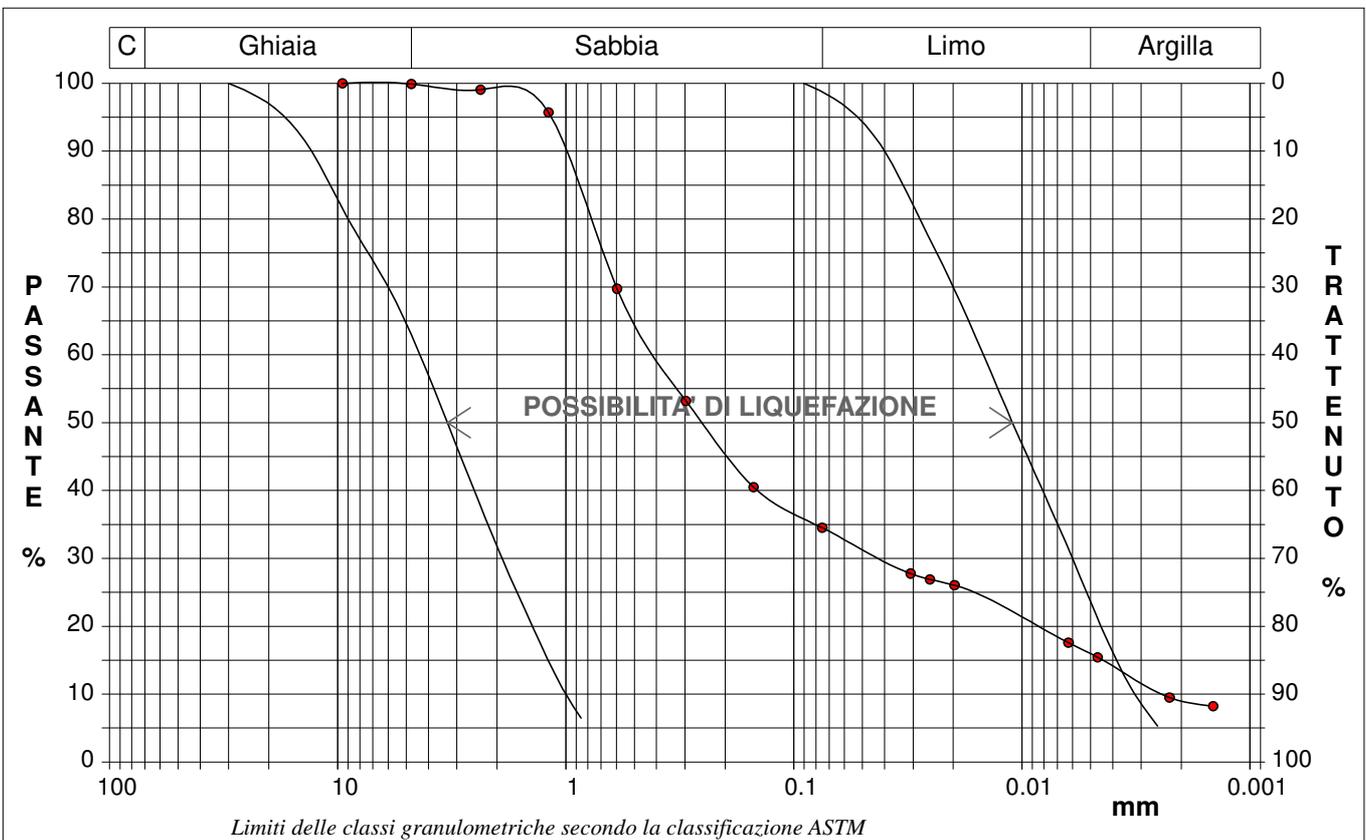
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05024</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/18	Inizio analisi: 10/12/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 505 del 26/11/18		Apertura campione: 06/12/18	Fine analisi: 13/12/18

COMMITTENTE: Dott. Geologo Leonardo Moretti		
RIFERIMENTO: Monsummano (PT)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 4 Dist	PROFONDITA': m 8.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,2 %	D <sub>10</sub>	0,00240 mm
Sabbia	65,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	60,3 %	D <sub>30</sub>	0,04135 mm
Limo	18,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	34,5 %	D <sub>50</sub>	0,25012 mm
Argilla	16,0 %			D <sub>60</sub>	0,39538 mm
Coefficiente di uniformità	164,99	Coefficiente di curvatura	1,80	D <sub>90</sub>	1,02177 mm



Diametro mm	Passante %								
9,5200	100,00	0,2970	53,19	0,0197	26,05				
4,7500	99,90	0,1500	40,49	0,0062	17,56				
2,3600	99,05	0,0750	34,50	0,0047	15,44				
1,1900	95,72	0,0307	27,75	0,0023	9,49				
0,5950	69,72	0,0253	26,90	0,0014	8,22				

## Allegato 4

### INDAGINE GEOFISICA 2018

LABOTER s.n.c.  
Via Nazario Sauro n.440  
51100 Pistoia  
Ufficio: 0573/570566  
Laboratorio: 0573/1720130  
Fax. 0573/910056  
laboter@laboterpt.it  
laboter@pec.laboterpt.it  
[www.laboterpt.it](http://www.laboterpt.it)  
P.IVA: 00515880474



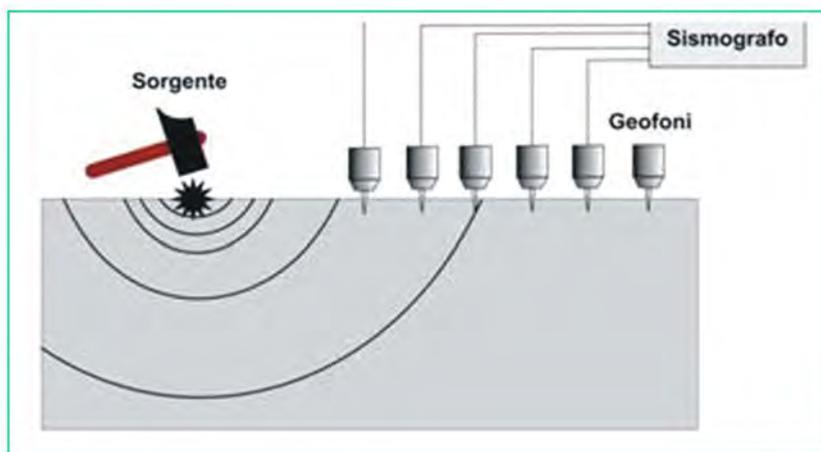
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione settore "A" - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - ART. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

## INDAGINE SISMICA CON TECNICA MASW + REMI

Ubicazione: Via Verdi, Via Paradiso – Monsummano Terme (PT)

Proprietà: Reg Italia s.r.l.

Professionista incaricato: Dott. Geol. Leonardo Moretti



Pistoia, 18 Dicembre 2018

Laboter snc

## 1. PREMESSA

Su incarico da Dott. Geologo Leonardo Moretti e per conto di Reg Italia s.r.l. è stata eseguita un'indagine sismica in Comune di Monsummano Terme, Via Verdi-Via Paradiso. Lo scopo dell'indagine è la caratterizzazione dinamica del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P ( $V_p$ ), velocità delle onde trasversali S ( $V_s$ ) e i relativi parametri elastici ( $E$ ,  $G$ ,  $K$  e  $\nu$ ). Sulla base dei valori di  $V_s$  e del modulo di taglio ( $G$ ) sarà possibile valutare la rigidezza del suolo e fornire delle prime indicazioni sul comportamento dinamico della parte superficiale del sottosuolo.

## 2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si

comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

#### *2.1 Strumentazione utilizzata*

La strumentazione ed attrezzatura (Do.Re.Mi) utilizzata per l'acquisizione dei dati è costituita da:

- Sistema di energizzazione delle onde: la sorgente è costituita da una mazza dal peso di 10 Kg battente verticalmente od eventualmente orizzontalmente, su di una piastra del diametro di 20 cm posta direttamente sul piano campagna, la quale permette di avere un preciso punto di impatto in fase di energizzazione ed aiuta a far sì che la massa energizzante non affondi troppo nel terreno disperdendo energia.

- Sistema di ricezione: costituito da 12 geofoni verticali ed orizzontali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile con peso della massa 23.6 gr e frequenza propria di 4.5 Hz, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente.
- Sistema di acquisizione dati: cavo sismico a cui sono collegati in sequenza i vari geofoni ciascuno dei quali rappresenta un singolo canale, notebook PC Windows XP con software DoReMi; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascuna canale dal sistema di ricezione.
- Sistema di trigger: interruttore di consenso che individua il momento in cui viene prodotta l'energizzazione sul terreno: può essere costituito dalla chiusura di un contatto che si realizza dal far toccare due poli mediante un geofono.

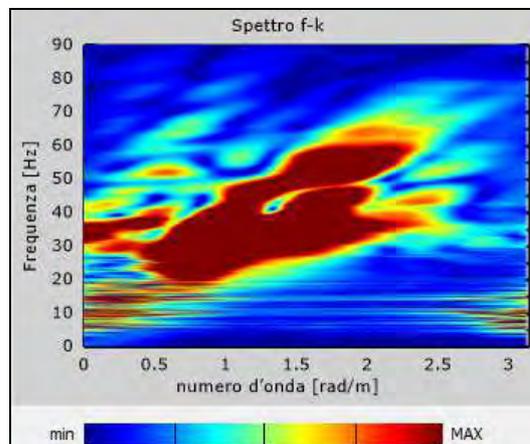
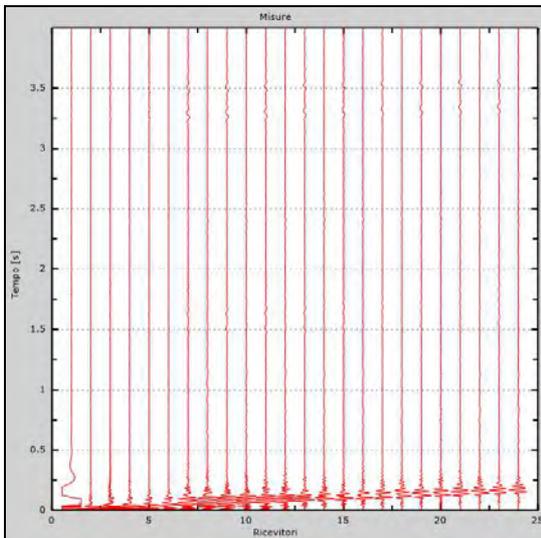
## *2.2 Indagine MASW – metodologia ed acquisizione*

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh, le quali viaggiano ad una velocità correlata con la rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, ovvero la velocità di fase apparente di tali onde dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva di queste è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, dando informazione sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi. Il metodo di indagine masw utilizzato è di tipo attivo, in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo, tramite energizzazione con massa battente da 10 Kg, e misurate da uno strumento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenze tra 5-10Hz e 70-100Hz. Inoltre, ed unitamente alla tecnica attiva, viene utilizzata una tecnica passiva (REMI) che permette di analizzare frequenze più basse 0-5Hz e quindi di scendere più in profondità con l'analisi del sottosuolo. I fondamenti teorici del metodo masw fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative. L'acquisizione dei dati è stata effettuata posizionando 12+12 geofoni da 4.5 Hz con distanza intergeofonica di 1.0 metri, per una lunghezza totale di 24 metri. L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (V. Roma 2007) ed EasyMasw.

### 3. ELABORAZIONE INDAGINE MASW

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna mediante strumentazione Do.Re.Mi., sono stati elaborati con il software Easy MASW e con MASW 2007. Inoltre è stata effettuata l'acquisizione REMI, ovvero una tecnica passiva che consiste nel registrare i microtremori, cioè rumori ambientali dovuti a sorgenti naturali e/o artificiali.

<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	4000
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	1.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	0.333



3.1 Risultati analisi e tecnica passiva (REMI)

Frequenza finale 70Hz  
 Frequenza iniziale 2Hz  
 Numero di ricevitori ..... 12  
 Numero di campioni temporali..... 3.26787e-312  
 Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
 Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 12  
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a ..... 0ms  
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 59998ms

3.3 Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
4.82403	385.06	294.88	475.24
10.2399	283.608	185.913	381.302
15.6557	227.245	159.611	294.88
22.5964	200.943	133.308	268.578
27.8546	185.913	129.551	242.275
32.9023	182.155	122.036	242.275
38.0027	167.126	107.006	227.245
44.365	170.883	114.521	227.245
49.3076	167.126	107.006	227.245
54.8812	170.883	122.036	219.73
61.7168	182.155	133.308	231.003
69.0781	178.398	133.308	223.488

3.4 Risultati

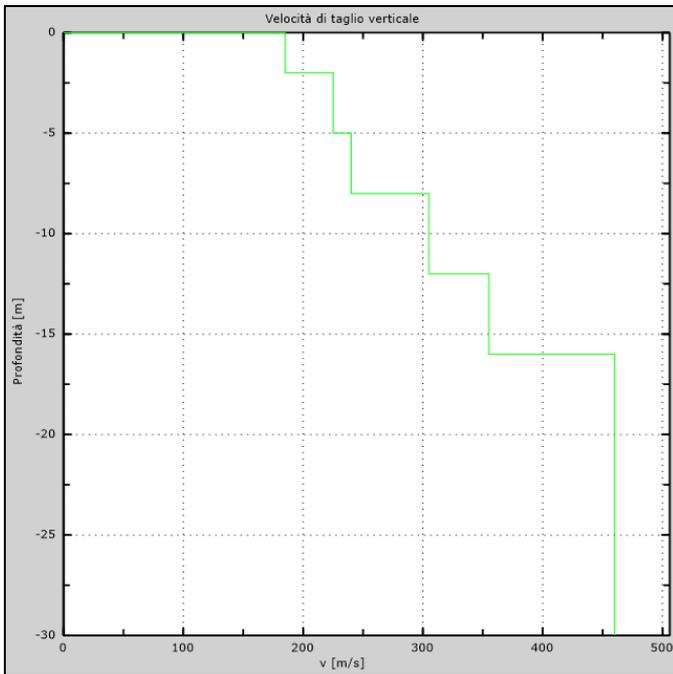
Numero di strati (escluso semispazio)..... 6  
 Spaziatura ricevitori [m] ..... 1.0m  
 Numero ricevitori..... 24  
 Numero modi ..... 10  
**Strato 1**  
 h [m] ..... 2  
 z [m] ..... -2  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1950  
 Poisson ..... 0.35  
 Vs [m/s]..... 185

Vp [m/s].....	385
Vs min [m/s].....	99
Vs max [m/s].....	278
Vs fin.[m/s].....	185
<b>Strato 2</b>	
h [m].....	3
z [m].....	-5
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1950
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	225
Vp [m/s].....	468
Vs min [m/s].....	112
Vs max [m/s].....	338
Vs fin.[m/s].....	225
<b>Strato 3</b>	
h [m].....	3
z [m].....	-8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1950
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	240
Vp [m/s].....	500
Vs min [m/s].....	126
Vs max [m/s].....	360
Vs fin.[m/s].....	240
<b>Strato 4</b>	
h [m].....	4
z [m].....	-12
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1950
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	305
Vp [m/s].....	635
Vs min [m/s].....	158
Vs max [m/s].....	458
Vs fin.[m/s].....	305
<b>Strato 5</b>	
h [m].....	4
z [m].....	-16
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1950
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	355
Vp [m/s].....	739
Vs min [m/s].....	158
Vs max [m/s].....	533
Vs fin.[m/s].....	355
<b>Strato 6</b>	
h [m].....	0
z [m].....	-00
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1980
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	460

Vp [m/s]..... 958  
 Vs min [m/s] ..... 214  
 Vs max [m/s] ..... 690  
 Vs fin.[m/s]..... 460

**Vseq=327 m/sec**

H (m)	Vs_equ (m/s)				Vs (m/s)
	100	180	360	800	> 800
3	RSL	E	E	B	A
20					D
30					
>30					

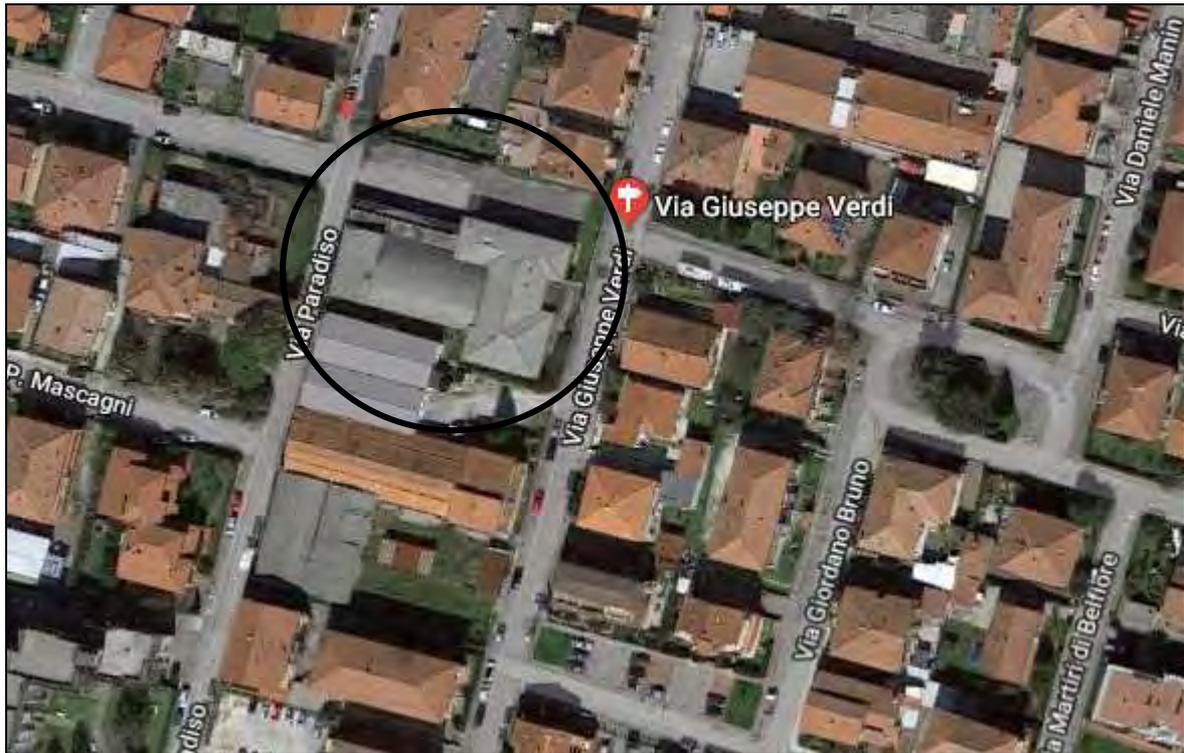


Profilo Vs numerico

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**UBICAZIONE PROVA**



**INDICE**

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....</b>	<b>1</b>
2.1 Strumentazione utilizzata.....	2
2.2 Indagine MASW – metodologia ed acquisizione .....	3
<b>3. ELABORAZIONE INDAGINE MASW .....</b>	<b>4</b>
3.1 Risultati analisi e tecnica passiva (REMI).....	5
3.3 Curva di dispersione .....	5
3.4 Risultati .....	5